7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

Impactos Ambientais,Mudanças Climáticas e o Papel dosMunicípios Mineradores

gema UFRJ

Carlos Eduardo Frickmann Young
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) &
Universidade estadual do Mato Grosso (UNEMAT)

Belo Horizonte, 24 de Novembro de 2026

Objetivo da cartilha (Young & De Medina, 2026)

Aproximar o conhecimento científico das necessidades de gestores e equipes técnicas municipais.

Apoiar a identificação de vulnerabilidades, a definição de prioridades e a incorporação da adaptação climática ao planejamento e às políticas públicas.

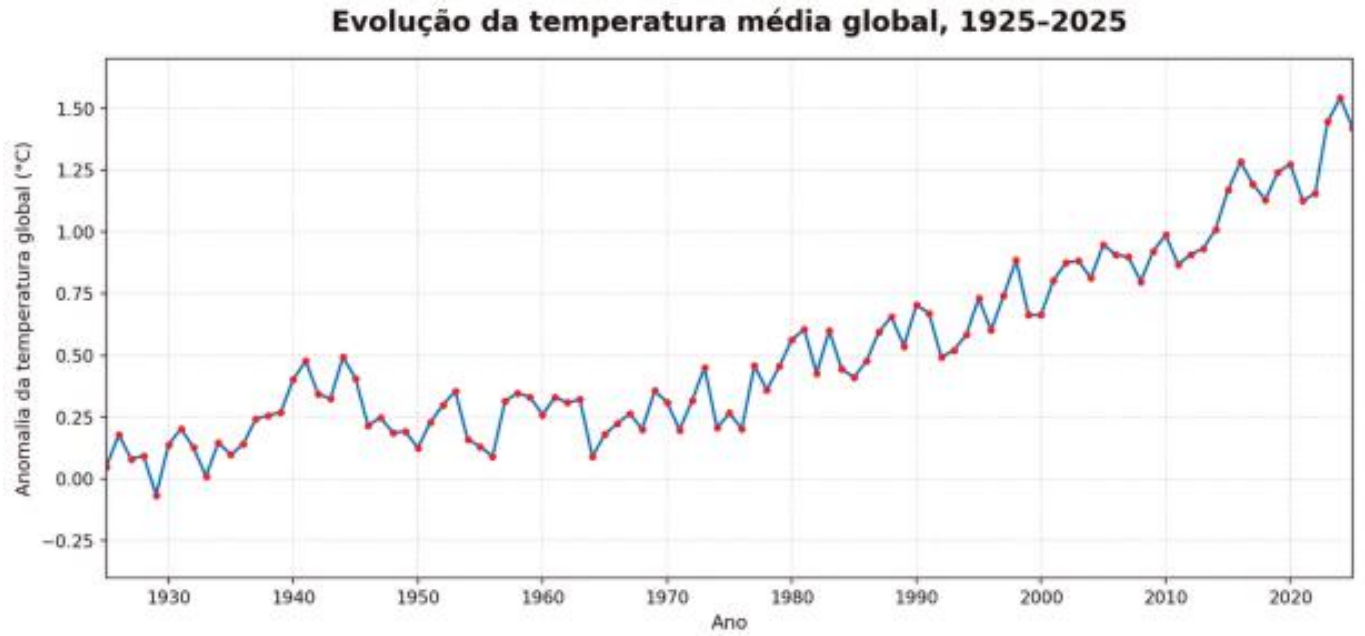
Nos territórios mineradores, os riscos climáticos se somam a pressões ambientais, sociais e econômicas já existentes.

Prevenir, planejar e investir em adaptação significa proteger vidas, preservar serviços públicos e construir um desenvolvimento mais seguro.



Mudanças climáticas e eventos extremos

O aumento da concentração de gases de efeito estufa intensifica o efeito estufa e eleva a temperatura média global.



Fonte: Copernicus C3S, Global Climate Highlights 2025, Figura 3; série NOAA GlobalTemp.
Anomalias relativas à média de 1850–1900.



Fonte: Young e De Medina (2026)

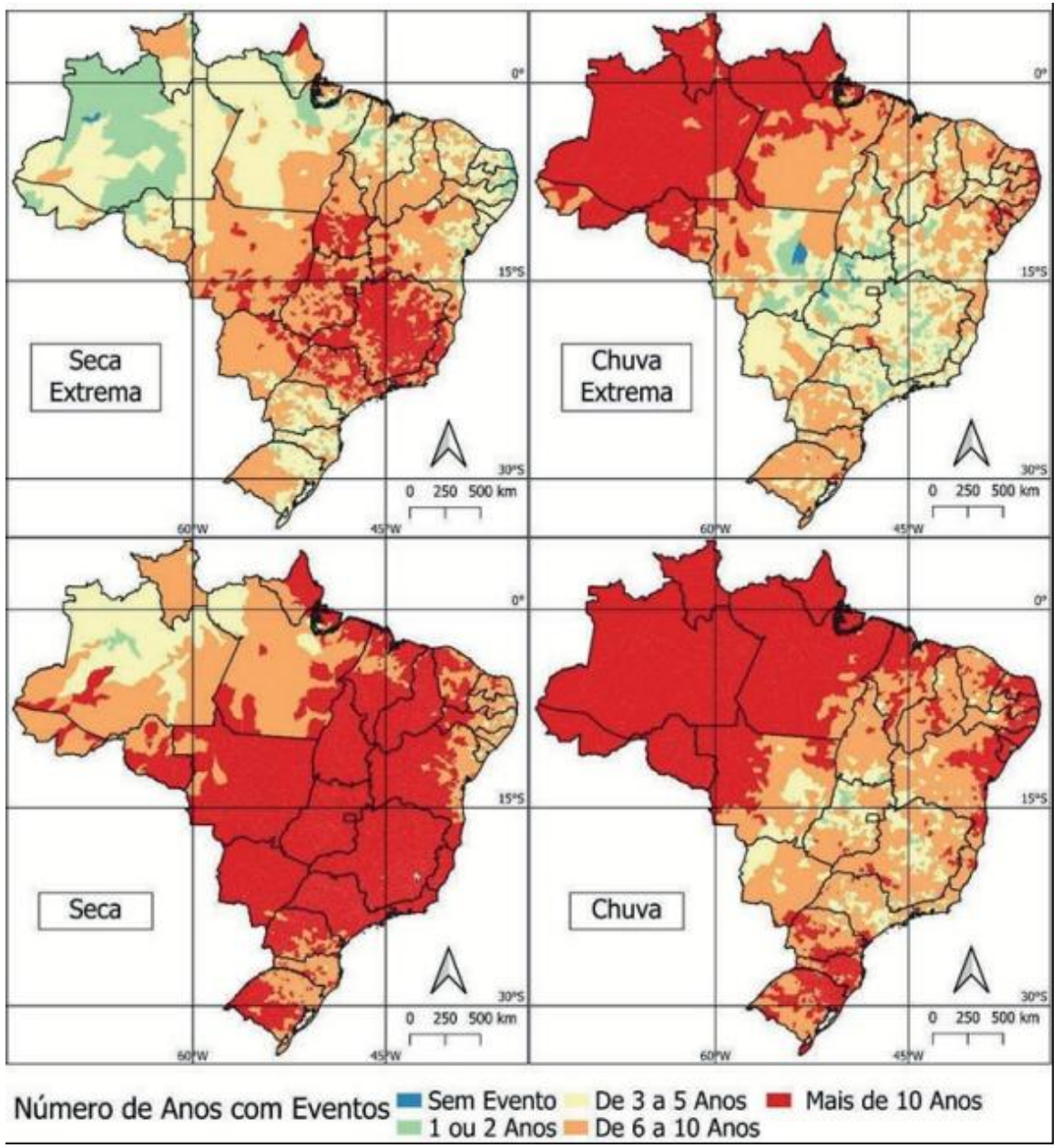
O risco climático já afeta os municípios

- O risco resulta da interação entre ameaça climática, exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta.
- **Chuvas extremas**: enchentes, erosão e deslizamentos; no território minerador, podem afetar pilhas, drenagem de mina, barragens, acessos e comunidades.
- **Secas**: reduzem a disponibilidade hídrica e podem intensificar conflitos entre abastecimento, mineração, agricultura, indústria e ecossistemas.
- **Ondas de calor e incêndios**: afetam saúde, energia, produtividade, vegetação e qualidade do ar.
- **Ventanias e tornados**: podem danificar estruturas, dispersar partículas e interromper energia, mobilidade, logística e serviços.

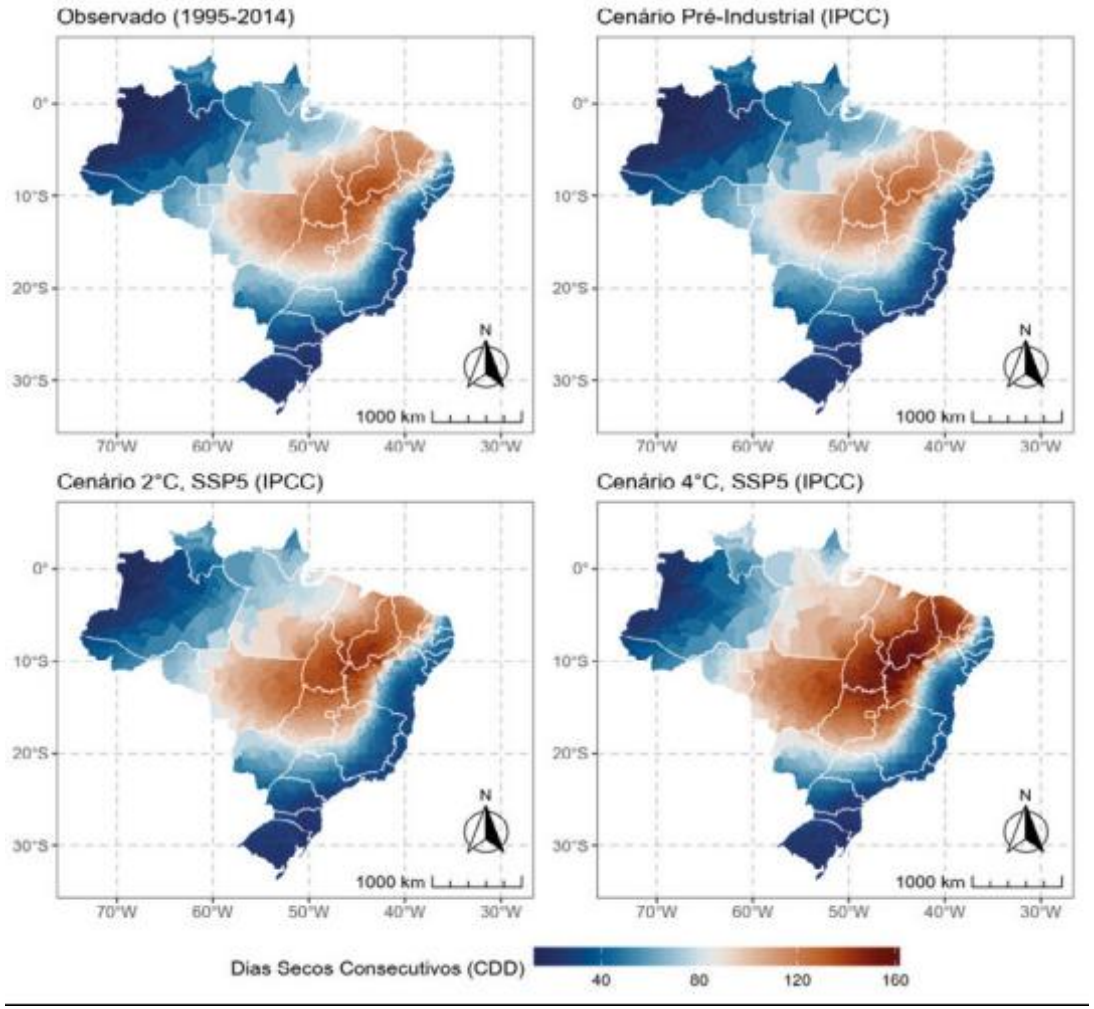
O aumento dos gases de efeito estufa já intensificou o aquecimento global e ampliou a frequência e a intensidade de eventos extremos observados no Brasil, e a situação vai agravar com o tempo

Figura: Número de anos com eventos meteorológicos relevantes por município, 2000-2023

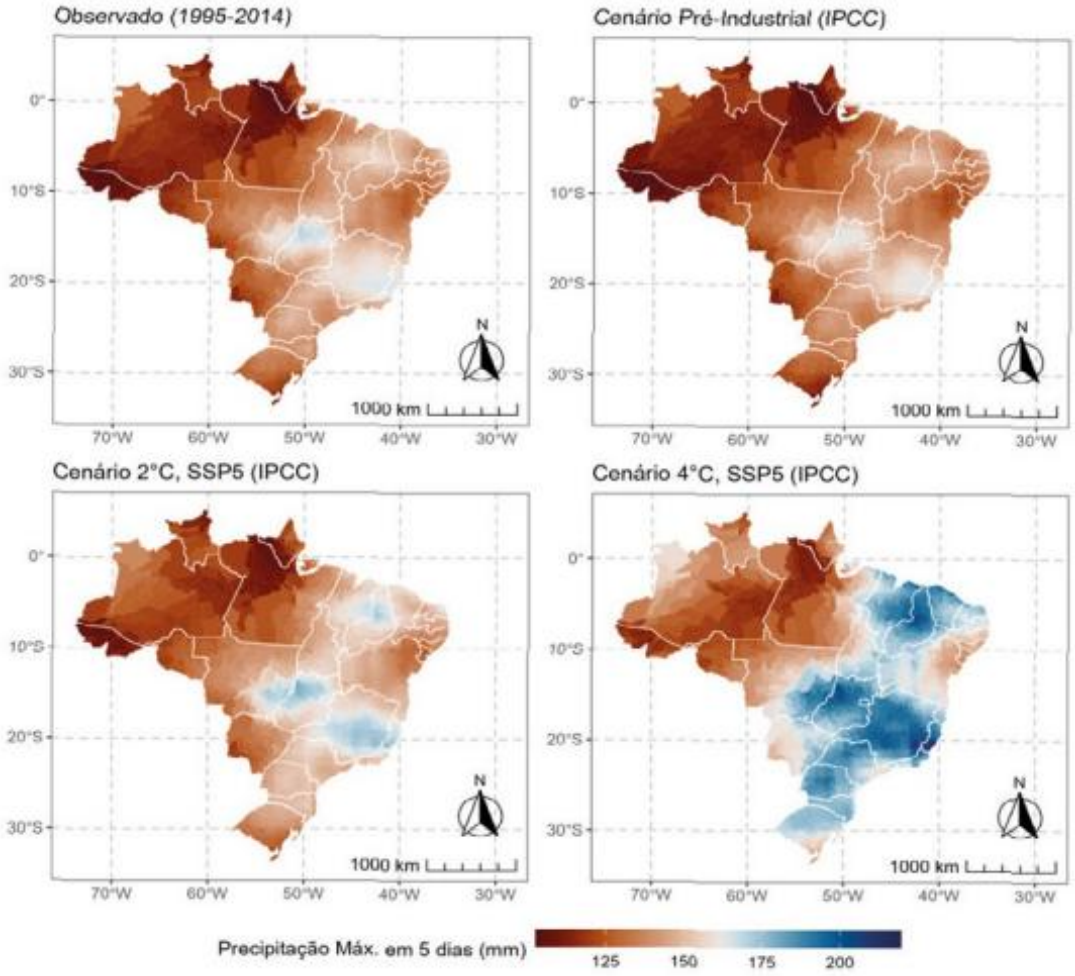
Fonte: Costa et al. (2025)



Média anual de dias consecutivos de seca em cenários IPCC (Costa et al. 2026)



Média anual de precipitação máxima em cinco dias em cenários IPCC (Costa et al. 2026)



Efeitos esperados do El Niño 2026–2027 no Brasil (fonte: CEMADEN, publicado em 15/05/2026)



Impactos econômicos das mudanças climáticas

- As mudanças climáticas podem reduzir a capacidade produtiva, destruir capital, aumentar custos e riscos e afetar produtividade e condições de trabalho.
- **Danos**: prejuízos monetários sobre edifícios, máquinas, veículos, estradas, portos, estoques e outros ativos.
- **Perdas**: interrupção da atividade, com bens que deixam de ser produzidos e serviços que deixam de ser fornecidos.
- **Custos adicionais**: despesas emergenciais e gastos extras necessários para manter a produção ou atender a população.

Os impactos econômicos vão além dos danos físicos

Danos

Prejuízos monetários sobre capital: edifícios, máquinas, veículos, estradas, estoques.

Perdas

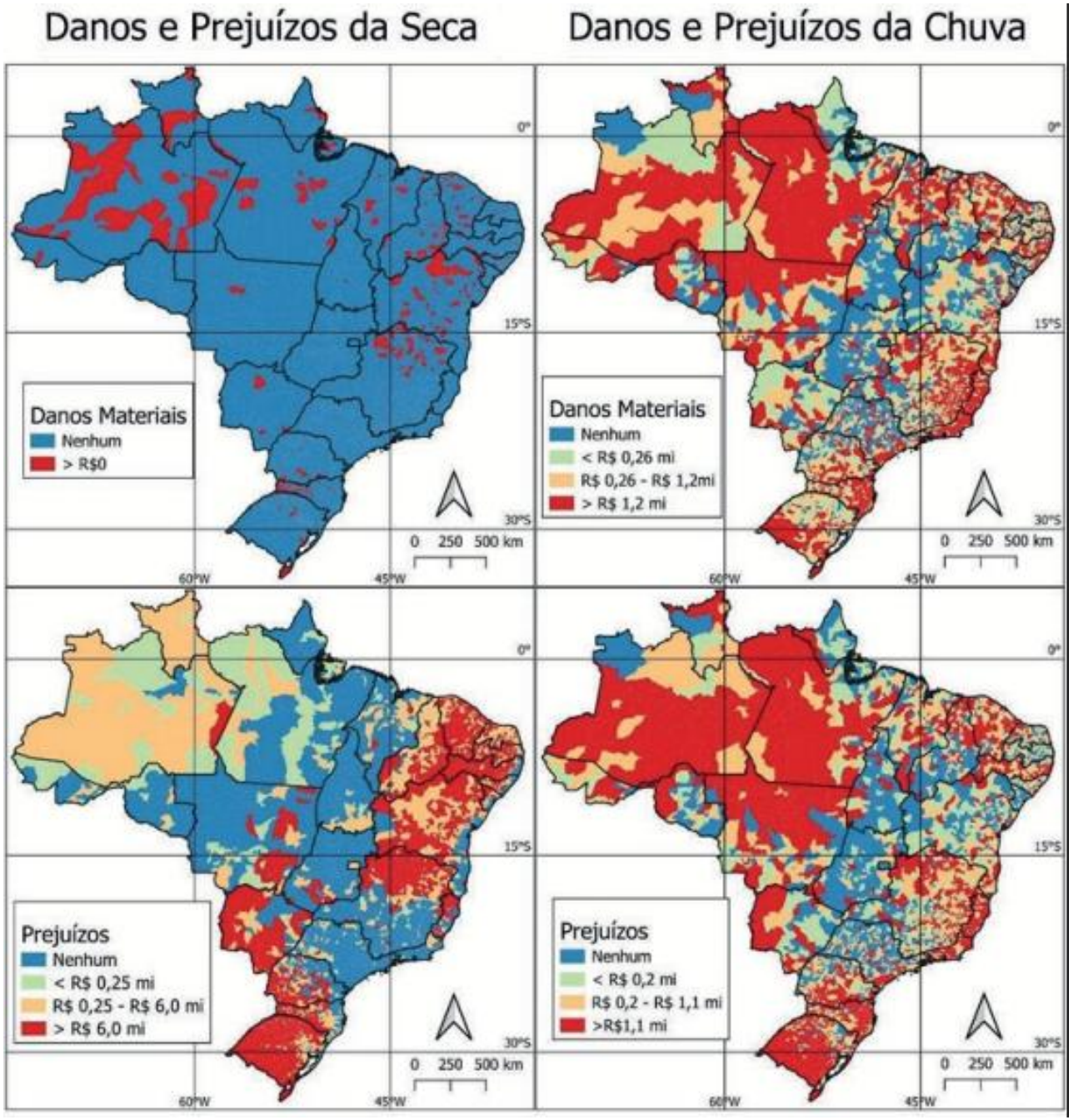
Atividade interrompida: bens não produzidos e serviços não fornecidos até a recuperação.

Custos adicionais

Despesas emergenciais e gastos extras para manter produção e atender a população.

Efeitos sistêmicos

Saúde, preços, cadeias produtivas, arrecadação, biodiversidade e serviços ecossistêmicos.



Custos econômicos dos desastres climáticos já são muito altos

Figura: Média anual por município das perdas econômicas reportadas, 2000-2023

Fonte: Costa et al. (2025)

Pressão sobre as finanças públicas e desigualdade

- Desastres elevam **despesas públicas emergenciais**, gastos com saúde, reconstrução de infraestrutura e readaptação.
- A paralisação de setores afetados pode **reduzir a arrecadação** municipal, pressionando as finanças públicas e a dívida.
- Os **custos são desproporcionalmente concentrados nas prefeituras**, que podem ter capacidade financeira, técnica e humana limitada.
- **Populações de menor renda tendem a estar mais expostas**, ter menor acesso a seguros e menor capacidade de reconstrução.
- Os municípios mais pobres ou de menor população podem sofrer **perdas proporcionalmente maiores**.

Risco climático nos territórios mineradores

- O risco resulta da interação entre ameaça climática, exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta.
- Chuvas extremas: enchentes, erosão e deslizamentos; no território minerador, podem afetar pilhas, drenagem de mina, barragens, acessos e comunidades.
- Secas: reduzem a disponibilidade hídrica e podem intensificar conflitos entre abastecimento, mineração, agricultura, indústria e ecossistemas.
- Ondas de calor e incêndios: afetam saúde, energia, produtividade, vegetação e qualidade do ar.
- Ventanias e tempestades severas: podem danificar estruturas, dispersar partículas e interromper energia, mobilidade, logística e serviços.

Efeitos em cascata

- Chuva extrema: erosão e assoreamento podem obstruir a drenagem, provocar inundação ou deslizamento e interromper estradas e serviços.
- Seca prolongada: menor disponibilidade hídrica amplia a competição entre usos, podendo gerar conflitos, perda de produtividade e maior custo operacional.
- Calor e seca: vegetação mais suscetível ao fogo pode aumentar incêndios, piorar a qualidade do ar e elevar riscos à saúde e ao solo.
- Tempestades severas: danos a redes de energia e telecomunicações podem causar falhas no abastecimento e comprometer hospitais, Defesa Civil e sistemas de alerta.
- Ventanias: danos à infraestrutura e à saúde, especialmente perto de pilhas de estéril, podem elevar a concentração de material particulado.

A adaptação começa antes do desastre!

A adaptação requer planejamento contínuo, e não apenas resposta emergencial:

- **Antecipar**: Identificar ameaças, exposição e vulnerabilidades antes que se convertam em perdas.
- **Coordenar**: Integrar prefeitura, empresas, governos, instituições técnicas e comunidades.
- **Proteger**: Preservar vidas, serviços públicos, infraestrutura, renda e capacidade produtiva.

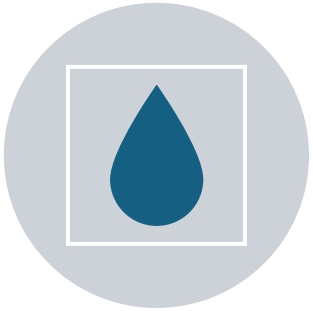
Marco de Sendai: prioridades



Compreender o risco: reunir dados sobre ameaças, exposição, vulnerabilidade, população e ativos, combinando registros, projeções e conhecimento das comunidades.



Fortalecer a governança do risco: definir responsabilidades, integrar instituições, estabelecer protocolos e assegurar participação social.



Investir na redução do risco para a resiliência: priorizar manutenção, drenagem, infraestrutura segura, recuperação ambiental, segurança hídrica e sistemas de alerta.

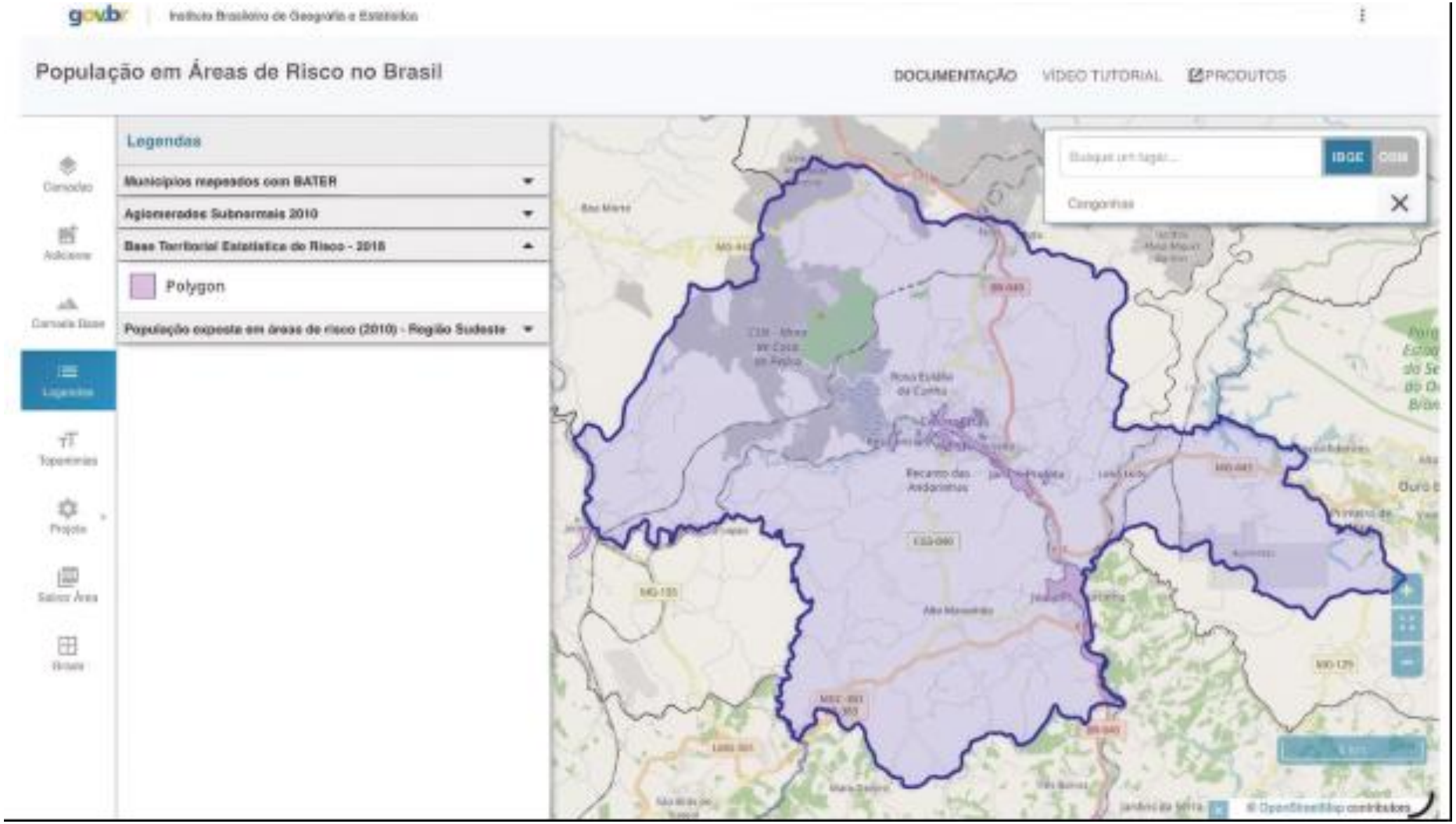


Preparar-se para responder e reconstruir melhor: testar planos, treinar equipes, comunicar alertas e reduzir vulnerabilidades durante a recuperação.

Monitoramento e ferramentas de diagnóstico

- O **CEMADEN** monitora municípios com histórico de desastres associados a movimentos de massa e processos hidrológicos; as áreas de risco devem ser identificadas, mapeadas e georreferenciadas (20 dos 63 municípios associados à AMIG estão na lista de municípios monitorados pelo CEMADEN, com população estimada em 1,4 milhão de pessoas).
- **AdaptaBrasil** MCTI reúne indicadores observados e projetados de risco climático por município e por setores estratégicos.
- **Painel Nacional** e **Painel Cidades** apresentam mapas e indicadores de risco organizados por ameaças, exposição e vulnerabilidade.
- **SINGED Lab Desastres**, do IBGE, reúne dados estatísticos e geocientíficos
- **BATER** IBGE/CEMADEN identifica áreas de risco e população exposta, com dados populacionais do Censo 2010.

Exemplo de saída da BATER: áreas de risco para a população para o município de Congonhas –MG (dados de 2010)



Diagnóstico territorial e mineração

- O diagnóstico deve localizar riscos, populações e infraestruturas expostas e organizar ações de acordo com os problemas identificados.
- Incluir estruturas e áreas relacionadas à atividade mineral e seus efeitos sobre saúde, infraestrutura, serviços públicos e atividade econômica.
- Identificar estruturas de mineração em áreas sujeitas a chuvas intensas, inundações, ventanias e outros eventos extremos.
- Verificar população e infraestrutura potencialmente afetadas por eventuais rompimentos.
- Acompanhar informações sobre segurança de barragens, diques e demais estruturas e incorporar os riscos aos instrumentos municipais de planejamento e Defesa Civil.

Fonte: Cartilha, pp. 24–25.

Ações preventivas do governo municipal

- **Manutenção preventiva**: drenagem urbana, limpeza e desassoreamento de galerias e bueiros, poda preventiva e estabilização de encostas.
- **Soluções baseadas na natureza**: recuperar matas ciliares, nascentes e áreas degradadas; controlar erosão; restaurar bacias e áreas de recarga; prevenir incêndios.
- **Fiscalização territorial**: controlar ocupações irregulares em APPs e encostas e prevenir supressão vegetal não autorizada.
- **Segurança de prédios públicos**: revisar condições físicas, elétricas, telhados e escoamento de escolas, unidades de saúde e abrigos.
- **Monitorar indicadores**, dados georreferenciados e registros da Defesa Civil; qualificar e quantificar danos para orientar prevenção, reparação e compensação.

Serviços essenciais e coordenação municipal

- Identificar estruturas e serviços que não podem deixar de funcionar durante eventos extremos.
- Considerar hospitais e unidades de saúde, escolas e abrigos, abastecimento de água, esgoto, pontes, estradas, energia, telecomunicações, drenagem e rotas de evacuação.
- Registrar localização, estado de conservação, exposição a ameaças, alternativas de funcionamento e responsáveis pela manutenção.
- Articular Plano Diretor, Defesa Civil, gestão de recursos hídricos, saneamento, licenciamento, planos de emergência, segurança de estruturas, fechamento de mina e recuperação de áreas degradadas.
- Evitar ilhas de planejamento e identificar dependências entre infraestrutura pública, comunidades e operações empresariais.

Responsabilidades compartilhadas

7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

- Prefeitura: coordenar planejamento territorial, serviços públicos, Defesa Civil, orçamento e proteção da população, dentro de suas competências.
- Estados e União: exercer atribuições próprias em planejamento, monitoramento, apoio técnico, financiamento, fiscalização e resposta.
- Comunidades e organizações locais: contribuir com conhecimento territorial, participação e preparação.
- Empresas mineradoras: incorporar cenários climáticos em projetos e rotinas, incluindo drenagem, gestão hídrica, segurança geotécnica, manutenção, planos de emergência, recuperação ambiental e fechamento de mina.
- Compartilhamento de dados, apoio técnico, protocolos de alerta e pactos transparentes ampliam a prevenção, mas não eliminam deveres de reparar danos.

Os riscos da mineração não se restringem à mina!

- Riscos climáticos podem afetar simultaneamente população, meio ambiente, infraestrutura pública e atividades econômicas.
- A área operacional da mina não é o limite do risco: estradas, pontes, redes de energia, sistemas de água, escolas, unidades de saúde e residências também podem ser afetados.
- Chuvas extremas mais frequentes e intensas exigem rever planejamento, dimensionamento, monitoramento e manutenção das estruturas.
- Diques, barragens, pilhas de estéril e estruturas de disposição de rejeitos podem sofrer danos ou rompimentos quando submetidos a volumes de chuva superiores aos de projeto.
- Atenção também a estruturas de menor porte e à regulamentação do empilhamento a seco de rejeitos.

CFEM não substitui reparação nem obrigações empresariais

- A CFEM é uma compensação pela exploração de um recurso mineral não renovável; a renda mineral está associada à extração de um estoque finito.
- Recursos devem financiar projetos em benefício da comunidade local, como infraestrutura, qualidade ambiental, saúde e educação, além de apoiar investimentos duradouros e diversificação econômica.
- A CFEM não é fonte de reparação automática de danos climáticos e não substitui obrigações legais das empresas nem outras fontes de financiamento da adaptação.
- Danos e custos adicionais atribuíveis à operação devem ser responsabilizados e tratados, e a participação financeira das empresas deve considerar responsabilidades legais, regulatórias e contratuais, evidências, pactuação transparente e, quando aplicável, nexo causal.

Conclusão: prevenir é melhor do que remediar!

7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

- A incidência e a intensidade de muitos **eventos extremos deverão aumentar**, com impactos socioeconômicos estruturais e duradouros.
- Uma dimensão econômica central da adaptação é **comparar o custo presente** das medidas preventivas **com os danos esperados** que elas podem evitar.
- Investimentos em **adaptação podem preservar capital e renda**, reduzir gastos emergenciais e diminuir custos de reconstrução.
- Os **custos dos desastres são distribuídos de forma desigual** e recaem fortemente sobre os municípios, sobretudo os de menor capacidade financeira e técnica.
- A **prevenção precisa estar refletida no planejamento e no orçamento** municipal, com carteira de projetos, custos, fontes de recursos, cronograma e indicadores.

7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

Dez passos para um município minerador resiliente

1. Conhecer as ameaças atuais e futuras, utilizando dados oficiais e registros locais.

2. Mapear população, moradias, atividades econômicas e infraestrutura expostas, identificando grupos com maior vulnerabilidade.

3. Identificar estruturas e atividades minerárias relevantes para o risco territorial e as dependências com os serviços municipais.

4. Avaliar vulnerabilidades físicas, sociais, ambientais, institucionais e financeiras.

5. Integrar informações climáticas ao Plano Diretor, ao planejamento de obras, à Defesa Civil e aos instrumentos ambientais e hídricos.

Dez passos para um município minerador resiliente

7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

6. Definir prioridades com critérios explícitos: vidas protegidas, redução de danos, urgência, custo, viabilidade e justiça social.

7. Compatibilizar o planejamento municipal e empresarial, com protocolos, dados compartilhados e canais de comunicação previamente acordados.

8. Organizar uma carteira de projetos preventivos com orçamento, cronograma, responsável e fonte de recursos identificados.

9. Definir indicadores e monitorar a execução, os alertas, as perdas evitadas e a continuidade dos serviços essenciais.

10. Revisar periodicamente mapas, cenários e planos, incorporando lições de exercícios e eventos reais.

Checklist para gestores municipais (1)

- **Mapa de risco**: há mapeamento atualizado de deslizamentos, inundações e outras áreas de risco, com população e imóveis expostos? Inclui áreas próximas a barragens, pilhas de estéril e cavas?
- **Infraestrutura crítica**: escolas, unidades de saúde, pontes, vias de evacuação e redes de água e energia foram avaliadas? Há obras prioritárias e rotas alternativas?
- **Cenários futuros**: o município dispõe de cenários de chuva intensa, seca e calor extremo? Considera períodos de El Niño e utiliza os cenários nas decisões de investimento e uso do solo?
- **Plano de contingência**: está atualizado, é conhecido pelas secretarias e define quem decide, comunica e aciona recursos? São realizados simulados?
- **Plano Diretor**: incorpora áreas de risco, restringe ocupações e considera áreas de realocação e o uso futuro das áreas após o fim da mineração?

Checklist para gestores municipais (2)

- **Protocolos com empresas**: há troca formal de informações, articulação com os PAEs e acesso da Defesa Civil a dados de chuva, níveis e estabilidade?
- **Segurança hídrica**: mananciais e captações estão protegidos e monitorados? Há plano para estiagens prolongadas e acompanhamento dos efeitos da mineração sobre a água?
- **Soluções baseadas na natureza**: nascentes, matas ciliares e encostas foram priorizadas para restauração? Soluções de drenagem sustentável e recuperação de áreas degradadas foram avaliadas?
- **Recursos para adaptação**: a CFEM está planejada respeitando vedações legais? Há responsabilização empresarial e busca de fontes complementares?
- **Sistemas de alerta e avaliação**: alertas chegam rapidamente à população? Há indicadores e revisão periódica dos planos?

7º Encontro Nacional dos Municípios Mineradores

Muito obrigado!

carloseduardoyoung@gmail.com

Links para downloads:

https://www.ie.ufrj.br/gema

https://ufrj.academia.edu/CarlosEduardo

https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Eduardo_Young

https://scholar.google.com.br/citations?user=8Twvc_gAAAAJ&hl=pt-BR

