

QUANDO O CLIMA VIRA CAUSA: A PERÍCIA AMBIENTAL FRENTE AOS DESASTRES CLIMÁTICOS

ENG. MARCELO CAVALCANTI



- Engenheiro Civil formado pela UFPB
- Pós graduado em Avaliações e Perícias
- 40 anos atuando na área de avaliações e perícias
- Sócio Fundador do IBAPE-PB
- Superintendente da Sudema



Marcelo Cavalcanti



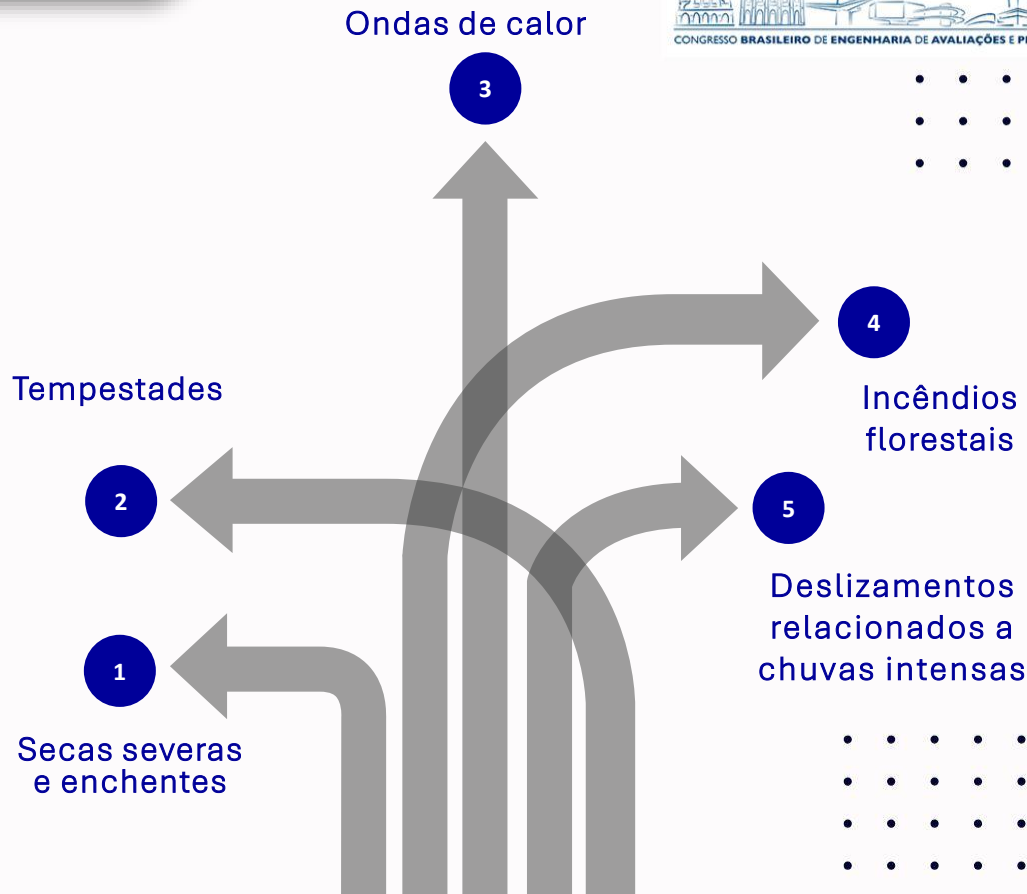
@cavalcantmarcelo



macca0662@gmail.com

O que é um desastre Climático

Desastre climático é um evento extremo resultante de variabilidade climática **natural** ou de **mudanças climáticas induzidas pelo homem**, que causa impactos significativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente.



Estudos de caso

1

Ibiza – Espanha
Dia 30/09/25 - 254 mm em 24 horas
Média histórica de 58,4 mm/mês (AEMET)



2

João Pessoa – PB
Dia 15/08/25 - 212,6 mm em 24 horas
Média histórica para agosto é de 133,7 mm (AESA)

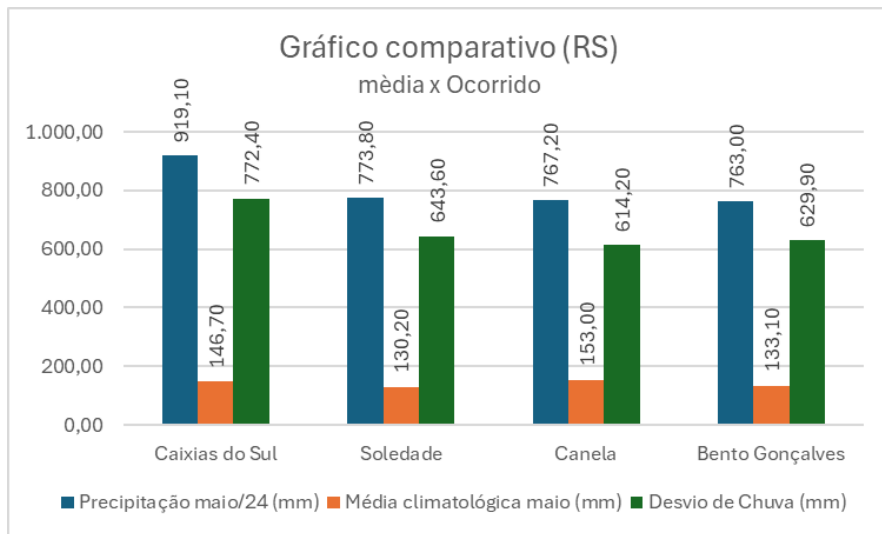


3

Monte Everest
A nevasca se formou entre sexta-feira (03/10/25) à noite e sábado, atingindo acampamentos na face leste do Everest.



Rio Grande do Sul



Obs. Período maio/24 e medida em mm



Amazônia

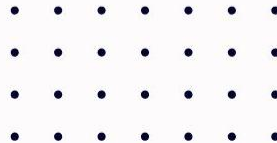
Seca de 2023 e 2024 foi a mais severa nos últimos 122 anos.

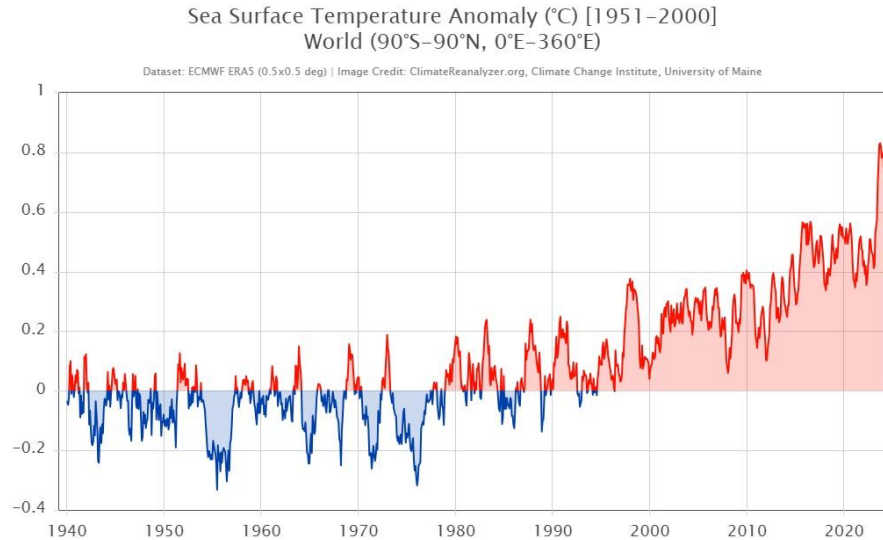
- Entre Jan/24 e jun/24 69% dos municípios da Amazônia legal sofriam com a estiagem;
- Em set/24 este número passou para **98,3%** (CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais)





- Houve uma redução de até 400 mm na média anual de precipitação.
- Entre ago/24 e set/24 essa redução chegou em alguns pontos em 176 mm (CEMADEN/SGB).





- Enquanto demorou 60 anos para a anomalia de TSM global ser de $+0,6^{\circ}\text{C}$, em apenas dois anos ela foi de $+0,3^{\circ}\text{C}$.
- Ressalta-se o papel do oceano em fornecer umidade para a atmosférica, sendo o principal combustível para aumento da intensidade das tempestades.



Hipótese de Gaia

- Desenvolveu a **Hipótese de Gaia** na década de 1970 enquanto trabalhava para a NASA, estudando como detectar vida em Marte.
- Ele observou que a composição da atmosfera terrestre (com cerca de 21% de oxigênio e 0,04% de CO_2) é quimicamente instável, o que não seria possível sem a ação contínua dos organismos vivos
- Existe uma relação entre a atmosfera, biosfera, hidrosfera e litosfera



James Lovelock

Químico e inventor britânico

Essência da Hipótese

1

A Terra funciona como um sistema autorregulado, onde os organismos vivos e o ambiente físico interagem para manter condições adequadas para a vida.

2

Atmosfera, oceanos, solos e seres vivos formam uma rede interdependente que regula fatores como temperatura, pH e gases.

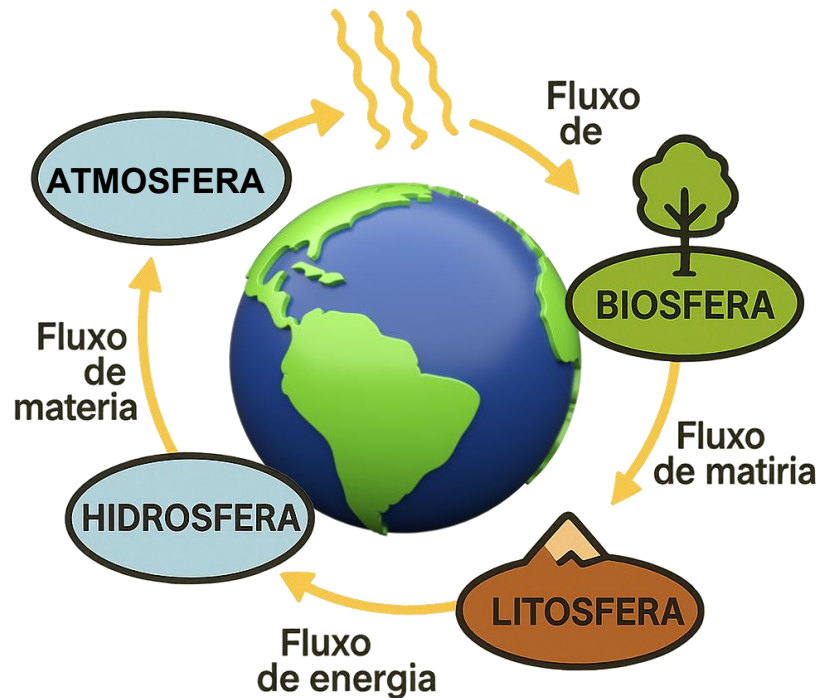
3

Versão inicial da hipótese era mais filosófica, vista com ceticismo pela comunidade científica.

4

Hoje ela é integrada a áreas como ciência do sistema terrestre, ecologia e mudanças climáticas.

HIPÓTESE DE GAIA



A Terra em Autorregulação



O que é Nexo Causal

1

Nexo causal é o vínculo técnico-científico que liga um evento (fato ou conduta) ao dano ou resultado observado.

2

No Direito civil

“... é a relação de causa e efeito entre a conduta ou fato gerador e o dano verificado, necessária para que haja responsabilidade.”

3

Na Engenharia

É o encadeamento lógico entre falha técnica, condição material/ambiental e o evento danoso, estabelecido com base em normas técnicas, medições e métodos científicos.

Importância do Nexo Causal Em Perícias

Responsabilização
técnica

Determina quem é responsável (projetista, construtor, fabricante, poder público).

Segurança e
prevenção

Ajuda a identificar falhas sistêmicas e evitar novos acidentes ou perdas.

Valoração de
indenizações

Sem nexo comprovado, o dano pode ser considerado fortuito ou sem relação com o agente questionado.

Credibilidade
do laudo

Tribunais e seguradoras exigem fundamentação técnica sólida para aceitar conclusões.



Em Perícia de Engenharia

O raciocínio deve ser metódico,
rastreável e alinhado a normas técnicas

Definir o
objeto da
perícia e o
dano

Coletar e
analisar
evidências
técnicas

- Inspeção in loco:
- Documentos e projetos:
- **Histórico do evento:**

**Identificar
causas
possíveis
(hipóteses)**

Redigir
conclusão
técnica
clara

Descartar
causas
concorrentes
irrelevantes

**Estabelecer o
encadeament
o causal**

Testar as
hipóteses
com base
científica

Mudanças climáticas e Sistema de drenagem urbana

Os sistemas de drenagem (galerias, canais, piscinões, dispositivos de infiltração etc.) são dimensionados a partir de séries históricas de chuva e de modelos de intensidade–duração–frequência (IDF).

Desafio

O clima já não é estacionário. Ou seja, os pressupostos de que “a probabilidade de um evento extremo se repete no tempo” estão sendo rompidos.



Mudanças climáticas e Sistema de drenagem urbana

Principais implicações



Aumento de intensidade das chuvas de curta duração: eventos concentrados em menos tempo picos de vazão maiores que os projetados.



Expansão de áreas impermeáveis + eventos mais extremos → maior volume escoado superficial.



Maior variabilidade interanual: estiagens mais longas alternando com chuvas muito fortes → sobrecarga dos sistemas convencionais.



Risco de falha em obras existentes: galerias dimensionadas para TR=10, 25 ou 50 anos já podem não comportar novas intensidades.

Modelos Matemáticos Tradicionais

1

Premissa original: séries pluviométricas longas e estacionárias, gerando equações de IDF – Intensidade, Duração e Frequência, (chuva x tempo de retorno).

2

Problema atual: a série histórica não reflete mais o presente nem o futuro → subestima riscos.

3

Síntese: Os modelos continuam válidos matematicamente, mas os parâmetros de entrada (chuva, tempo de retorno) deixam de representar a realidade.

O que já se discute como solução ...

1

Atualização das curvas IDF com séries mais recentes e cenários projetados (uso de downscaling climático).

Downscaling climático - transformar projeções climáticas em escala global ou continental em informações detalhadas e úteis em escala regional ou local.

2

Incorporação de margens de segurança

3

Modelagem não estacionária: usar métodos que consideram tendência temporal na frequência das chuvas.

4

Soluções baseadas na natureza: jardins de chuva, telhados verdes, reservatórios de retenção

5

Planejamento adaptativo: adotar flexibilidade e possibilidade de ampliação de sistemas ao longo do tempo.

Desafios em perícias relacionadas às mudanças climáticas

1. Caráter não estacionário dos fenômenos

Problema: Os modelos clássicos de engenharia (chuva, vento, temperatura) assumem séries históricas estacionárias.

Desafio pericial: Demonstrar se o evento danoso foi um “caso fortuito” (chuva excepcional) ou se já havia evidências de tendência climática que deveriam ter sido consideradas no projeto.

Impacto: Maior complexidade para estabelecer o nexo causal entre falha técnica e evento climático.

2. Limitação e confiabilidade de dados

Problema: Estações meteorológicas e hidrológicas no Brasil ainda são desiguais e em alguns locais insuficientes.

Desafio pericial: O perito precisa muitas vezes recorrer a dados de satélite, modelagens regionais ou séries incompletas para sustentar suas conclusões.

Impacto: Necessidade de justificar metodologicamente a escolha da base de dados perante o juiz ou órgãos técnicos.



Desafios em perícias relacionadas às mudanças climáticas

3. Interdisciplinaridade necessária

Problema: Mudanças climáticas envolvem ciências atmosféricas, hidrologia, geotecnia, ecologia e planejamento urbano.

Desafio pericial: O engenheiro deve dialogar com climatólogos, geógrafos, juristas e especialistas em políticas públicas.

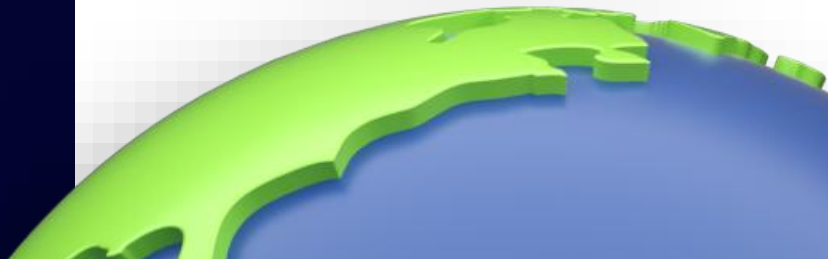
Impacto: Laudos precisam integrar saberes múltiplos, fugindo da visão puramente estrutural ou hidráulica.

4. Interpretação normativa

Problema: Muitas normas ABNT e legislações foram elaboradas em contexto de clima “passado” e não tratam explicitamente da não estacionariedade.

Desafio pericial: Demonstrar se a obra/gestão estava conforme à norma vigente (cumprimento formal) mas inadequada à realidade climática atual.

Impacto: Diferenciar entre atendimento normativo e boa prática técnica atualizada, podendo apontar negligência mesmo sem violação formal.



Desafios em perícias relacionadas às mudanças climáticas

5. Quantificação do dano

Problema: Eventos climáticos extremos produzem danos diretos (estruturais) e indiretos (perda de produção, saúde pública, impacto ambiental).

Desafio pericial: Quantificar esses danos de forma objetiva, mensurável e defensável em juízo.

Ferramentas: ABNT NBR 14653 (avaliação de bens), metodologias de custo-benefício.

6. Estabelecimento do nexo causal

Problema central: Decidir se o dano ocorreu por:

- força maior (evento climático excepcional e imprevisível),
- falha humana (dimensionamento, manutenção, fiscalização), ou combinação entre eles.

Desafio pericial: Provar tecnicamente, com base em normas e dados, a contribuição de cada fator.

Impacto: Fundamentar a responsabilidade civil e criminal de profissionais, gestores públicos ou empresas.

7. Pressão social e jurídica

Problema: Eventos climáticos costumam gerar forte repercussão (mortes, grandes perdas econômicas).

Desafio pericial: Atuar com independência técnica, evitando pressões políticas, midiáticas ou econômicas.

Impacto: A imparcialidade e fundamentação técnica do engenheiro são cruciais para credibilidade do laudo.

DESAFIOS

O engenheiro perito, em contextos de mudanças climáticas, enfrenta:

- 1** **Incertezas técnicas** - (dados e modelos desatualizados)
- 2** **Conflitos normativos** - normas vigentes vs. realidade climática
- 3** **Complexidade interdisciplinar** - engenharia + ciências do clima + direito
- 4** **Desafios probatórios** - quantificar danos e estabelecer o nexo causal





Marcelo Cavalcanti



macca0662@gmail.com



@cavalcantmarcelo

Obrigado!