



XIV FÓRUM ACENDE BRASIL

Eventos Climáticos Extremos e o Setor Elétrico Brasileiro

01

Introdução

Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução

Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização

Eventos climáticos extremos são raros em determinados locais e épocas do ano e têm características incomuns em termos de magnitude, localização, momento ou extensão.

Em 50 anos, o número de desastres naturais quintuplicou segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Entre 1970 e 2021, foram reportados quase 12 mil desastres, com pouco mais de 2 milhões de mortes e US\$ 4,3 trilhões em danos.

A primeira parte do debate tem como objetivos:

- 1) avaliar a vulnerabilidade do setor elétrico brasileiro a estes eventos; e**
- 2) mapear os desafios do país diante desta realidade**



01

Introdução
Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução
Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização

Os efeitos das mudanças climáticas e os impactos de eventos extremos ao redor do mundo têm ganhado espaço nas manchetes nos últimos anos. A análise dos cenários climáticos destaca que **as perdas do PIB ligadas a riscos climáticos provavelmente aumentarão para a maioria das regiões** ao longo do tempo e em cenários de aquecimento mais dramáticos.

Impactos das mudanças climáticas:

- Aumento da temperatura média;
- Diminuição da precipitação média;
- Aumento dos ventos em áreas áridas e litorâneas; e
- Elevação do nível do mar.

Aumento da frequência de **eventos climáticos extremos**:

- Calor extremo;
- Ventos fortes;
- Tempestades;
- Inundações;
- Deslizamentos de terra;
- Aridez;
- Raios;
- Incêndios; e
- outros.

“Nothing in the world is more dangerous than sincere ignorance and conscientious stupidity”

Martin Luther King Jr.

Para que a humanidade tenha uma chance de pelo menos 50% de estabilizar o aquecimento global em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, as emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEEs) precisam atingir seu pico entre 2020 e 2025 e cair 43% até 2030.

No entanto, observamos que desde 2010 tais emissões cresceram 12%. A janela de ação para redução da emissão de GEEs está cada vez menor e é **imperativo o esforço conjunto para que esse limite não seja ultrapassado e não sigamos por um caminho sem volta.**

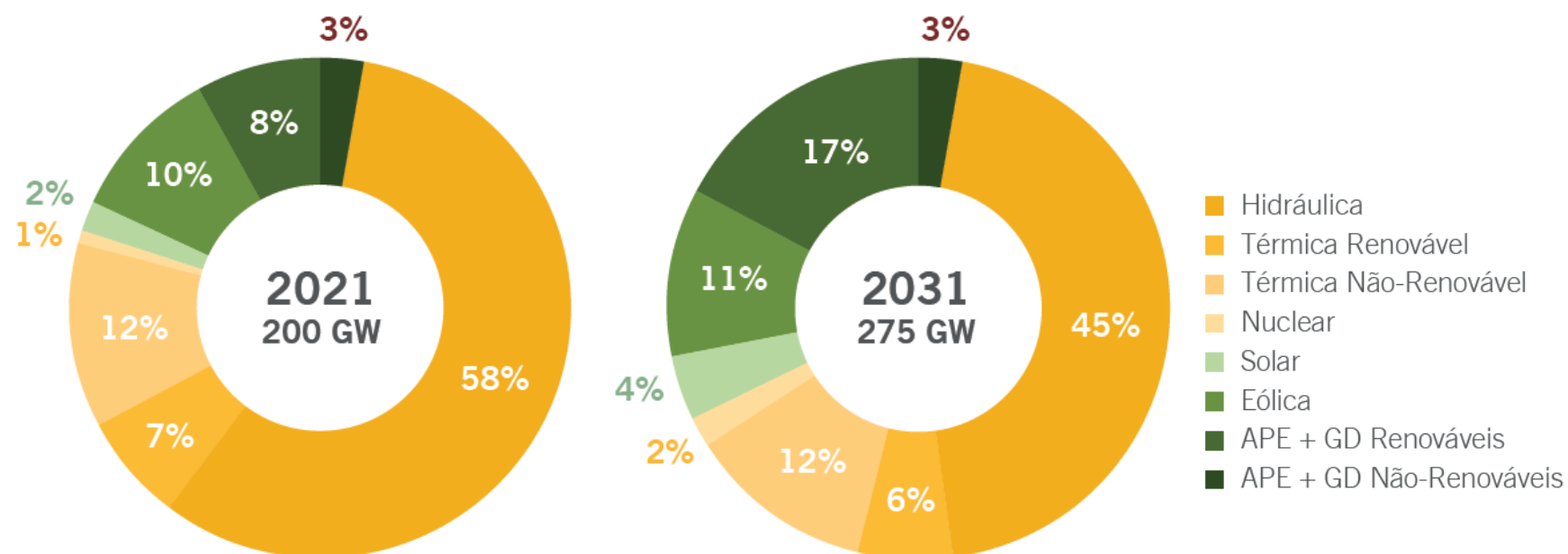
MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

O Brasil destoa do restante do mundo pela **presença massiva de fontes renováveis na matriz elétrica**.

O nível de renovabilidade da matriz elétrica foi de **85% em 2021**, e estima-se que este valor se mantenha em 2031.

Ironicamente, esta renovabilidade da matriz – que é uma vantagem fundamental para redução da emissão de GEEs – **aumenta a nossa vulnerabilidade às mudanças climáticas e aos eventos climáticos extremos**.

Evolução da Capacidade Instalada por Fonte



85% da capacidade instalada no setor elétrico brasileiro é proveniente de fontes renováveis

Impactos das mudanças climáticas no Setor Elétrico Brasileiro



XIV FÓRUM ACENDE BRASIL

Os principais efeitos das mudanças climáticas são:

- 1 Aumento da temperatura média
- 2 Diminuição da precipitação média
- 3 Aumento dos ventos em terras áridas e litorâneas
- 4 Elevação do nível do mar

Usinas Hidrelétricas

- Aumento de secas severas
- Redução dos recursos hídricos para geração de energia.

Usinas Termelétricas

- Aumento do despacho em caso de necessidade de suprimento do déficit de geração em casos de escassez de chuva
- Aumento dos custos de combustível e, conseqüentemente, para o consumidor.

Usinas Eólicas

- Mudanças na variabilidade horária, diária ou sazonal da velocidade do vento, impactando a energia produzida nas turbinas eólicas.

Usinas Solares Fotovoltaicas

- Aumento da irradiação solar, propiciando aumento da geração solar fotovoltaica
- Aumento da temperatura média, resultando em redução do desempenho dos painéis fotovoltaicos.

Transmissão e Distribuição de Energia

- Aumento da temperatura média provoca redução da capacidade de transmissão e distribuição
- Aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, com maior vulnerabilidade e probabilidade de falhas e blecautes.

Ironicamente, o alto grau de renovabilidade da matriz elétrica brasileira aumenta sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos

01

Introdução

Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução

Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização

Medidas para lidar com as mudanças climáticas

Duas abordagens devem ser adotadas para lidar com as mudanças climáticas:

Adaptativas

para reduzir os danos causados pelos efeitos das mudanças climáticas; e

Mitigativas

para reduzir os gases de efeitos estufa que causam as mudanças climáticas.



"Intelligence is the ability to adapt to change"

Stephen Hawking

Exemplo de Soluções Adaptativas

Setor	IMPACTO	POTENCIAIS VULNERABILIDADES	EXEMPLOS DE OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO
Geração hidrelétrica	Mudança na precipitação	Amplificada pelas condições de escoamento, a mudança resultante na disponibilidade de água determina se a produção de energia é reduzida ou aumentada.	- Aumentar a capacidade de armazenamento Ajustar o cronograma de liberação de água para maximizar a geração.
	Baixa precipitação e alta temperatura	Ambos os eventos reduzem a quantidade de água armazenada.	- Aumentar a capacidade de armazenamento, se possível, para reter mais água de altas vazões.
Geração Eólica	Extremos de velocidade do vento (mudança repentina de direção, rajada e cisalhamento)	Os ventos extremos aumentam a carga estrutural e ameaçam a integridade estrutural das turbinas eólicas e podem causar fadiga e danos aos componentes da turbina, levando à redução na produção de energia.	- Melhorar o projeto da turbina e utilizar estruturas reforçadas para suportar condições extremas de vento. - Usar a tecnologia LIDAR13 (anemômetro a laser) para detectar as variações nas características da massa de ar.
Geração Solar	Temperaturas médias mais altas	Temperaturas médias mais altas melhoram a eficiência do aquecimento solar (especialmente em regiões mais frias), mas reduzem o desempenho de conversão dos módulos fotovoltaicos. A exposição ao calor no longo prazo provoca um envelhecimento precoce do material.	- Dependendo da relação entre o valor da eletricidade perdida e os custos das opções de resfriamento, pode justificar a instalação de resfriamento para reduzir as perdas de eficiência.
Transmissão e Distribuição	Aumento da frequência e intensidade de tempestades	Chuvas fortes podem causar faltas por descargas elétricas nos isoladores e curto-circuito nos disjuntores.	- Melhorar o projeto dos isoladores. - Aumentar a frequência das manutenções dos componentes sob risco.
	Mudança no vento (densidade de energia eólica)	Picos de velocidade de vento extremos podem causar danos mecânicos às torres, linhas e postes. O movimento das linhas energizadas pode provocar descargas elétricas. A queda de árvores e destroços pode causar danos mecânicos indiretos e curtos-circuitos.	- Ajustar padrões de carga de vento em projetos futuros. - Redefinir rotas das linhas em áreas abertas e ao longo de estradas. - Programar poda regular das árvores. - Investir em ferramentas de previsão de tempestades e furacões. - Considerar o uso de linhas subterrâneas.

Uma lista exaustiva contendo os outros impactos possíveis e as fontes/elos da cadeia está disponível no **White Paper #29**.

29
WHITE PAPER
INSTITUTO ACENDE BRASIL
EDIÇÃO Nº 29 / OUTUBRO DE 2023

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO PARA EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Os efeitos das mudanças climáticas e os impactos de eventos extremos ao redor do mundo têm ganhado espaço nas manchetes nos últimos anos e as previsões feitas pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) afirmam que o cenário tende a se agravar. Com a janela de ação para combater o aquecimento global se fechando cada vez mais rapidamente, torna-se fundamental assegurar o cumprimento das metas globais para redução de emissões de GEEs (Gases de Efeito Estufa), assim como elaborar planos de adaptação para os desafios futuros, que certamente virão.

O mundo vive hoje uma transição energética de fontes baseadas em combustíveis fósseis para fontes renováveis. O setor elétrico global está fortemente associado às questões climáticas, seja pela sua relevância nas emissões de GEEs na produção e uso de energia, seja pela sua vulnerabilidade às alterações do clima.

Mas a realidade brasileira é diferente de boa parte do mundo, pois o Setor Elétrico Brasileiro (SEB) é hoje responsável por apenas 2,4% das emissões totais de GEEs no país, uma vez que a matriz elétrica nacional conta com mais de 80% de participação de fontes renováveis.

Ironicamente, esse alto grau de renovabilidade que é observado na matriz elétrica brasileira aumenta a nossa vulnerabilidade diante dos eventos climáticos extremos. Portanto, as políticas e as discussões climáticas serão determinantes para o planejamento energético mundial e nacional, sendo que o setor global de energia elétrica enfrentará um duplo desafio nas próximas décadas: (1) ser transformado em um sistema de baixo carbono; e (2) adaptar-se às mudanças climáticas e seus efeitos para garantir que o fornecimento de eletricidade permaneça seguro e confiável.

Com base no contexto acima, este White Paper: (a) explora a vulnerabilidade do setor elétrico diante dos eventos climáticos extremos previstos, inclusive considerando as propostas de adaptação que podem ser implementadas para conferir maior resiliência ao SEB; e (b) descreve as estratégias rumo à meta global net zero, com seus desafios e oportunidades, incluindo os desdobramentos do processo de descarbonização por meio da precificação do carbono.

"It is neither the strongest nor the most intelligent of the species that survives. It is the one that is the most adaptable to change."
"Não é o mais forte nem o mais inteligente que sobrevive, mas o que melhor se adapta às mudanças."
(Charles Darwin, naturalista inglês que formulou a teoria da evolução das espécies)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2	4.3 Propostas de soluções adaptativas	19
2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E OS ACORDOS INTERNACIONAIS	3	5 RUMO À DESCARBONIZAÇÃO	25
3 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	8	5.1 Precificação de carbono	25
3.1 Contextualização	8	5.2 "Net zero"	29
3.2 Expendido da matriz e perfil da operação	10	5.3 Desafios globais da descarbonização	35
3.3 Emissões de GEEs	11	5.4 Desafios e oportunidades nacionais de descarbonização	36
4 RISCOS CLIMÁTICOS	13	6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
4.1 Potenciais impactos	13	7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
4.2 Vulnerabilidades do setor elétrico brasileiro	17		

Promoção da Resiliência do Setor Elétrico

A resiliência do setor elétrico engloba a capacidade de antecipar, preparar e adaptar-se a condições de mudança do clima e resistir, responder e recuperar-se rapidamente de interrupções por meio de planejamento adaptável, holístico e de soluções técnicas.

O *National Renewable Energy Laboratory* (2019) propõe que o planejamento da resiliência do setor elétrico se dê em seis etapas:

1. Envolver as partes interessadas

Incluir tomadores de decisão (*stakeholders*), empresas e governos para aprimorar as estratégias, divulgá-las e garantir a adesão;

2. Coletar dados

Identificar sistemas e recursos de energia necessários, lacunas e vulnerabilidades e impactos provenientes de falhas no sistema;

3. Avaliar ameaças e vulnerabilidades

Definir e avaliar as ameaças e vulnerabilidades, seus impactos e probabilidades de ocorrência;

4. Desenvolver estratégias

Identificar e priorizar soluções para abordar vulnerabilidades e incorporar orientações aos planos existentes do setor elétrico;

5. Aprovar políticas de implementação

Adotar políticas para obter todos os benefícios das estratégias de resiliência do setor elétrico e coordenar sua implementação;

6. Avaliar

Definir quais ações são eficazes e dar suporte para atualizações periódicas.

1

Constituir um **Fundo de Contingência** para que, na ocorrência de eventos climáticos extremos, essa reserva possa ser utilizada para lidar com situações imprevistas ou emergenciais e possibilitar o atendimento à população e a recomposição da infraestrutura atingida.

2

Estabelecer um **Plano Nacional de Adaptação** com metas e indicadores definidos e mensuráveis para auxiliar no acompanhamento e evolução das ações.

3

Estruturar um **Plano de Ação** para reduzir o tempo de resposta e a vulnerabilidade do país aos riscos climáticos.

01

Introdução

Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução


Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização



As Conferências das Partes têm sido o principal mecanismo de debate científico e político sobre as causas das mudanças climáticas globais.

Apesar destes esforços, a última década teve o maior crescimento de emissões da história humana, com 9,1 bilhões de toneladas a mais do que na década anterior.

Como resultado, os efeitos das mudanças climáticas e impactos de eventos extremos têm se agravado.

Observatório do Clima (2023). Relatório Síntese de 2023.

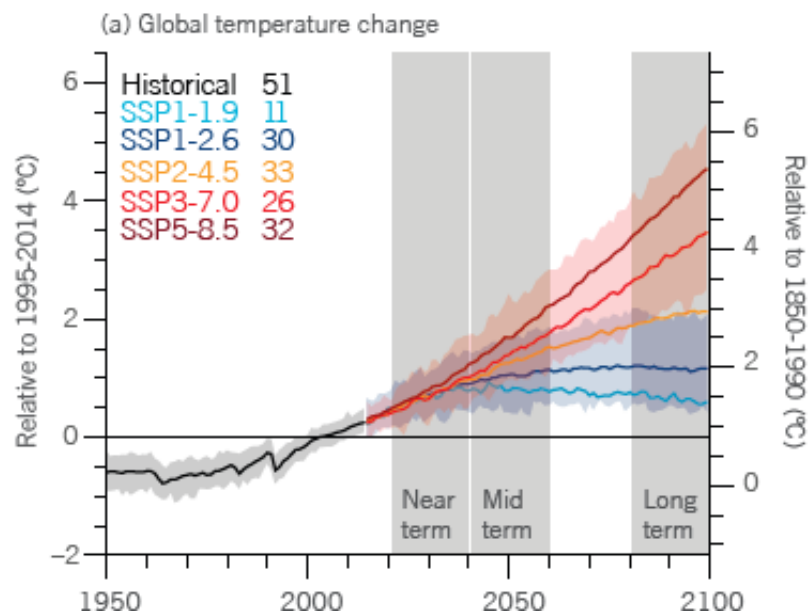
A segunda parte do debate tem como objetivo avaliar alternativas de redução de emissões de gases de efeito estufa do setor elétrico brasileiro e os seus desafios

METAS DE REDUÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) criou em seu 6º Relatório (AR6) os chamados **Caminhos Socioeconômicos Compartilhados (Shared Socio-Economic Pathways)**, que cobrem trajetórias de emissões de Gases de Efeito Estufa.

Foram elaborados 5 SSPs :

Mudanças na temperatura global nos cenários do AR6



SSP5-8.5 é o cenário de altas emissões (pessimista), sem política climática adicional. As emissões de CO₂ praticamente dobram em relação aos níveis atuais até 2050.

SSP3-7.0 é o cenário de referência intermediário-a-alto resultante de nenhuma política climática adicional. As emissões de CO₂ praticamente dobram em relação aos níveis atuais até 2100.

SSP2-4.5 desvia-se ligeiramente de um cenário de referência “sem política climática adicional”, resultando em uma melhor estimativa de aquecimento em torno de 2,7°C até o final do século 21 em relação a 1850-1900.

SSP1-2.6 é o cenário onde o aquecimento permanece abaixo de 2,0°C em relação a 1850-1900 com emissões *net zero* de CO₂ na segunda metade do século.

SSP1-1.9 é o único cenário do IPCC que se alinha com a meta do Acordo de Paris para limitar o aumento médio da temperatura global abaixo de 2°C. Mantém o aquecimento em 1,5°C acima de 1850-1900 em 2100.

Dentre as estratégias de redução de emissões, metade delas custa menos de US\$ 20 a tonelada, e no setor de energia elétrica **há potencial de redução a custo negativo com a substituição de combustíveis fósseis com fontes renováveis (eólica e solar) para a geração de energia elétrica.**

01

Introdução

Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução

Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA BRASILEIRA

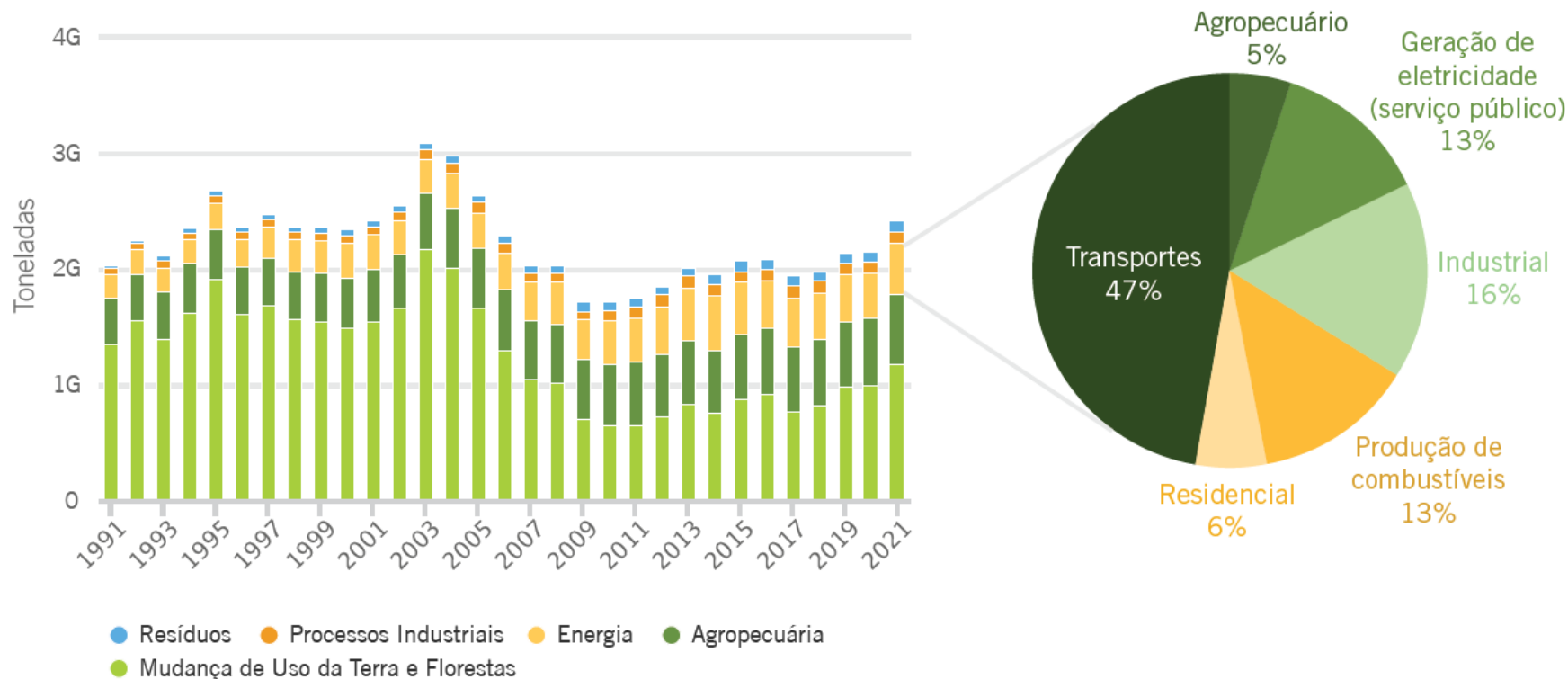
O Brasil integra o grupo dos 10 maiores emissores de GEEs do mundo.

No entanto, diferentemente das grandes economias mundiais, cujas emissões concentram-se no setor de energia, **a mudança do uso da terra e a agropecuária respondem por quase 75% das emissões brasileiras.**

O setor de energia elétrica brasileiro se destaca por sua matriz elétrica 85% renovável, realidade verificada em poucos países do mundo.

O setor elétrico brasileiro responde por apenas 2,4% das emissões totais do país.

Emissões de Gases de Efeito Estufa Brasileiras



*“Nothing in life is to be feared, it is only to be understood.
Now is the time to understand more, so that we may fear less”*

Marie Curie

01

Introdução

Soluções de Adaptação

02

Riscos Climáticos

03

Soluções Adaptativas

04

Introdução

Soluções de Mitigação

05

Emissões de Gases de Efeito Estufa

06

Descarbonização

Medidas para lidar com as mudanças climáticas

Duas abordagens devem ser adotadas para lidar com as mudanças climáticas:

Adaptativas

para reduzir os danos causados pelos efeitos das mudanças climáticas; e

Mitigativas

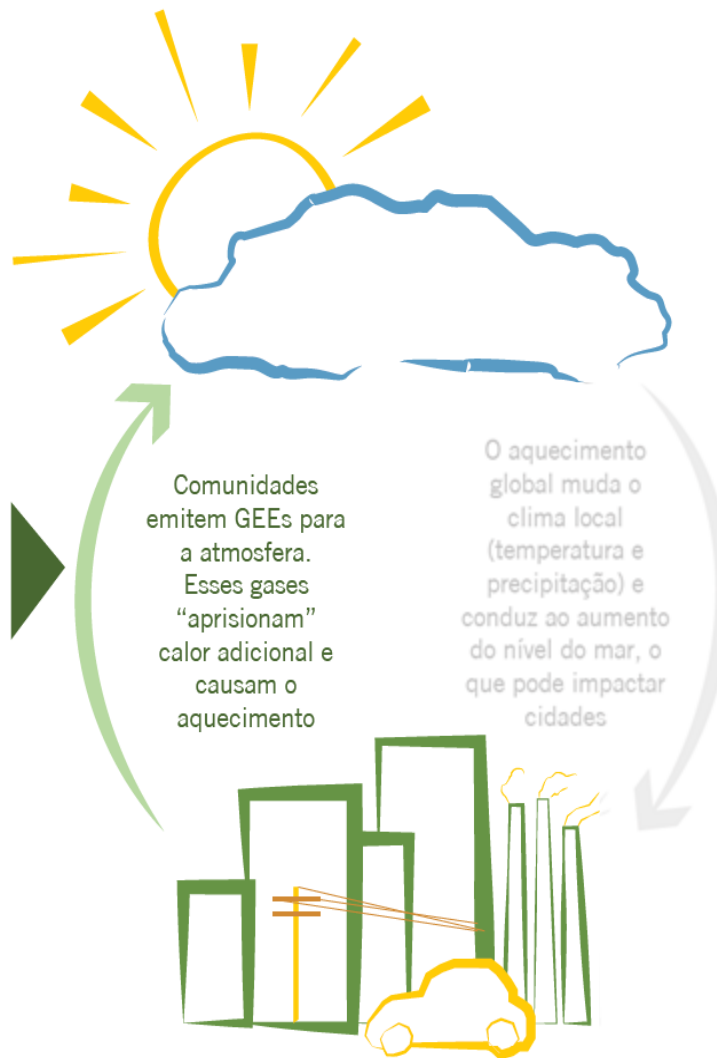
para reduzir gases de efeito estufa que causam as mudanças climáticas.

Mitigação das mudanças climáticas procura reduzir as emissões de GEEs das comunidades para frear o aquecimento global

Comunidades emitem GEEs para a atmosfera. Esses gases “aprisionam” calor adicional e causam o aquecimento

O aquecimento global muda o clima local (temperatura e precipitação) e conduz ao aumento do nível do mar, o que pode impactar cidades

Adaptação às mudanças climáticas procura abordar os impactos das mudanças climáticas nas comunidades



“Once we accept our limits, we go beyond them.”

Albert Einstein



Precificação de carbono

A precificação de carbono, do ponto de vista da teoria econômica, visa à **internalização dos custos relacionados à emissão de GEEs** (a externalidade ambiental), que atualmente tem seus custos arcados pela sociedade e não pelo responsável pelas emissões.

A precificação é derivada do princípio “poluidor-pagador” e tem como um dos objetivos impulsionar a diminuição das emissões de carbono por meio da incorporação de tais emissões nos custos dos produtos e serviços.

Tributo sobre carbono (*Carbon tax*):

- Preço da emissão (R\$/tCO₂eq) definido pela *Autoridade*; e
- *Mercado* define a quantidade de emissões;

Sistema de Comércio de Emissões (SCE):

- Teto de emissões definido pela *Autoridade*; e
- *Mercado* define o preço das emissões.

- **Dá certeza sobre os custos e reduz riscos para os agentes**
- **Não garante o resultado ambiental almejado.**

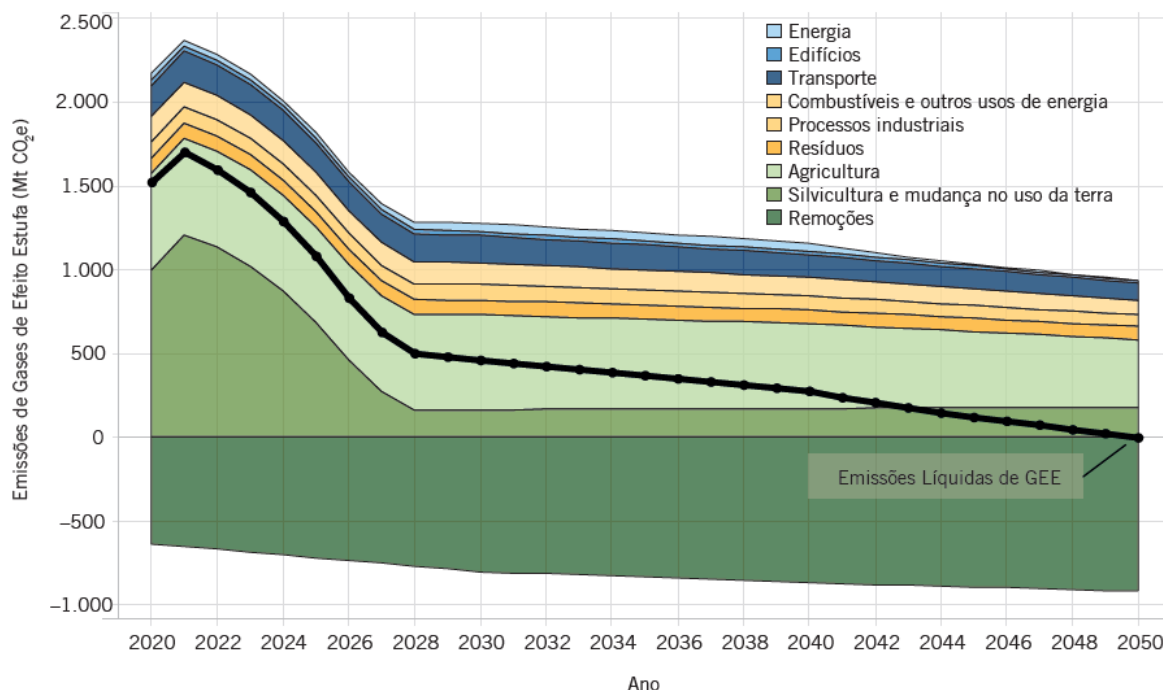
- **Gera volatilidade de preços e riscos aos agentes; e**
- **Assegura os resultados ambientais.**

A precificação de carbono dá a flexibilidade necessária aos entes regulados, que podem escolher entre:

- pagar o preço de carbono ou
- reduzir suas emissões

dependendo do custo marginal de abatimento e do preço de mercado.

Emissões e remoções de GEEs do Brasil, por setor, de 2020 a 2050



O Banco Mundial (2023) avaliou três principais áreas de intervenções para o Brasil:

- 1 Contenção do desmatamento ilegal
- 2 Transição para energia, infraestrutura e transporte mais “verdes” e resilientes para indústrias e setores de transformação
- 3 Viabilização de cidades resilientes e de baixo carbono

Banco Mundial (2023). Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o País (Brasil).

Oportunidades

1

Possuir uma matriz diversificada e com alto grau de renovabilidade, beneficiando o setor de energia brasileiro em um eventual mercado de carbono internacional **como potencial gerador de créditos de carbono**

2

Iniciativas de **precificação de carbono em nível nacional permitiriam uma maior efetividade na mitigação de emissões**, especialmente quando agregados setores com maior potencial de redução de GEE (transporte, agricultura, uso da terra e indústria)

Desafios

1

Reduzir as emissões de GEEs no setor elétrico - que possui 85% de fontes renováveis, estando próximo do limite de renovabilidade de sua matriz;

2

Reduzir – e eventualmente eliminar – o desmatamento ilegal;

3

Reduzir as emissões do setor de transportes;

4

Melhorar a eficiência energética e implementar sistemas de armazenamento de energia;

5

Eliminar o carvão mineral da matriz elétrica brasileira;

6

Mapear os impactos socioambientais da transição energética;

7

Definir políticas e incentivos para estimular o investimento em tecnologias limpas e sustentáveis no setor energético e fortalecer a pesquisa e desenvolvimento nestas tecnologias; e

8

Planejar uma transição justa do ponto de vista ambiental, econômico e social.



XIV FÓRUM ACENDE BRASIL

Eventos Climáticos Extremos e o Setor Elétrico Brasileiro



GOVERNANÇA
CORPORATIVA



IMPOSTOS E
ENCARGOS



OFERTA DE
ENERGIA



MEIO AMBIENTE
E SOCIEDADE



AGÊNCIAS
REGULADORAS



LEILÕES



RENTABILIDADE



TARIFA E
REGULAÇÃO