



1º Fórum
IRB(P&D)

Desafios e oportunidades no
enfrentamento dos Riscos Climáticos

Riscos Climáticos para o Setor de Energia

Emilio Lèbre La Rovere

Professor Titular, PPE/COPPE/UFRJ

Coordenador, Centro Clima / LIMA

12/09/2024

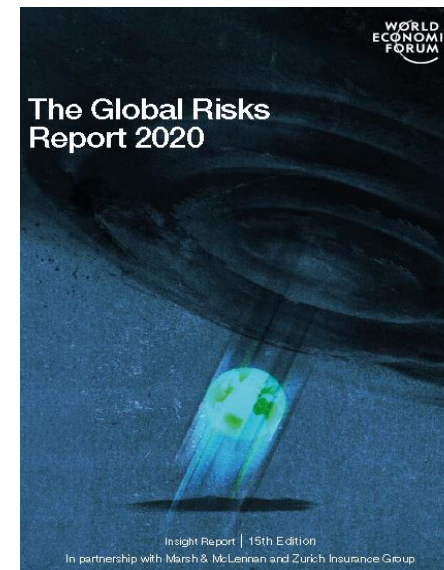


Acordo de Paris

- Aprovado pelos **195 países** Partes da UNFCCC para reduzir emissões de GEE no contexto do desenvolvimento sustentável.
- Manter o aumento da temperatura média global **< 2 °C** acima dos níveis pré-industriais e envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a **1,5 °C** acima dos níveis pré-industriais.
- Timing, escala e escopo de adoção de políticas para apoiar sua implementação **impactam direta/indiretamente setor privado.**

The Global Risks Report 2020, WEF.

- Pela primeira vez, os *top-five* riscos globais, em termos de probabilidade, são **todos relacionados ao clima**.

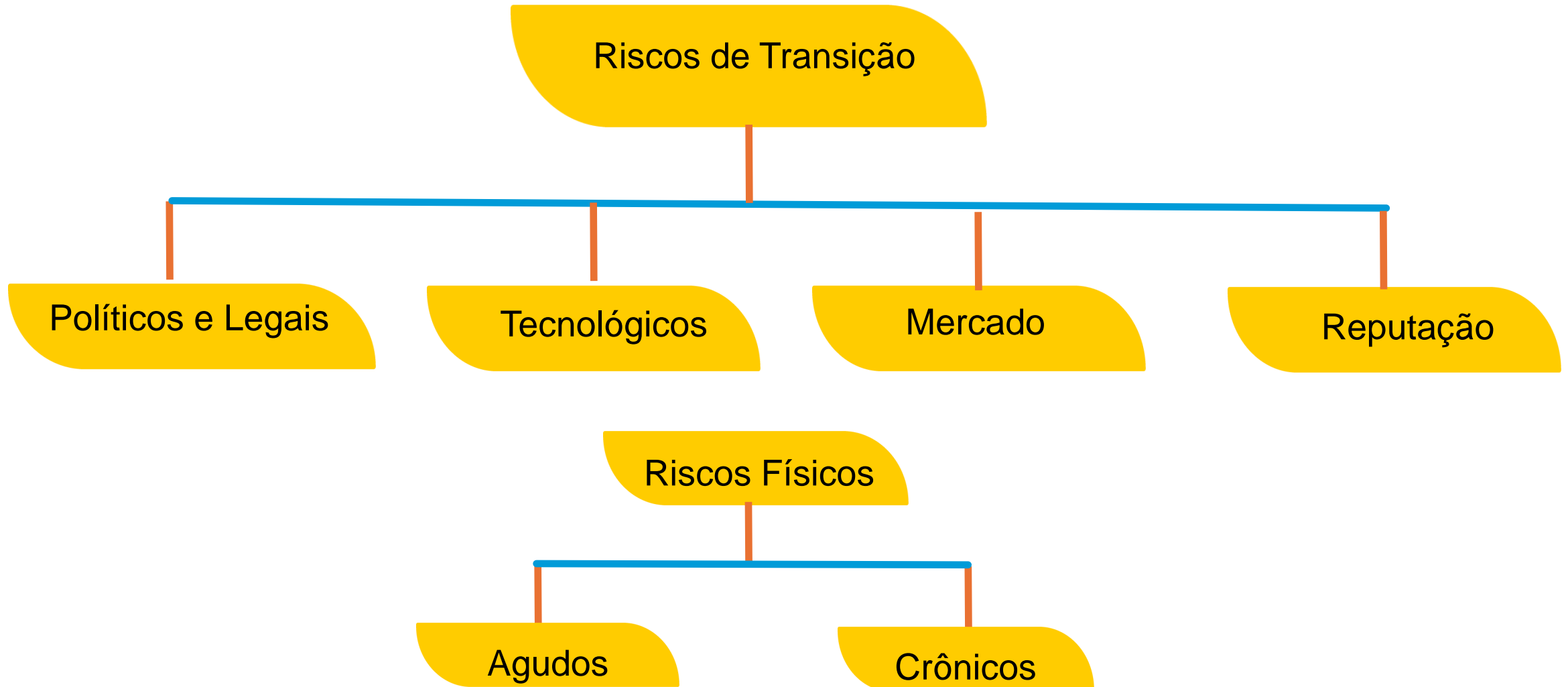


Pressão dos Investidores

- *Task Force on Climate-related Financial Disclosures*
 - Recomendações para que os mercados abordem o **impacto financeiro das mudanças do clima**.



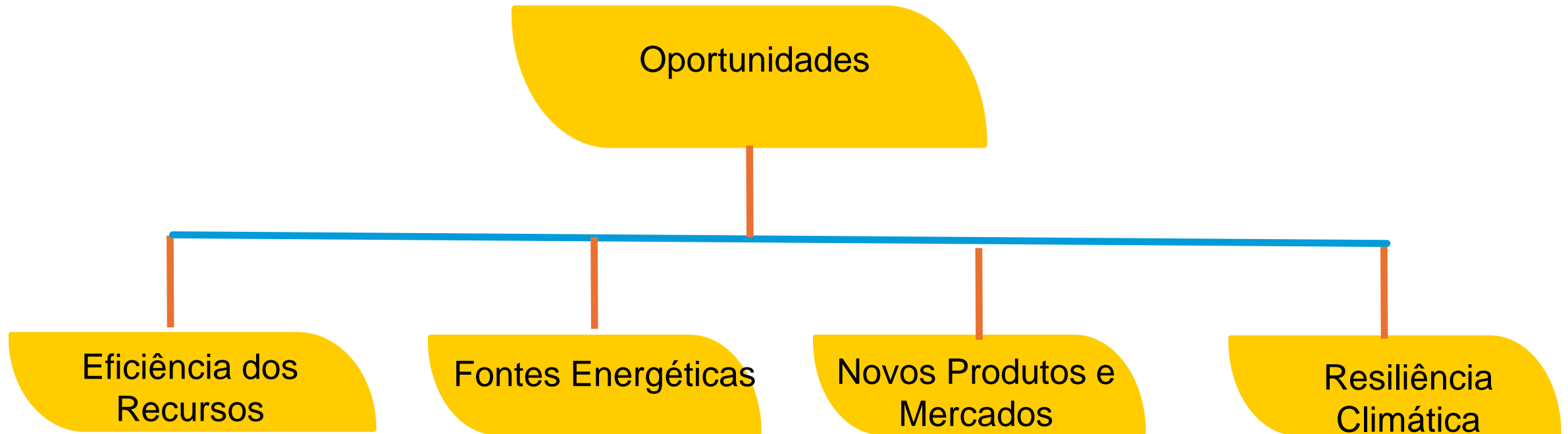
Tipologia de Riscos Relacionados à Mudança Global do Clima



Riscos de Transição

- ✿ Depreciação acelerada de ativos de combustíveis fósseis (“*stranded assets*”).
- ✿ Regulamentações que limitam emissões de GEE em diversas geografias.
- ✿ Pressão de *stakeholders* por *climate disclosure*.
- ✿ Riscos de corte de financiamento/subsídios aos fósseis.
- ✿ Mudança no comportamento do consumidor.
- ✿ Re-precificação de ativos (Ex valor da terra, seguros, reservas fósseis).
- ✿ Atração/retenção de talentos (estigmatização de setores).

Oportunidades da Mudança Global do Clima para o Setor de Energia



Oportunidades da Mudança Global do Clima para o Setor de Energia

- ✱ Utilização dos recursos naturais com maior eficiência (eficiência energética, redução das emissões GEE, da geração de resíduos, do uso de água, etc).
- ✱ Mudança para fontes renováveis.
- ✱ Acesso a novos mercados, desenvolvimento de novos produtos.
- ✱ Desenvolvimento da capacidade da organização em se adaptar às mudanças climáticas e gerenciar seus riscos climáticos (Resiliência Climática).

Mudanças Padrão Pluviométrico (estiagem/seca)

- ✱ Impacto sobre a vazão dos rios e nível de água (aumento/redução da vazão afluente ao reservatório).
- ✱ Questões relacionadas à segurança das barragens.
- ✱ Aumento/redução da carga de sedimentos no reservatório – Processos erosivos (jusante e montante).
- ✱ Redução/perda de volume morto.
- ✱ Acúmulo de vegetação e detritos nas grades.

Aumento da Temperatura do Ar

- ✿ Impacto sobre taxas de evapotranspiração das bacias hidrográficas, afetando o balanço hídrico no sistema solo-planta-atmosfera, que por sua vez pode impactar nas vazões afluentes aos reservatórios das UHE.
- ✿ Aumento na **perda de água por evaporação**, reduzindo o *output* de energia.

Aumento da Carga de Vento e Ondas

- ✿ Aumento da carga de vento sobre estruturas.
- ✿ Aumento da altura de onda e **requisitos de borda livre** para barragens.

Exemplos de Medidas de Adaptação: Às Mudanças de Padrão Pluviométrico

- Aprimoramento de técnicas de previsão hidrológica,
- Avaliação detalhada da estabilidade do reservatório proporcionando a identificação e estabilização de taludes em áreas de risco,
- Adoção de medidas de proteção e estabilização de taludes,
- Monitoramento e inspeções da estabilidade dos taludes,
- Aumento da capacidade do vertedouro,
- Revisão das cargas de projeto sobre a estrutura das barragens e comportas,
- Implementação/revisão de Planos de Controle ou Proteção Contra a Erosão,
- Implementação/revisão de Projetos de Sistemas de Transposição de Peixes que se adaptem a vazões variáveis – considerando a mudança do clima,
- Desenvolvimento de técnicas de gestão por bacia hidrográfica considerando múltiplos usos.

Exemplos de Medidas de Adaptação: Ao Aumento da Temperatura do Ar

- Ampliação de reservatórios para armazenamento de água,
- Controle de temperatura do concreto da barragem,
- Uso de materiais resilientes à corrosão.

Exemplos de Medidas de Adaptação: Vento e Ondas

- Análise/revisão dos cálculos de borda livre para que considerem potenciais aumentos nas cargas de vento.

Aumento da Temperatura do Ar

Redução da performance de equipamentos: **turbinas a gás**, compressores e bombas de circulação de água.

Redução de Eficiência devida ao Aumento da Temperatura Ambiente

- 5,5 °C → 3-4% (Neumann & Price, 2009)
- 5,0 °C → 0,34% (URS, 2010)
- 2,8 – 3,4 °C → 0,8% (ICEM, 2010)
- 1,0 °C → 2,3% (Linnerud et al, 2010)
- 1,0 °C → 0,6 – 0,7% (Davcock et al, 2004)
- 1,0 °C → 0,3 – 0,5% (Maulbetsch & Di Filippo, 2006)

Aumento da Temperatura da Água

- ✿ Pode impactar a eficiência da geração de energia e as necessidades de água nos sistemas de resfriamento.
- ✿ Água de resfriamento - recurso crítico para as usinas termoelétricas.

Elevação do Nível Médio do Mar

- ✱ Risco para usinas termelétricas localizadas em zonas costeiras.
- ✱ Danos/disrupção de serviços, dificuldade de acesso.
- ✱ Aumento da erosão costeira e inundações.

Eventos extremos

- ✱ Danos a equipamentos e instalações.
- ✱ Interrupção de cadeias produtivas e no fornecimento de energia.

Mudanças do Padrão Pluviométrico

- ✿ Redução da vazão de rios em decorrência de secas.
- ✿ Limitação na disponibilidade de água.

Exemplos de Medidas de Adaptação

Ao aumento de temperatura:

Aumento ou instalação de capacidade de geração adicional;
Instalação de capacidade de resfriamento adicional para as instalações existentes.

Ao aumento de precipitação:

Melhoria de diques e paredes de contenção de inundações;
Adoção de medidas de impermeabilização, como paredes de fosso de concreto, comportas e portas à prova d'água;
Elevação de equipamentos críticos.

Ao aumento da frequência de furacões:

Reforço de estruturas elevadas (p.ex.: torres de resfriamento, torres de água, chaminés etc.) para que resistam a maiores cargas de vento e potenciais detritos trazidos pelo vento.

Exemplos de Medidas de Adaptação

À redução de disponibilidade hídrica:

Instalação de tecnologias de resfriamento com economia de água (p.ex.: resfriamento em circuito fechado, resfriamento híbrido molhado-seco, resfriamento seco);

Instalação de equipamentos capazes de utilizar fontes alternativas de água (p.ex.: águas subterrâneas salobras, águas residuais municipais) para refrigeração;

Instalação de tecnologias de geração que usem o mínimo possível ou não utilizem água, como eólica e solar.

Ao aumento do nível médio do mar

Instalação de paredes de proteção ou barreiras naturais, como vegetação;

Reforço nas estruturas dos molhes e na captação da água para resfriamento;

Elevação de equipamentos críticos (expostos).

○ **Velocidade dos Ventos**

- Mudanças na distribuição da frequência, velocidade média e duração dos ventos afetam **performance das turbinas eólicas** e conseqüentemente a geração de energia.

○ **Variação da Temperatura do Ar**

- Impacto sobre o desempenho (**performance**) das turbinas eólicas.

○ **Eventos Extremos**

- Comprometimento da **estabilidade física das torres** e da integridade dos cabos subterrâneos,
- Alagamento e aquecimento dos transformadores das subestações.

Exemplos de Medidas de Adaptação

À mudança no padrão dos ventos:

- Projeto de turbinas que possam operar e suportar velocidades maiores de vento e rajadas.
- Instalação de torres mais altas para capturar ventos mais fortes em maiores altitudes.
- Desenvolvimento e comercialização de turbinas eólicas de eixo vertical, que são menos sensíveis a rápidas mudanças de direção (operam com maior flexibilidade).

À variação da temperatura do ar

- Consideração dos efeitos de temperaturas extremas na turbina, sobre a seleção de pás e operação das turbinas eólicas.

A eventos extremos:

- Revisão de projetos/reforço estrutural quando necessário.
- Instalação de sistemas de monitoramento remoto.

Aumento da Temperatura do Ar

- Danos aos **cabos** (expansão térmica, corrosão, deformação, ruptura), **equipamentos das subestações** e/ou estrutura das **torres de transmissão**.
- Aumento de perdas em **subestações e transformadores**.
- Redução da **capacidade e eficiência de transmissão de energia**.
- Risco de **interrupção no fornecimento** de energia elétrica.

Vento Forte:

- Danificação das instalações (torres, linhas, postes, galerias etc.).
- Aumento do risco de **incêndios florestais**.
- Queda no desempenho de isoladores (**flashover**).

Aumento da Incidência de Raios

- Danos aos equipamentos das subestações.
- Risco de **interrupção no fornecimento** de energia elétrica.

Mudanças do Padrão Pluviométrico:

- **Danos físicos** às linhas de transmissão, torres e equipamentos das subestações.
- Descargas elétricas atmosféricas (**raios**).
- Aumento de partículas depositadas nas cadeias de isoladores das linhas de transmissão, nos intervalos entre chuvas, potencializando o **desgaste de materiais e curto-circuito**.

Exemplos de Medidas de Adaptação

Ao aumento da temperatura do ar

- Avaliação da capacidade de isolamento elétrico dos isoladores.
- Especificação de componentes resilientes a temperatura e umidade (cadeia de isoladores de melhor desempenho).
- Especificação de sistemas de resfriamento mais efetivos para subestações e transformadores.

Ao vento forte

- Reforço estrutural das estruturas de T&D.
- Instalação de sistema de monitoramento remoto.
- Revisão/elaboração de procedimentos de emergência (fechamento/parada temporária de ativos/linhas em áreas perigosas com condições de vento mais fortes do que as de projeto).

Exemplos de Medidas de Adaptação

A mudanças do padrão pluviométrico

- Construção de diques, muros, eclusas, comportas, portas à prova d'água etc.
- Instalação de para-raios de linhas em todas as cadeias de isoladores da LT.
- Instalação de sistemas de monitoramento de interrupções de atividade.
- Aperfeiçoamento de sistemas de aterramento, para melhor escoamento e dissipação no solo da corrente elétrica gerada pelo surto atmosférico.

Investimentos em Armazenamento de Energia

- ✿ Baterias para complementar (Back-up) a intermitência das fontes de energia eólica e solar; obstáculo é o custo elevado, mas em queda.
- ✿ Hidroelétricas com capacidade de regularização.
- ✿ Usinas hidroelétricas reversíveis.

Obrigado!

Contatos:

Emilio Lèbre La Rovere

Professor Titular, PPE/COPPE/UFRJ

Coordenador, Centro Clima/COPPE/UFRJ

Tel.: +55 21 993556953

emilio@ppe.ufrj.br