



ESTUDO SOBRE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SETOR DA INFRAESTRUTURA LOGÍSTICA

MoveInfra

Outubro de 2025



Carta de Agradecimento

Vivemos um momento decisivo para o futuro da infraestrutura de transportes no Brasil, marcado pela urgência dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, que não dão sinais de desaceleração. Eventos climáticos cada vez mais intensos e recorrentes, além de tragédias recentes, como as enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul e a seca extrema no norte do país, evidenciam que a adaptação climática não é mais uma opção, mas uma necessidade imperativa para garantir a resiliência, a continuidade dos serviços essenciais e a segurança das comunidades.

A Marsh McLennan Brasil, líder global em gestão de riscos, reafirma seu compromisso em apoiar o setor com soluções robustas e inovadoras para enfrentar esses desafios.

A iniciativa do MoveInfra reflete a responsabilidade e o protagonismo do setor privado em promover a adaptação climática, alinhando esforços empresariais e governamentais para fortalecer a infraestrutura logística nacional.

Com este trabalho, oferecemos um diagnóstico aprofundado e propomos melhorias concretas para as iniciativas de adaptação às mudanças climáticas em todos os modais de transporte — a infraestrutura que move o Brasil. O estudo, conduzido pela Marsh em parceria com a Oliver Wyman, sistematiza os principais riscos, vulnerabilidades e lacunas, além de apresentar diretrizes para a elaboração e implementação de planos de adaptação que considerem a legislação vigente, os cenários climáticos futuros e as interdependências entre os modais.

Reconhecemos que a adaptação eficaz exige uma abordagem integrada, que combine gestão adequada de riscos, priorização de ações, mecanismos financeiros adequados e governança coordenada, apostando na inovação para aprimorar esses instrumentos. O estudo destaca a importância de fortalecer a cooperação entre os setores público e privado para que a infraestrutura de transportes brasileira seja capaz de resistir e se recuperar rapidamente dos impactos climáticos, garantindo a competitividade e o desenvolvimento sustentável do país.

A Marsh McLennan Brasil agradece ao MoveInfra pela confiança e reafirma seu compromisso em contribuir com conhecimento, experiência e soluções que apoiem a construção de um futuro mais resiliente para a infraestrutura logística do Brasil. Estamos certos de que este estudo será um marco importante para orientar decisões estratégicas e fortalecer a agenda de adaptação climática no setor.

Eugênio Paschoal

Chairman Marsh McLennan Brasil





Sumário Executivo

Os impactos físicos das mudanças climáticas já estão se traduzindo em perdas econômicas e sociais no Brasil. As enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul — que provocaram prejuízos equivalentes a ~14% do PIB estadual — mostraram com clareza o que está em jogo: a infraestrutura logística brasileira está exposta, e essa exposição ameaça a competitividade, a integração territorial e a segurança de milhões de pessoas.

A resiliência climática da infraestrutura é, portanto, uma agenda de desenvolvimento e não apenas ambiental. É o passo necessário para que o país continue crescendo de forma sustentável, assegurando a continuidade dos serviços essenciais e reduzindo o custo fiscal e social dos desastres.

A construção de uma infraestrutura verdadeiramente resiliente requer investimento contínuo em adaptação (~1,2% do PIB até 2050 segundo o Banco Mundial), além de recursos, protocolos e capacidade operacional para lidar com situações de desastre, minimizando perdas e restabelecendo serviços rapidamente. Ou seja, adaptação requer coordenação, investimento e previsibilidade, três dimensões que o Brasil ainda precisa estruturar de forma integrada.

O Brasil já construiu a base institucional necessária para avançar nessa agenda. O Plano Clima 2024–2035 e seus planos setoriais e temáticos de adaptação estabeleceram as diretrizes para incorporar o risco climático ao planejamento público, à regulação e aos investimentos. A Taxonomia Sustentável Brasileira reforça esse movimento ao criar critérios objetivos para classificar projetos como resilientes e atrair capital público e privado para a transição.

Este estudo, encomendado pelo MoveInfra, movimento que reúne os maiores grupos empresariais do setor de infraestrutura de transportes, se insere nesse contexto, contribuindo em como transformar essa base em capacidade real de execução.

O estudo identifica as seguintes frentes prioritárias de ação:

1. Atuar em prevenção e em resposta.

- Integrar adaptação e gestão de desastres (conforme previsto nos planos de adaptação) dentro de uma estratégia unificada, garantindo que o país invista simultaneamente em prevenção (com infraestrutura mais robusta e protocolos de adaptação) e em resposta, com planos de emergência e mecanismos de reconstrução rápida.
- Planejar e agir de forma antecipada, incorporando a avaliação de risco climático em todas as etapas do ciclo de vida da infraestrutura.
- Fortalecer a preparação institucional, com planos de contingência e exercícios conjuntos entre Defesa Civil, agências reguladoras e operadores privados, assegurando continuidade mínima dos serviços essenciais durante crises.
- Reduzir o tempo de recuperação pós-desastre, com planos de reconstrução previamente definidos e mecanismos financeiros e regulatórios que permitam reconstruir rapidamente (p. ex., reequilíbrio cautelar) e com melhorias (p. ex., incentivos do setor de seguros que permitam melhorias para redução de riscos).

2. Planejar e priorizar com base em risco.

- Incorporar resiliência desde a concepção dos projetos via mapeamento granular de vulnerabilidades e dependências críticas, integração de dados climáticos e parâmetros técnicos.
- Priorizar o que tornar resiliente com análise multicritério, considerando perdas evitadas e ganhos de eficiência/competitividade e benefícios sociais diretos.
- Tornar obrigatório o mapeamento de vulnerabilidades em novos projetos e concessões, reduzindo assimetrias entre licitantes, melhorando a precificação dos riscos e fortalecendo a transparência nas decisões de investimento.

3. Aperfeiçoar mecanismos contratuais, alocação e compartilhamento de riscos.

Garantir que riscos climáticos e limites de compartilhamento estejam bem definidos na matriz de riscos.

- Especificar riscos ordinários (operacionais, considerando parâmetros e impactos climáticos esperados, alocados ao concessionário com gestão, manutenção e seguros), extraordinários (além dos parâmetros esperados; compartilhados com regra de reequilíbrio predefinida) e força maior (eventos excepcionais; suspensão de obrigações e recomposição extraordinária).
- Determinar o DMP (Dano Máximo Possível) e a PMP (Perda Máxima Provável), como parâmetros para licitantes, seguradoras e resseguradoras, permitindo o correto dimensionamento dos riscos envolvidos.
- Prever revisões para equilibrar incertezas climáticas (como parâmetros esperados, DMP/PMP e requisitos de cobertura) a cada 3–5 anos (aproveitando janelas contratuais usuais) com gatilhos para revisões extraordinárias.

Minimizar assimetrias entre licitantes, melhorar precificação de risco e dar transparência às decisões de investimento.

- Tornar obrigatório o mapeamento de vulnerabilidades e dependências críticas nos novos projetos e concessões, disponibilizando bases, métodos e premissas em *data room* climático padronizado entre agências.
- Estabelecer que os custos de adaptação e contingência (CAPEX e OPEX), alinhados à matriz de riscos, componham o plano de negócios.

Aperfeiçoar o compartilhamento de riscos para alocação conforme a capacidade de gestão de cada parte.

- Definir coberturas de seguro coerentes com a matriz, com limites e franquias calibrados pela DMP/ PMP; avaliar o uso de paramétricos.
- Reequilíbrio econômico-financeiro bem delimitado (cláusulas de caso fortuito/força maior, faixas de elegibilidade) para reduzir litígios e tempo de recomposição.
- Garantir interoperabilidade com planos técnicos: estabelecer, como anexos contratuais, Planos de Adaptação e Planos de Continuidade e Resposta a Emergências com conteúdo mínimo e formato interoperável (para consolidação setorial).

4. Fomentar pesquisa, desenvolvimento e inovação.

- Fortalecer a integração entre ciência, política e prática, conectando centros de pesquisa, agências reguladoras e operadores para transformar evidências científicas em parâmetros técnicos e decisões de política e investimento.
- Fomentar inovação aplicada em tecnologias de monitoramento, modelagem climática e Soluções Baseadas na Natureza (SbN), priorizando iniciativas com ganhos comprovados de custo e eficiência.
- Incentivar projetos-piloto e sandboxes regulatórios, permitindo testar e escalar soluções de adaptação e instrumentos de seguros (ILS, paramétricos, seguros com coberturas de melhorias) e financiamento com segurança jurídica e aprendizado regulatório.
- Promover cooperação internacional e transferência de conhecimento, aproveitando a experiência de países com políticas de adaptação consolidadas e o apoio de bancos multilaterais.

5. Garantir liquidez e mecanismos financeiros de resposta.

Setores público e privado:

- Assegurar uma estrutura adequada de seguros e garantias para manter o equilíbrio entre as partes e atrair investidores e financiadores.
- Seguir aprimorando o mecanismo de reequilíbrio cautelar.
- Testar seguro com cobertura de melhorias para reconstruir acima do padrão anterior.

Setor público (União, estados, municípios): estruturar camadas de liquidez para reduzir dependência orçamentária.

- Regulamentar o FUNCAP (autosseguro público).
- Considerar bonds de catástrofe e ILS que viabilizam entrada contingente de investimento estrangeiro em reconstruções com outros benefícios macroeconômicos.

6. Consolidar uma governança de resiliência nacional.

- Consolidar a coordenação sob o CIM e a governança do Plano Clima para abarcar a resiliência de infraestrutura ao longo de todo o ciclo de vida, com definição de infraestrutura crítica, níveis mínimos de serviço por corredor, prioridades e protocolos de resposta com papéis claros de Ministérios, Casa Civil, Defesa Civil e agências reguladoras.
- Implementar o SISMOI integrando dados de monitoramento públicos e privados (para planejamento, gestão e fiscalização) e dados de alerta (para resposta).
- Estabelecer grupos de trabalho intersetoriais, com mandato, cronograma para produzir produto definidos e entregar resultados práticos.
- Estabelecer conteúdo mínimo padronizado e revisão periódica dos Planos de Adaptação e dos Planos de Continuidade e Resposta a Emergências elaborados por concessionárias e operadoras.
- Tornar efetiva a exigência de Planos Municipais de Gestão de Riscos e Desastres com atualização regular, combinando incentivos e suporte técnico.
- Fortalecer a capacidade técnica, institucional e de execução de ministérios, agências e operadores, incluindo áreas especializadas, programas de capacitação, parcerias estratégicas e contratação ágil de consultorias especializadas para transferir conhecimento e suprir lacunas técnicas de forma eficiente.

É urgente criar um modelo de coordenação interinstitucional que integre planejamento, regulação e resposta. Ministérios, agências reguladoras e governos subnacionais precisam atuar sob o mesmo conjunto de métricas e protocolos. A integração entre Defesa Civil, reguladores e operadores privados é condição para encurtar o tempo entre desastre e retomada.

A implementação dessas frentes pode transformar o modo como o Brasil planeja, financia e opera sua infraestrutura. A resiliência precisa deixar de ser um tema de reação e passar a ser um critério de investimento.

Existe uma oportunidade concreta para o país: alinhar sua política de infraestrutura à agenda climática global e posicionar-se como líder regional em adaptação. Os custos de ação são expressivos — mas os custos de não agir são exponencialmente maiores. A janela para estruturar um modelo nacional de infraestrutura resiliente está aberta, e o tempo para aproveitá-la é agora.

Figura 1 – Interconexão entre modais logísticos e impactos decorrentes de riscos climáticos¹



Cada modal desempenha um papel específico na movimentação de pessoas e mercadorias, mas o funcionamento integrado do sistema depende de conexões fluidas entre eles. Quando um desses elos é comprometido, todo o sistema pode ser afetado.

Eventos climáticos extremos, como secas prolongadas ou inundações, evidenciam essa vulnerabilidade. Uma seca severa pode reduzir o nível dos rios, interrompendo o transporte hidroviário e sobrecarregando as rodovias e ferrovias. Da mesma forma, enchentes podem danificar estradas, pontes e trilhos, dificultando o acesso a portos e aeroportos. Esses impactos geram efeitos em cascata — atrasos na distribuição, aumento de custos logísticos, interrupções produtivas e desabastecimento regional.

Além dos danos diretos, os efeitos indiretos sobre a infraestrutura de transporte não podem ser desconsiderados. A quebra de safra, por exemplo, reduz o volume de cargas agrícolas transportadas, alterando a demanda logística e comprometendo a viabilidade econômica de determinadas rotas. Paralisações em indústrias, causadas por falta de insumos ou energia, interrompem fluxos de exportação e importação, reduzindo o uso de terminais portuários e modais de apoio. Esses impactos indiretos mostram que os riscos climáticos não afetam apenas as vias e estruturas físicas, mas também as estratégias comerciais dos negócios e, como consequência, a economia nacional.

¹ Marsh, 2025. Desenvolvido com exclusividade para o presente Estudo.



Conteúdo

1.Contexto.....	2
2. Riscos, resiliência e adaptação climática.....	4
Mecanismos de gestão de riscos e incertezas. Erro! Indicador não definido.	
Identificação de riscos e vulnerabilidades	4
Definição e priorização de ações	10
Planos de adaptação e ciclo de vida da infraestrutura	12
3. Redução e Gestão de Riscos e de Desastres.....	15
Governança.....	15
Resposta e recuperação	18
4.Mecanismos viabilizadores	19
Dados	19
Capacitação técnica	21
Pesquisa, desenvolvimento e inovação.....	22
Matriz e compartilhamento de riscos	24
Indicadores de performance	25
Papel das apólices de seguros	26
Financiamento.....	29
Financiamento pós desastres	31
Governança.....	34
5. Considerações Finais	37

1. Contexto

As enchentes de 2024 no Rio Grande do Sul deixaram claro que não basta apenas focar em medidas de adaptação. É preciso desenvolver medidas que tornem o país mais resiliente aos impactos das mudanças climáticas. Além da tragédia humana, os danos à infraestrutura logística e produtiva geraram perdas estimadas em R\$ 89 bilhões², valor equivalente a ~14% do PIB gaúcho de 2023³.

Um agravante é que, além do impacto inicial, os efeitos de eventos climáticos adversos são persistentes, afetando investimento, produtividade e crescimento futuro. Estudos acadêmicos mostram que a ausência de investimento em resiliência pode levar a uma redução de 5% a 10% no produto potencial, com efeitos mais severos em territórios mais vulneráveis.⁴

Descarbonizar continua essencial, pois é a forma mais econômica de limitar riscos futuros. No entanto, devido à inércia do sistema climático, impactos físicos ocorrerão independentemente do quanto se avance nas estratégias de transição. Adaptação se tornou indispensável como estratégia complementar.

O Brasil já iniciou um movimento institucional para responder a esse desafio. O Plano Clima 2024–2035, conduzido pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, aprovou planos setoriais e temáticos de adaptação, incluindo transportes, cidades e redução e gestão de riscos e de desastres⁵.

Como próximo passo, cada setor precisa detalhar seus planos de ação com metas, indicadores, custos e meios de implementação, além de consolidar as governanças de mitigação e adaptação e de alinhar execução a instrumentos de planejamento.

Traduzir esses planos em resultados concretos exige responder a perguntas-chave: quais medidas adotar, o que adaptar, até que ponto e em quais prazos. Para tanto, deve-se considerar vulnerabilidades atuais e futuras, incertezas associadas aos cenários climáticos, apetite a risco dos agentes públicos e privados, restrições orçamentárias e capacidade de execução.

Em paralelo, é necessário estruturar os elementos viabilizadores: sistemas de dados climáticos e de monitoramento; capacidade técnica e tecnológica; pesquisa e desenvolvimento; arranjos regulatórios e contratuais; mecanismos de incentivo econômico; e fontes de financiamento.

Por fim, a governança deve assegurar consistência, coordenação e continuidade, garantindo que as medidas de adaptação avancem do papel para a prática e resultem em resiliência efetiva.

Este estudo busca oferecer diretrizes que facilitem a transição para um setor de transportes mais resiliente às mudanças climáticas. No percurso da intenção à execução, o desenvolvimento dos Planos de Adaptação não é uma ação isolada. No setor de transportes, o Ministério dos Transportes (MT) e agências regulatórias já vêm operacionalizando a adaptação. Exemplos incluem o Programa de Sustentabilidade da ANTT (Resolução 6.057/2024), o novo “marco verde” do Ministério dos Transportes (Portaria 622/2024), e a atualização de regras de resposta a emergências da ANAC (RBAC 153 emenda 08).

² Cepal (ONU) e BID. [Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul](#). Acesso em 25 de setembro de 2025.

³ Governo do Rio Grande do Sul. [PIB gaúcho tem crescimento de 1,7% em 2023](#). Acesso em 25 de setembro de 2025.

⁴ Hong, Harrison et al, [Mitigating Disaster Risks in the Age of Climate Change](#). Acesso em 25 de setembro de 2025

⁵ Governo brasileiro. [Consulta Pública dos Planos Setoriais e Temáticos de Adaptação](#). Acesso em 25 de setembro de 2025.



Programa de Sustentabilidade da ANTT – Rodovias e Ferrovias

O Programa de Sustentabilidade lançado em 2024 pela ANTT funciona como um guarda-chuva regulatório para o setor rodoviário e ferroviário federal, estabelecendo um conjunto integrado de parâmetros, indicadores e incentivos para concessionárias e autorizatárias avançarem em adaptação e resiliência da infraestrutura, mitigação de emissões e governança socioambiental.

O Programa define Parâmetros e um Índice de Desenvolvimento da Sustentabilidade (PDS e IDS, respectivamente) que orientam a incorporação de critérios socioambientais e de resiliência nos contratos regulados, classificando em níveis de I a III. Esses parâmetros tornam-se obrigação das concessionárias, tanto para cumprimento contratual quanto para acesso a incentivos, como emissão de debêntures de infraestrutura, reequilíbrios e benefícios adicionais. O PDS 9 trata especificamente de adaptação e resiliência, prevendo o mapeamento de vulnerabilidades climáticas, a priorização de intervenções em ativos críticos (drenagens, taludes, pontes) e a calibração de cronogramas de manutenção e investimento segundo análises de custo-benefício.

O reequilíbrio econômico-financeiro funciona como incentivo já que admite até 2% de impacto tarifário para concessionários que se enquadrem ao Nível II, e prevê a incorporação de valores adicionais conforme as obrigações assumidas no Nível III.

Esse avanço coloca o Programa como um pilar de implementação do Plano Nacional de Adaptação no setor de transportes, mas também evidencia uma assimetria regulatória: concessões estaduais e outros modais fora da alçada da ANTT, como portos e aeroportos, não estão submetidos ao mesmo padrão, criando risco de fragmentação e necessidade de harmonização federativa.



Pacto da Sustentabilidade do Ministério de Portos e Aeroportos

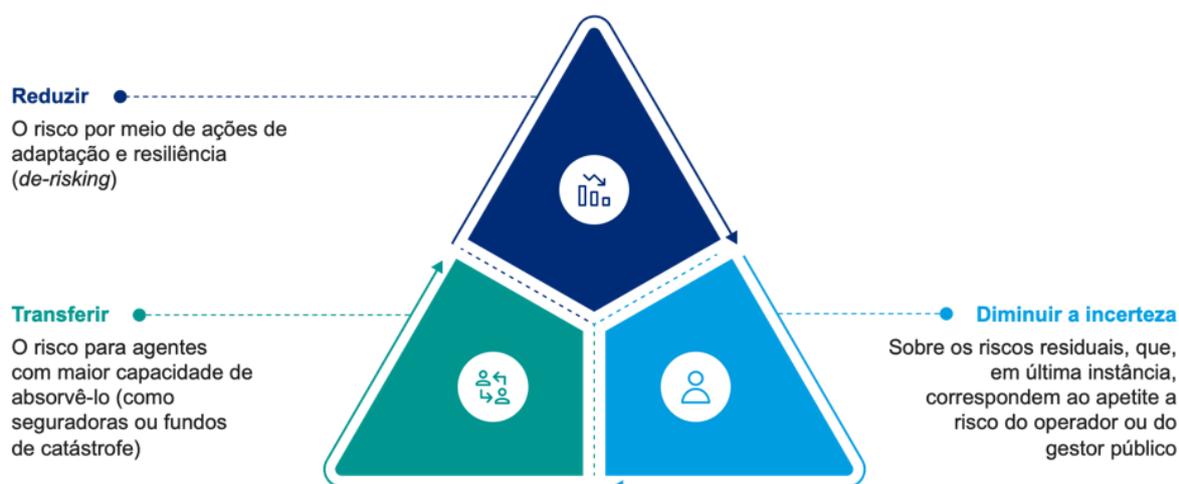
Em paralelo, foi recentemente lançado o Pacto pela Sustentabilidade, uma iniciativa para os modais de portos e aeroportos. Com adesão voluntária, as empresas são incentivadas a adotar ações de ESG, pelas quais podem receber selos de comprometimento. Seu foco está em métricas de mitigação e ESG, no entanto, há espaço para inclusão de medidas de adaptação, reforçando a visão de resiliência intra e intermodais.



2. Riscos, resiliência e adaptação climática

As mudanças climáticas alteram o perfil de risco da infraestrutura de transporte e, portanto, da economia como um todo, elevando o risco agregado e incorporando novos perigos para o negócio. A gestão adequada desse risco adicional começa por identificação e mensuração, que permitem reduzir e transferir o risco, além de diminuir a incerteza sobre os riscos residuais.

Figura 2.1 – Mecanismos de gestão de riscos e incertezas.



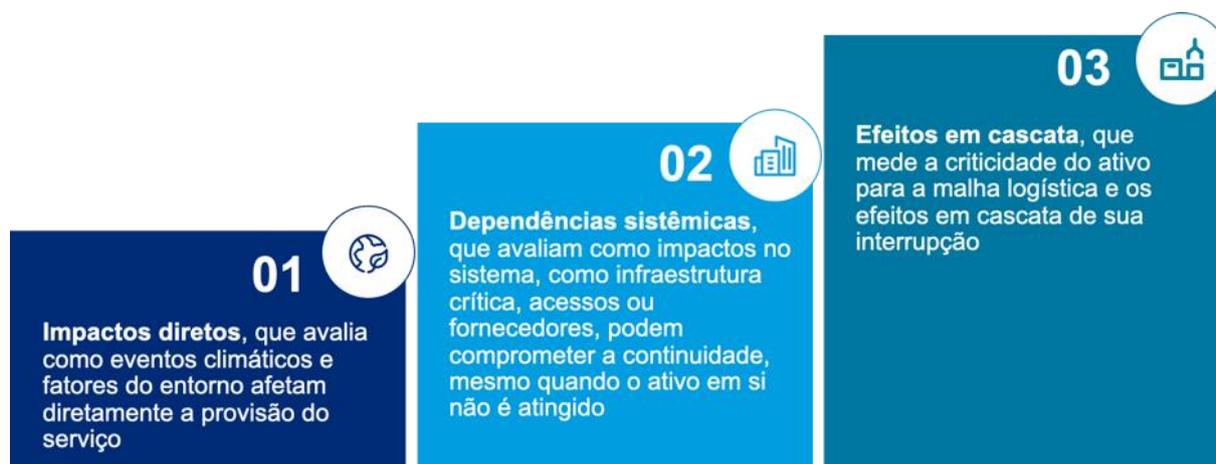
A incorporação de resiliência na infraestrutura precisa considerar todo o seu ciclo de vida e passa por três etapas básicas (Figura 2.1). A primeira é identificar as vulnerabilidades e os potenciais efeitos em cascata. A segunda requer definir, priorizar e implementar medidas estruturais e não estruturais. Por último, é necessário garantir mecanismos viabilizadores que sustentem essas escolhas ao longo do ciclo de vida dos ativos.

Ainda assim, sempre haverá um risco residual que as medidas de adaptação e resiliência não conseguem absorver. Com as mudanças climáticas, espera-se eventos extremos mais frequentes e severos, tornando indispensável uma gestão de riscos de desastres eficaz para minimizar seus impactos.

Identificação de riscos e vulnerabilidades

A análise de riscos climáticos precisa combinar três dimensões complementares (Figura 2.2). Nesse contexto, é útil diferenciar conceitos de resiliência e adaptação. Resiliência significa a capacidade de manter a continuidade do serviço, mesmo diante de choques ou mudanças graduais de padrão, enquanto as ações de adaptação são as medidas concretas, estruturais ou não estruturais, que permitem reduzir vulnerabilidades e preservar essa continuidade.

Figura 2.2 – Dimensões relevantes para a análise de riscos climáticos.

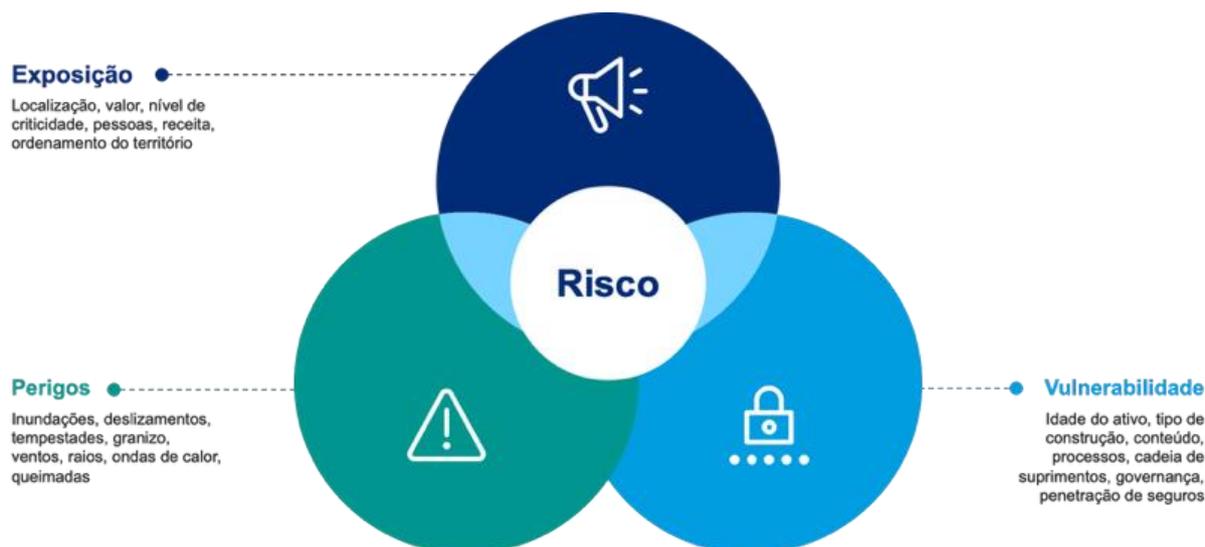


Impactos Diretos

A primeira etapa de uma estratégia de adaptação é o mapeamento dos riscos e impactos potenciais. Isso envolve identificar os perigos climáticos já incidentes em cada modal, projetar os impactos esperados em diferentes cenários futuros, localizar os pontos críticos da rede e reconhecer as vulnerabilidades mais relevantes — tanto do ativo em si quanto do seu entorno.

O impacto de um evento climático não depende apenas de sua severidade. Ele resulta da interação entre os perigos e o nível de exposição (infraestruturas, população, atividades econômicas, uso e ocupação do solo), modulada por fatores de vulnerabilidade estruturais (físicos, institucionais e sociais) que determinam a capacidade de absorção e resposta (Figura 2.3). Conhecer e avaliar esses fatores de forma integrada é essencial para proteger comunidades, ativos e operações e para traçar uma gestão adequada de emergências e resposta a desastres.

Figura 2.3 – Diagrama com os elementos do risco.



O mapeamento precisa ser granular e diferenciar riscos agudos e riscos crônicos (Tabela 2.2). Cada tipo traz implicações distintas — operacionais, contratuais e financeiras — para a infraestrutura de transportes.

Tabela 2.2 – Riscos crônicos vs riscos agudos.

Tipo de risco	Características	Exemplos	Ações exigidas
Crônicos	Mudanças contínuas e cumulativas que alteram a linha de base e aumentam sua probabilidade de obsolescência de ativos não adaptados	Aumento gradual da temperatura média, elevação do nível do mar, alteração do regime de chuvas/ estiagens	Monitoramento contínuo, normas técnicas que reflitam cenários de evolução climática
Agudos	Ocorrências que derrubam a funcionalidade de forma abrupta com potencial para causar desastres e efeitos em cascata	Inundações, deslizamentos, tempestades, vendavas, raios, ondas de calor, queimadas	Ações acima mais sistemas de alerta, prontidão, protocolos de resposta, continuidade e contingência, acesso a liquidez

Consequentemente, a análise deve ser territorializada. Risco e vulnerabilidade só podem ser compreendidos à luz das especificidades locais de exposição e capacidade adaptativa. Da mesma forma, a solução adequada depende do contexto físico e socioeconômico de cada local.

Uma forma de realizar esse mapeamento é por meio de análises de cenários que combinem projeções futuras e lições aprendidas de eventos passados. Muitas vezes, o que não ocorreu em um ativo já aconteceu em outro e esse aprendizado deve ser incorporado para antecipar vulnerabilidades e reduzir riscos. Esse processo abre espaço de diálogo com comunidades e demais partes envolvidas, enquanto a devolutiva ao poder público consolida evidências para orientar planos de ação, além de permitir uma leitura mais precisa do perfil de riscos setoriais.

O desafio é ainda maior porque a infraestrutura é um investimento de longo prazo. Obras concebidas hoje terão vida útil de décadas e precisarão operar em um clima que já não será o mesmo do passado. Decisões baseadas apenas em séries históricas ampliam o risco de subestimar impactos e gerar ativos obsoletos. Integrar cenários climáticos futuros e suas incertezas é uma forma de reduzir perdas e custos de reconstrução no futuro.⁶

Principais riscos no Brasil

O setor de transportes no Brasil já começou a construir uma base concreta de conhecimento sobre riscos climáticos físicos. Estudos como o AdaptaVias, os levantamentos da ANTAQ e o Plano Setorial de Adaptação de Transportes são exemplos de iniciativas que buscam compreender a exposição da infraestrutura logística e mapear pontos críticos.

Empresas concessionárias e operadoras também vêm avançando em análises granulares, avaliando os riscos quilômetro a quilômetro. O mapeamento de riscos e impactos é um trabalho multidisciplinar que requer dados (como incidência de eventos climáticos), conhecimento técnico (cenários e operações) e engajamento interno. Operadoras se baseiam principalmente em dados proprietários e no engajamento com os times locais, além do apoio de consultorias especializadas.

Essa abordagem precisa ser ampliada a todo o setor: quanto melhor e mais granular for a identificação e mensuração do risco, mais robusta será a capacidade de gestão, menor será a incerteza sobre o risco residual e mais sólido será o perfil de risco da infraestrutura brasileira diante das mudanças climáticas.

A Tabela 2.1 sintetiza os principais riscos climáticos que afetam a infraestrutura de transporte logístico que afeta todos os modais, distinguindo perigos agudos (eventos extremos) e crônicos (tendências de longo-prazo).

⁶ WWF-Brasil e Unterstell, N. (Fórum Brasileiro de Mudanças do Clima (FBMC), [Guia Prático para Decisões sobre Infraestrutura considerando riscos climáticos](#). Acesso em: 25 de setembro de 2025.

Tabela 2.1 – Riscos climáticos potenciais para todos os modais.⁷

RISCOS	
Agudos	
Secas e Inundações	Maior ou menor frequência e intensidade de precipitação levando a: aumento da vazão do rio, enchentes, deslizamentos de encostas e movimentações de terra; ou diminuição do volume de água
Tempestades tropicais	Mudanças nos regimes de vento e temperaturas da superfície do mar têm o potencial de aumentar a velocidade do vento e a intensidade dos furacões/tufões, causando vendavais, inundações repentinas, deslocamento e danos estruturais
Incêndios e Queimadas	Aumento da incidência de clima indutor de incêndio devido à confluência de dias com temperaturas mais altas, velocidades do vento e condições mais secas, causando incêndios, queimadas e fumaça
Crônicos	
Estresse hídrico	A demanda por água segura e utilizável excede a oferta. O déficit impede atividades corriqueiras e inviabiliza operações com demanda hídrica
Aumento do nível do mar	O aumento do nível do mar, as marés altas, os movimentos verticais de terra e as tempestades resultam em uma maior incidência de eventos de inundação costeira. A água pode invadir áreas permanentemente ou causar danos irreversíveis na costa e nas infraestruturas beira-mar
Aumento crônico da temperatura	Temperatura elevada, umidade e os efeitos das ilhas de calor urbanas resultam em aumento do estresse térmico, impedindo atividades humanas e provocando danos à máquinas e infraestruturas pelo calor excessivo nos materiais



Dependências sistêmicas

A provisão do serviço também pode sofrer por efeitos em cascata mesmo que o ativo esteja íntegro. Um plano de ação de resiliência completo precisa, portanto, considerar elementos que vão além do nível do ativo que está sob controle do operador, conforme a Figura 2.4.

O desafio vai além da necessidade de planejamento sobre a robustez física das infraestruturas, uma vez que a flexibilidade operacional e a capacidade de resposta rápida a eventos adversos são decisivas para minimizar os impactos. Para isso é fundamental desenvolver estratégias que antecipem as interdependências entre os diferentes modais e setores, garantindo a redundância dos fluxos logísticos.

⁷ Adaptado pela Marsh McLennan a partir da taxonomia TCFD, dos Planos de Adaptação Setoriais, do estudo AdaptaVias e do estudo da ANTAQ.

Figura 2.4 – Dependências sistêmicas⁸.

Clientes: como clientes podem ser afetados e demandar mudanças na estratégia de atendimento para novas condições de mercado.

Fornecedores: como fornecedores críticos podem ser impactados por eventos climáticos e quais alternativas de contingência devem ser previstas.

Infraestrutura crítica: riscos associados a energia, telecomunicações ou outros serviços dos quais a operação depende e quais as alternativas de contingência nessas relações.

Recursos e serviços ecossistêmicos: dependências de recursos hídricos e outros serviços ecossistêmicos que sustentam a operação.

Governo e reguladores: impactos de políticas públicas, regulações, exigências contratuais ou mudanças sociais.

Comunidades: vulnerabilidade das comunidades do entorno e estratégias para aumentar sua resiliência.

Provedores de capital: como investidores e seguradoras são afetados e de que forma alinhar expectativas de financiamento e de transferência de risco.



Vulnerabilidades fora da zona de controle das concessionárias

Estudos recentes já identificaram pontos críticos de vulnerabilidade que exigem ação prioritária: por exemplo, taludes instáveis em trechos de ferrovia de serra, rodovias urbanas com drenagem insuficiente em áreas sujeitas a alagamentos, hidrovias amazônicas com calado reduzido em períodos de seca extrema e portos costeiros expostos a ressacas e marés mais altas.

Um dos desafios identificados é que muitos fatores de risco estão fora da zona de controle direto das concessionárias e operadoras. Isso cria vulnerabilidades que, embora impactem diretamente a continuidade do serviço, não podem ser resolvidas unilateralmente pelas empresas.

Nas rodovias, por exemplo, barragens irregulares alteram regimes hídricos, elevando o risco de alagamentos e erosões em trechos da malha viária. As concessionárias identificam o problema e sofrem as consequências operacionais, mas não têm poder para intervir em áreas fora da faixa de domínio ou de responsabilidade contratual.

Situação semelhante ocorre nas hidrovias. Empresas que operam na bacia do rio Paraná–Paraguai já mapearam pontos críticos que exigem dragagem para manter a navegabilidade. No lado paraguaio, as obras foram realizadas em parceria com o governo, garantindo a continuidade do fluxo. No Brasil, contudo, essas intervenções dependem exclusivamente da ação governamental, o que pode se tornar um gargalo para toda a logística hidroviária da região.

Esses casos evidenciam a necessidade de mecanismos institucionais de feedback e planos de ação compartilhados entre governo e operadores. Se o risco ultrapassa a zona de controle da concessionária, deve existir um canal formal de reporte, avaliação e resposta governamental. Sem esse arranjo, gargalos críticos podem persistir, comprometendo a resiliência sistêmica da infraestrutura e a viabilidade da concessão ao impactar seus resultados, além de elevar custos para a economia.

⁸ Adaptado do [framework de adaptação da Marsh](#).

Efeitos em cascata

Eventos climáticos extremos geram reações em cadeia que vão além dos danos físicos imediatos, afetando a eficiência, segurança e continuidade das operações das concessões. Essas consequências reverberam por toda a cadeia logística, causando atrasos, aumento de custos, sobrecarga de modais alternativos, maior risco de acidentes e perdas de receita.

O sistema logístico é uma rede interdependente, em que a falha de um nó pode paralisar fluxos econômicos ou comprometer serviços vitais. Parte desses pontos já emerge no mapeamento de dependências sistêmicas, mas a análise de efeitos em cascata amplia o olhar, avaliando a criticidade de cada ativo e a propagação de sua interrupção. Evidenciar esses gargalos é essencial para reduzir incertezas, orientar prioridades de adaptação e gerar pressão por respostas institucionais, além de fornecer insumos para os planos de gestão de desastres (abordados na seção 3).

Diferentemente das dependências sistêmicas, que podem ser mapeadas diretamente pelas concessionárias em sua esfera de controle, a análise de efeitos em cascata exige uma visão pública e intersetorial. Ela deve abranger tanto serviços essenciais para a sociedade quanto pontos críticos da logística cotidiana, cuja interrupção pode gerar impactos desproporcionais em cadeias produtivas e fluxos de exportação.

Esse diagnóstico deve se apoiar em estudos de dependência realizados por operadoras, mas cabe ao poder público consolidar a análise sistêmica, articulando diferentes setores e incorporando a dimensão comunitária. O resultado é um mapa de nós críticos que orienta prioridades de investimento, protocolos de contingência e planos de gestão de desastres.

Em termos práticos, isso requer definir o que é um “serviço crítico” em cada corredor (ex.: escoamento de mercadorias, abastecimento urbano, insumos hospitalares) e estabelecer níveis mínimos de serviço para esses fluxos como tempo máximo de interrupção e metas de recuperação. O objetivo não é blindar cada ativo, mas assegurar que a malha continue entregando o essencial com rotas alternativas, capacidade mínima garantida e tempos de restabelecimento previsíveis.

O primeiro passo é mapear interdependências identificando vulnerabilidades. Portos, aeroportos, rodovias e ferrovias dependem de energia, dados, água, acessos locais, mão de obra e serviços ecossistêmicos. A falha em qualquer elo pode derrubar o nível de serviço, mesmo que os ativos principais não tenham sofrido dano físico. Mapas de dependência deixam explícitos “pontos únicos de falha” (subestações, pontes, entroncamentos, acessos urbanos) e ajudam a separar o que é perda por dano ao ativo daquilo que é perda por efeitos em cascata.

Com as interdependências à vista, vêm os *hotspots* e gargalos. Sobrepor perigos climáticos (inundações, ressacas, deslizamentos, xcalor extremo, queimadas, secas) à criticidade da rede permite identificar nós e enlaces cujo colapso desarticula a cadeia inteira. Esses pontos devem receber metas mais ambiciosas de manutenção do nível de serviço e protocolos específicos de operação em contingência (ex.: redução programada de velocidade, comboios, “janelas” de navegação ou calado dinâmico).

A partir daí, define-se nível mínimo de serviço por corredor: capacidade e confiabilidade que devem ser mantidas mesmo sob os efeitos de um evento extremo. Esses níveis se traduzem em gatilhos operacionais claros (quando desviar fluxo; quando acionar comboios; quando reduzir calado; quando priorizar cargas essenciais) e em KPIs de continuidade (tempo para restabelecer o serviço (TTR), área de perda de funcionalidade, filas máximas, cumprimento de janelas) que devem ser alimentados por monitoramento de indicadores adequados em tempo quase real.

Por fim, a redundância confere resiliência à rede. Isso inclui rotas de desvio previamente homologadas, acordos de intermodalidade (rodovia-ferrovia-cabotagem-hidrovia) com regras de acionamento, pátios de transbordo e estocagem temporária, e ativos móveis ou temporários (pontes modulares, sinalização e comunicação redundantes). Redundância é o desenho deliberado de alternativas para que a curva de recuperação seja mais íngreme e curta.

Resiliência e sustentabilidade na manutenção e navegabilidade das hidrovias

Desde o 1º Plano Geral de Outorgas Hidroviário (2023) há grandes oportunidades para a exploração de vias navegáveis por meio de concessão ou de licitação, reforçando o modal logístico no Brasil. O concessionário terá obrigações de tornar as vias navegáveis de forma mais permanente, adotando ações como dragagem, sinalização e monitoramento. Ainda fora deste modelo as empresas que atuam na logística hidroviária dependem igualmente dessas práticas, porém sem a previsibilidade desses serviços que são de responsabilidade pública.

A prática de dragagem, fundamental para garantir a navegabilidade dos canais portuários e hidroviários, enfrenta desafios significativos tanto do ponto de vista financeiro quanto ambiental. Do setor público, há limitações orçamentárias e dificuldades na implementação de ações de manutenção de longo prazo, agravadas por processos burocráticos e questões ambientais que exigem estudos rigorosos. Do lado privado, a dependência de canais navegáveis seguros impulsiona investimentos, mas a insuficiência de recursos públicos e a insegurança jurídica dificultam parcerias eficazes, aumentando os riscos operacionais, a dependência de ações de órgãos públicos e a desigualdade regional na infraestrutura logística.

Além das questões econômicas, os impactos ambientais da dragagem representam um ponto crítico para a resiliência do sistema. A remoção de sedimentos pode liberar poluentes, alterar habitats naturais, causar sedimentação indesejada e gerar emissões de gases de efeito estufa. A dependência contínua dessa prática, sem uma abordagem sustentável, acarreta um efeito cumulativo de impactos ambientais que fragilizam a capacidade de recuperação natural dos ecossistemas, tornando-os mais vulneráveis a eventos extremos, aumentando os custos de manutenção e reduzindo a resiliência do sistema portuário e hidroviário ao longo do tempo.

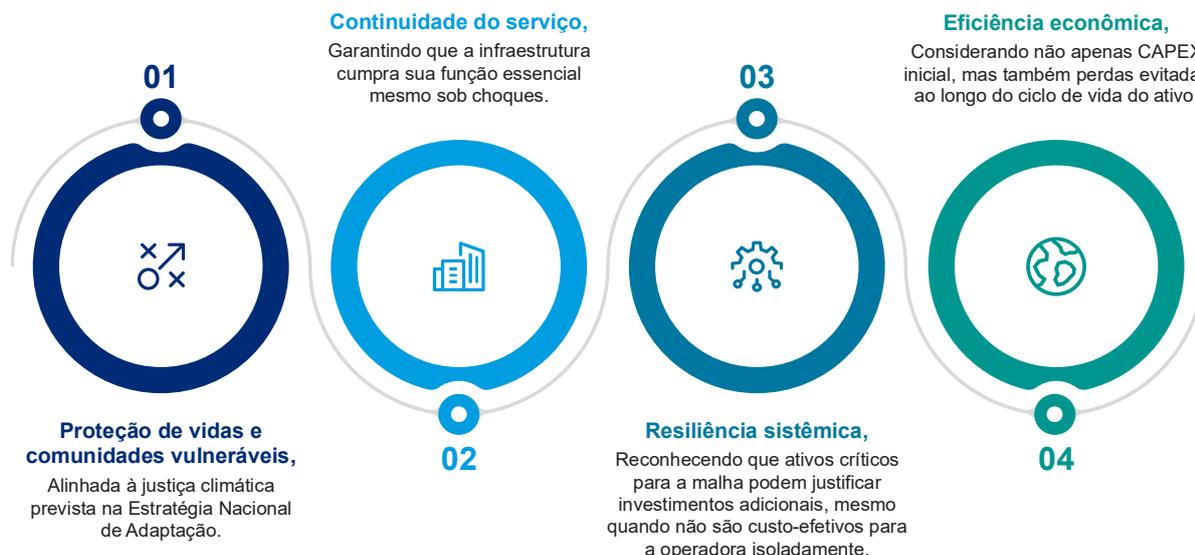
Para promover uma infraestrutura mais resiliente, é imprescindível adotar estratégias integradas que envolvam restauração ecológica e planejamento de longo prazo, como uso SbN para proteger e recuperar a vegetação de áreas de mananciais e matas ciliares para diminuir o assoreamento. Tornar a infraestrutura sensível aos processos naturais hidrológicos e biológicos é o caminho para garantir essa resiliência, planejando uma infraestrutura que dialogue com o entorno, expandindo o horizonte do projeto até que alcance o nível do sistema da bacia hidrográfica. Essas ações visam não apenas reduzir a dependência de dragagens frequentes, mas também fortalecer a capacidade de adaptação do sistema frente às mudanças ambientais, garantindo a sustentabilidade econômica e ambiental do setor no futuro. Desde o processo de licitação as novas concessões de hidrovias devem levar em conta os riscos associados a processos existentes e o potencial de resiliência de novas metodologias.

Definição e priorização de ações

Existe um portfólio amplo de medidas de adaptação que incluem medidas estruturais, como reforçar ativos críticos (*hardening*), adotar soluções seguras para falhar (*safe-to-fail*) que permitem reconstrução rápida a menor custo, e medidas não estruturais, como protocolos de parada, ajuste de horários de trabalho e sistemas de monitoramento. Projetos de vida útil longa devem incorporar cenários futuros e suas incertezas, além de prever revisões e upgrades programados.

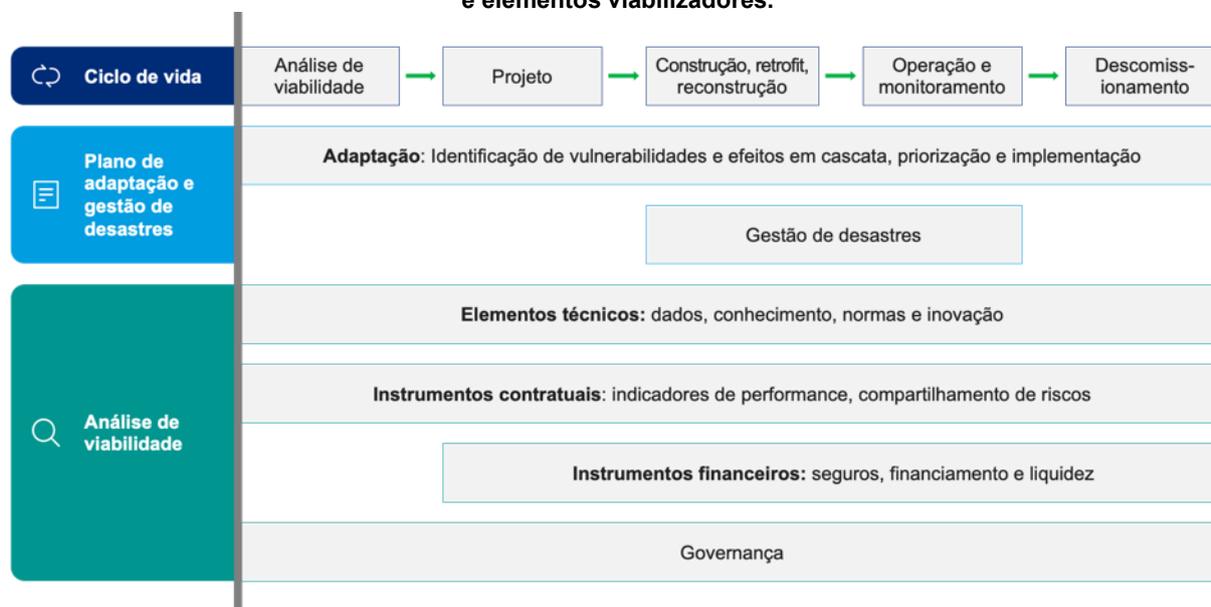
No entanto, ainda que adaptar seja geralmente menos custoso que reconstruir, nem tudo precisa ser adaptado. Dentro de um contexto de restrição orçamentária e de execução, o processo de priorização será chave. Essa avaliação precisa ser multicritério, indo além do custo-benefício tradicional, com alguns princípios devem guiar as escolhas apresentados na Figura 2.5.

Figura 2.5 – Princípios para avaliação multicritério para adaptação.



Assim, a decisão do que e como adaptar deve integrar tanto as perspectivas do operador e da sociedade. Ainda que não haja racionalidade econômica imediata para o concessionário, pode haver justificativa de interesse público para que o governo promova ou incentive adaptações. Em países expostos a riscos extremos recorrentes, como Chile e Colômbia, é comum adotar políticas de *build back better*, aproveitar a reconstrução pós-desastre para elevar padrões técnicos e reduzir vulnerabilidades.

Figura 2.6 – Ciclo de vida, etapas dos planos de adaptação e de gestão de desastres e elementos viabilizadores.



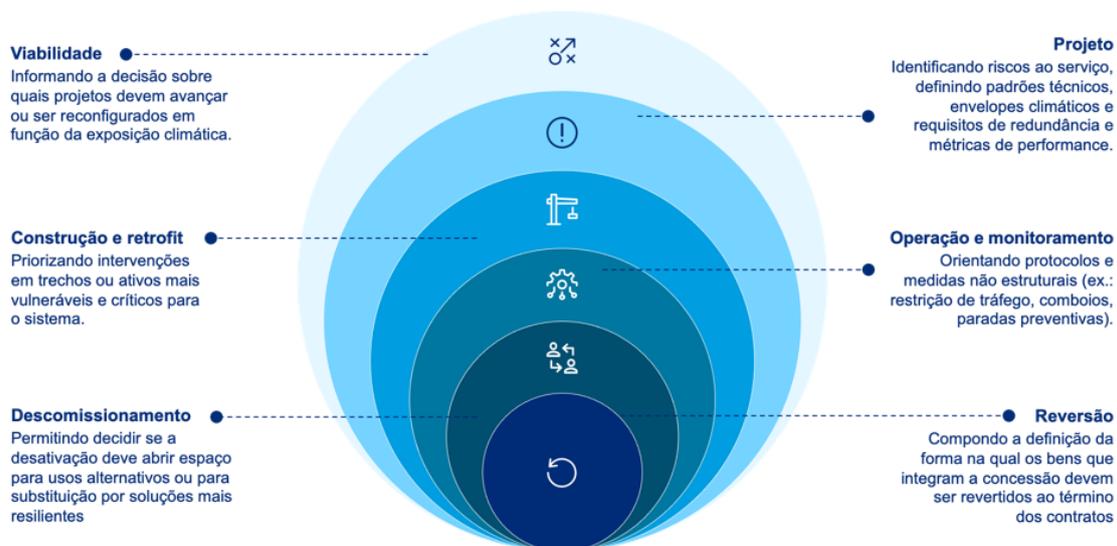
Seguindo os blocos apresentados na Figura 2.6, as próximas seções deste estudo objetivam apresentar mais detalhes sobre a construção de um plano de adaptação. A seção 3 está focada em riscos residuais e nos elementos necessários para gestão de desastres, enquanto a seção 4 traz os elementos viabilizadores da adaptação.

Planos de adaptação e ciclo de vida da infraestrutura

Considerando o ciclo de vida da infraestrutura, esse diagnóstico deve ser iniciado ainda na fase de concepção e viabilidade técnico-econômica e aprofundado na fase de projetos. No caso de concessões, mapear os riscos climáticos antes do ativo ir a mercado, minimiza assimetrias entre os participantes, evitando que os mais realistas e conservadores sejam penalizados. Isso também garante que o tema esteja refletido no plano de negócios. Se não for incorporada desde o início, a incerteza será carregada ao longo do contrato.

Para ativos e contratos já existentes, mapeamentos seguidos de planos de ação devem ser incorporados ao planejamento das operadoras em linha com o Plano de Adaptação. A preparação dos planos deve seguir padrões mínimos e comparáveis para garantir aplicabilidade no processo de mitigação de riscos. Esses critérios precisam ser refletidos de forma explícita durante todas as etapas do ciclo de vida da infraestrutura (Figura 2.8).

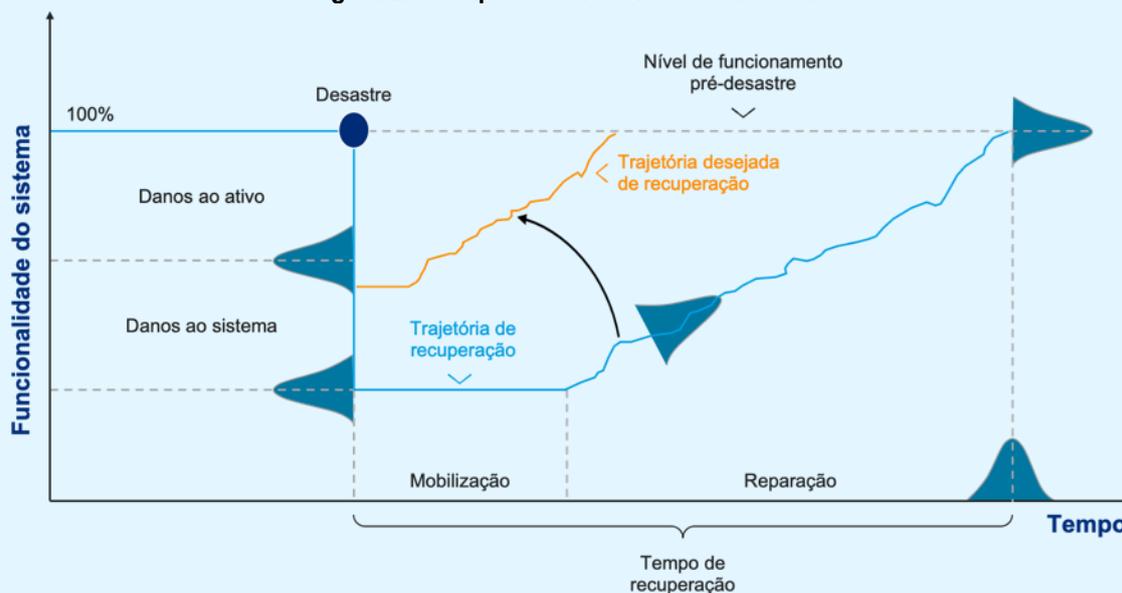
Figura 2.8 – Relevância da adaptação em todo o ciclo de vida da infraestrutura.



O “bônus de resiliência”

A Figura 2.7 ilustra que eventos climáticos podem causar queda imediata de funcionalidade devido a impacto ao ativo e/ou impacto ao entorno (ou sistema). Diante de um evento extremo, a funcionalidade se perde por danos aos ativos e por impactos sistêmicos (clientes, infraestrutura crítica, pessoal e demais interdependências). O evento demanda uma resposta emergencial imediata (mobilização), seguida de um período de reconstrução que permita retomar o nível pré-desastre. A gestão da resiliência busca encurtar essa trajetória, reduzir os danos iniciais, acelerar a mobilização e concluir a reparação com mais rapidez e menor custo.

Figura 2.7 – Impactos e bônus de resiliência.⁹



Nota: existe uma incerteza em cada um dos componentes do gráfico. Essa incerteza é representada pelas curvas de distribuição normal (em roxo).

Quanto mais adaptado for o sistema, menor o impacto inicial, e quanto maior for sua resiliência, mais rápido será o retorno aos níveis iniciais de funcionalidade. Isso aparece como uma trajetória de recuperação mais íngreme e mais curta, a trajetória desejada de recuperação. A diferença entre a trajetória observada e desejada é o “bônus da resiliência”: menor perda de funcionalidade acumulada ao longo do tempo e menor custo total de recuperação.

Soluções Baseadas na Natureza (SbN) no contexto de infraestrutura de transporte

Soluções Baseadas na Natureza (SbN) no contexto de infraestrutura de transporte são estratégias de planejamento, construção e operação de sistemas de transporte que utilizam processos, elementos e serviços ecossistêmicos como parte integrante da solução, em vez de depender exclusivamente de obras de engenharia convencionais.

A lógica é aliar engenharia com processos naturais e investimentos que contribuam para as metas de mitigação e de adaptação simultaneamente, aproveitando a capacidade da natureza de absorver choques, regular fluxos e oferecer benefícios sociais e ambientais, sequestrando carbono, reduzindo custos e emissões das atividades de construção e manutenção, enquanto aumentam a resiliência das infraestruturas de transporte frente a riscos climáticos e ambientais.

⁹ Strengthening Governance for Resilience of Infrastructure, Prof. Ravi Sinha (CDRI).

Tabela 2.3 – Exemplos de aplicação de SbN em infraestrutura e mobilidade.

			
<p>Gestão de drenagem urbana em rodovias e ferrovias</p>	<p>Proteção de infraestruturas contra desastres naturais</p>	<p>Melhoria do microclima e aumento da captura de carbono</p>	<p>Soluções híbridas</p>
<p>Uso de bacias de retenção vegetadas, áreas alagáveis e úmidas construídas para controlar o escoamento de águas pluviais, reduzindo enchentes e sobrecarga de sistemas de drenagem.</p> <p>Substituição ou complementando galerias e canais de concreto.</p>	<p>Recuperação de manguezais, restingas e dunas para proteger portos, rodovias costeiras e ferrovias contra erosão, ressacas e elevação do nível do mar.</p> <p>Recuperação de faixas de vegetação ciliar para conter erosões próximas a rios com objetivo de promover a melhoria da quantidade e qualidade da água nos cursos hídricos diminuindo riscos de enchentes e de secas.</p>	<p>A recuperação de áreas degradadas com espécies nativas ou o plantio de vegetação de forma associada com as obras viárias, terminais de transporte ou pátios ferroviários além de sequestrar carbono, reduzem a poluição do ar, criam um microclima mais ameno e podem ser associadas com soluções de proteção contra eventos climáticos.</p>	<p>Combinação de engenharia cinza (diques, contenções, passarelas) com elementos verdes (florestas urbanas, jardins de chuva, bioengenharia de taludes) para aumentar a resiliência e reduzir custos de manutenção.</p>

No Brasil, já existem experiências pontuais de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) aplicadas à infraestrutura de transporte. Existem, entretanto, gargalos institucionais, técnicos e financeiros que impedem que sejam adotadas de forma ampla e estruturada.

Para que as SbN passem do status de “projetos pilotos” e se tornem um padrão nas obras de infraestrutura e mobilidade, é necessário modernizar normas, formar equipes multidisciplinares, gerar evidências econômicas, criar mecanismos de financiamento verdes, integrar setores e mudar a percepção cultural.

Tabela 2.4 – Possibilidades de evolução de SbN a partir dos desafios identificados.

Ponto de Evolução	Desafio	Caminho de Melhoria
 <p>Marcos regulatórios e normativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ainda predominam normas de engenharia que priorizam a “infraestrutura cinza” (canalizações, muros de contenção, galerias de concreto). Reguladores e agências de transporte ainda não possuem metodologias padronizadas para avaliar e aprovar soluções híbridas (engenharia + natureza). 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporação de SbN em códigos de obras, planos diretores, normas técnicas e guias de licenciamento ambiental.
 <p>Capacitação técnica e multidisciplinaridade</p>	<ul style="list-style-type: none"> Falta capacitação em órgãos públicos e concessionárias para incluir SbN desde o planejamento até a operação. Engenheiros civis, urbanistas e projetistas de transporte ainda têm pouca formação em ecologia aplicada, bioengenharia de solos, manejo de bacias hidrográficas. 	<ul style="list-style-type: none"> Formar equipes interdisciplinares (engenharia + biologia + geografia + arquitetura paisagística). Incluir novas tecnologias em currículos acadêmicos e cursos gratuitos (exemplo: plataforma do MMA).
 <p>Evidências econômicas e métricas de desempenho</p>	<ul style="list-style-type: none"> Muitos gestores ainda veem SbN como “custos adicionais” e não como investimentos que reduzem riscos e manutenção. Isso se deve, em parte, a uma carência de indicadores de custo-benefício, desempenho e monitoramento que provem a eficácia dessas soluções em longo prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecer um banco de dados de casos concretos mostrando redução de enchentes, menor custo de manutenção, prolongamento da vida útil de obras etc. poderia apoiar na superação dessa lacuna.
 <p>Mecanismos de financiamento e incentivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Os modelos de concessão e PPPs de infraestrutura geralmente não preveem SbN como parte obrigatória dos projetos. Existe uma limitada inclusão de critérios verdes nos editais de licitação e financiamentos públicos para concessões no setor com o objetivo de adaptação climática (BNDES, Caixa, fundos internacionais). 	<ul style="list-style-type: none"> Revisão de contratos existentes e cláusulas especiais em novos contratos. Incentivos fiscais ou créditos de carbono poderiam estimular a adoção de SbN em projetos de transporte.
 <p>Governança e integração setorial</p>	<ul style="list-style-type: none"> SbN exigem planejamento territorial integrado (meio ambiente + transportes + urbanismo + defesa civil), porém, atualmente, cada setor trabalha de forma isolada, o que dificulta a implementação de soluções baseadas em ecossistemas. 	<ul style="list-style-type: none"> Uma visão transversal entre as diferentes políticas públicas nacionais relacionadas com transporte, alinhada aos planos de adaptação climática e de resiliência urbana, apoiaria na integração setorial.
 <p>Cultura e percepção social</p>	<ul style="list-style-type: none"> A sociedade ainda associa “infraestrutura moderna” a concreto, grandes viadutos e canalizações enquanto SbN muitas vezes são vistas como “soluções frágeis ou provisórias”, embora no longo prazo possam ser mais eficazes. 	<ul style="list-style-type: none"> É preciso fortalecer comunicação, participação comunitária e sensibilização para que a população perceba o valor da natureza para uma infraestrutura de transporte resiliente.

3. Redução e Gestão de Riscos e de Desastres

A política nacional já prevê a necessidade de preparação e resposta a desastres como parte central da adaptação. O Plano Clima 2024–2035 e o Plano Temático de Adaptação de Redução e Gestão de Riscos e de Desastres (RGRD) indicam que, mesmo com avanços em adaptação, sempre haverá risco residual. As mudanças climáticas ampliam a frequência e a severidade dos eventos extremos, exigindo uma gestão de desastres efetiva capaz de reduzir danos, preservar vidas e garantir continuidade dos serviços essenciais.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC, Lei 12.608/2012) já estabelece as bases para prevenção, preparação, resposta e recuperação. No entanto, a aplicação no setor de transportes ainda é fragmentada. Faltam protocolos interinstitucionais testados, integração de dados climáticos e operacionais em tempo real, e alinhamento entre planos setoriais e de Defesa Civil. Essa lacuna reduz a agilidade da resposta e aumenta os custos sociais e econômicos.

O Plano Temático de Adaptação de RGRD destaca três eixos principais: (i) integrar cenários climáticos e métricas de resiliência no planejamento e orçamento; (ii) fortalecer governança multissetorial, com papéis claros para União, estados, municípios, concessionárias e sociedade civil; (iii) ampliar monitoramento e alerta precoce, incorporando dados meteorológicos, hidrológicos e geotécnicos às rotinas de operação.

Governança

Uma articulação capaz de responder a esse cenário se traduz em um ecossistema institucional para a gestão de catástrofes, através de uma rede interconectada de órgãos públicos, sociedade civil, setor privado e comunidades que colaboram para reduzir riscos, preparar-se para desastres, responder eficazmente e recuperar-se dos impactos.

Esse sistema é baseado em princípios de descentralização, participação social e ação intersetorial, porém com forte coordenação central para garantir uma resposta coordenada e resiliente, alinhada a marcos internacionais como o Acordo de Paris, o **Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres** e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, dos quais o Brasil é signatário.¹⁰ Essa coordenação deve integrar os demais planos, regulações e instrumentos locais, de forma que os esforços sejam direcionados no mesmo sentido e seguindo boas práticas pré-estabelecidas.

Marco de Sendai para Redução de Riscos de Desastres

O Marco de Sendai é um plano de ação global adotado pela ONU em 2015 para reduzir os riscos e perdas de desastres até 2030, com o objetivo de aumentar a resiliência a desastres. Ele é implementado no Brasil por meio de diversas ações, como a criação de estratégias nacionais, o monitoramento de riscos e o investimento em infraestrutura e educação para a prevenção de catástrofes.

No âmbito das parcerias público-privadas, concessionárias e operadores privados devem se preparar para atender cláusulas de resiliência climática presentes em editais através da inclusão dessa previsão em seus planos de investimento, enquanto a sociedade civil contribui com monitoramento social e participação comunitária em estratégias de resposta.

Essa abordagem reconhece que o Estado tem o papel principal na redução do risco de desastres, mas que, para haver efetividade na mitigação e resposta, essa responsabilidade deve ser compartilhada com outros atores, incluindo o governo local, o setor privado e outras partes interessadas. A cooperação entre os múltiplos atores fortalece a capacidade de enfrentar desastres, assegura continuidade logística e promove maior legitimidade às políticas de adaptação.

¹⁰ UNDP, [At the Nexus of Disaster Risk Reduction, Climate Adaptation, and Sustainable Development](#). Acesso em: 09 de outubro de 2025.

Preparação: o papel do planejamento

A base da preparação é a existência de planos de gestão de risco e desastres, formulados localmente, mas sob uma forte coordenação central. Isso garante consistência entre municípios, estados e União, articulação com concessionárias e operadores privados e coerência na alocação de recursos.

No Brasil, a Defesa Civil exige que municípios tenham planos de gestão de risco, mas apenas uma parcela cumpre essa obrigação (pouco mais de 10% em 2023, segundo dados do S2iD¹¹). A existência do plano é, inclusive, critério para acesso a recursos federais. No entanto, os planos não são unificados, carecem de integração com os níveis estadual e federal e, em geral, não incorporam os impactos das mudanças climáticas. Poucos municípios possuem capacidade técnica para trabalhar com cenários futuros e não existe ainda uma referência nacional consolidada de cenários climáticos para subsidiar esses processos.

Os planos de gestão de riscos de desastre devem prever elementos para mitigação dos riscos e funcionam como direcionadores para o investimento em resiliência. Eles estabelecem prioridades de intervenção (ex.: reforço de taludes, drenagens, dragagens, contenções) e permitem alinhar programas de investimento público e privado.

Já os elementos de resposta devem priorizar a preservação de vidas, a minimização de prejuízos materiais, além de possuir elementos de contingência para garantir acesso a recursos, serviços e infraestrutura crítica em momentos de crise (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Elementos de resposta.



Cada modal de transporte deve possuir planos setoriais específicos à nível nacional, com protocolos claros para evacuação, isolamento e retomada segura das operações. A funcionalidade dos sistemas de monitoramento e alerta, aliada a protocolos interinstitucionais com monitoramento centralizado, permite a mobilização rápida de recursos e a coordenação eficiente da resposta. É imprescindível que exista uma governança central através de um Ecossistema Institucional para Gestão de Catástrofes com claros fluxos de decisão ao passo que as ações e execução dos planos possam ser descentralizados, promovendo agilidade e autonomia local.

Um componente fundamental desses planos é a identificação de corredores e infraestruturas críticas. Esse mapeamento orienta tanto os planos de resposta emergencial quanto as decisões de priorização de investimentos em resiliência. Muitas vezes, a adaptação de um ativo específico não é custo-efetiva do ponto de vista da operadora, mas se justifica pela ótica do setor público, considerando os efeitos em cascata para a rede logística e para a sociedade.

¹¹ Fiquem Sabendo, agência de dados especializada no acesso a informações públicas. [600 municípios inseriram planos de contingência no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres](#). Acesso em: 08 de outubro de 2025.

Além da coordenação institucional, educação e engajamento comunitário, que atualmente ocorrem através de campanhas de conscientização promovidas pela Defesa Civil, núcleos de proteção e defesa civil em comunidades de risco, simulados e o uso ferramentas digitais e canais de comunicação para reportar ocorrências e emitir alertas, são elementos críticos para a efetividade da preparação e resposta. A prevenção depende de cidadãos informados sobre riscos locais e protocolos de segurança, enquanto a resposta exige comunidades capacitadas para agir rapidamente quando um alerta é emitido.

Nesse arranjo, o papel das operadoras de infraestrutura é duplo. Primeiro, devem elaborar seus próprios planos de contingência, integrados aos protocolos públicos. Segundo, devem participar ativamente dos exercícios conjuntos e processos de coordenação, de forma que suas ações se encaixem no comando unificado definido pelo poder público.



Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED – Chile)

O Chile, altamente exposto a terremotos e eventos climáticos extremos, criou o **SENAPRED** para coordenar de forma central a preparação e resposta. A preparação local é mandatória, mas recebe suporte técnico e metodológico centralizado. Incentivos são claros: municípios e regiões que cumprem exigências têm acesso prioritário a fundos nacionais de prevenção e recuperação. Além disso, simulações nacionais são conduzidas regularmente para testar planos integrados.

Na frente de engajamento, o Chile, além de conduzir simulações nacionais regulares, mantém **plataformas** online **de informação**, campanhas educativas e eventos de conscientização em escolas e comunidades. Essa abordagem garante que os planos não fiquem restritos ao papel técnico, mas se traduzam em **comportamentos preventivos** e maior capacidade de autoproteção.

Federal Emergency Management Agency (FEMA – Estados Unidos)

Nos Estados Unidos, a **FEMA** exige que estados e municípios elaborem **Hazard Mitigation Plans** como condição para receber recursos federais de resposta e reconstrução. Os planos precisam ser atualizados a cada cinco anos e aprovados pela FEMA. Essa exigência funciona como incentivo direto: sem plano, não há acesso a fundos federais. A agência fornece metodologias, bancos de dados de risco e suporte técnico, o que reduz desigualdades de capacidade entre municípios.

Resposta e recuperação

Após um evento climático adverso, inicia-se o momento de resposta, acionando os protocolos de emergência e contingências, e o movimento de recuperação. Para que haja agilidade, dois pilares são decisivos: liquidez imediata para gastos emergenciais e mecanismos de reconstrução. No contexto da mudança climática, essa etapa precisa incorporar uma camada adicional: eventos cada vez mais frequentes e severos exigem não apenas resposta rápida, mas também recursos e mecanismos que permitam reconstruir em padrões superiores de resiliência.

Atualmente, ainda predomina a lógica de reconstruir “igual ao que era”, perpetuando fragilidades. Cada evento deve ser tratado como oportunidade para reduzir vulnerabilidades, adotando critérios de reconstrução que considerem técnicas de engenharia resiliente, com melhorias e capacidades aumentadas. Países expostos a riscos recorrentes já adotaram essa prática. O Chile inclui padrões sísmicos e climáticos elevados em sua reconstrução. O Peru criou a *Autoridad para la Reconstrucción con Cambios* (ARCC) para acelerar obras pós-El Niño em padrão superior. Após grandes terremotos e tsunamis, o Japão tornou obrigatório elevar padrões técnicos de infraestrutura crítica. Para o Brasil, incorporar BBB requer normas técnicas revisadas, protocolos claros de contratação, financiamento pré-arranjado e integração entre órgãos setoriais e Defesa Civil.

A maior frequência de eventos também exigirá mecanismos mais eficientes para definição e uso de recursos. Países que convivem com desastres já testam modelos inovadores. O México foi pioneiro na emissão de *bonds* de catástrofe para desastres naturais, criando uma camada de liquidez rápida em eventos de grande magnitude. Outros exemplos incluem fundos soberanos de catástrofe e reservas específicas de emergência, que reduzem a dependência de créditos extraordinários.

Para o Brasil, é necessário estruturar arranjos financeiros em camadas, com fundos emergenciais, seguros paramétricos e linhas contingentes pré-aprovadas, além de protocolos claros de uso para que os recursos sejam mobilizados sem atrasos.

Outro instrumento relevante para a infraestrutura logística é o reequilíbrio cauteloso em concessões, já testado como boa prática em alguns contratos. Ele permite que concessionárias iniciem imediatamente a reconstrução de trechos críticos após desastres, com compensação financeira ajustada posteriormente. Isso evita paralisações prolongadas e garante que a retomada já ocorra em padrão resiliente, alinhado ao princípio do BBB.

Além disso, a reconstrução deve incluir um processo estruturado de lições aprendidas, com auditorias pós-evento que permitam revisar a matriz de riscos e ajustar parâmetros técnicos e operacionais. Essa retroalimentação é essencial para corrigir falhas identificadas durante a emergência — sejam técnicas, institucionais ou de coordenação — antes do próximo evento.

Por fim, a coleta sistemática de dados sobre impactos, custos e tempos de recuperação é indispensável. Esses dados alimentam cenários climáticos nacionais, calibram modelos de exposição e vulnerabilidade e permitem projetar custos futuros com maior precisão. Sem essa evidência, não é possível priorizar com rigor os corredores e ativos que mais necessitam de investimentos em resiliência.

4. Mecanismos viabilizadores

Dados

Dados íntegros com histórico relevante são fundamentais para a adaptação climática. Quando coletados e divulgados com frequência e tempestividade adequadas, cumprem um papel decisivo em diferentes dimensões (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Papel dos dados para a elaboração dos planos de adaptação.



A Tabela 4.1 apresenta as múltiplas bases de dados públicas que já são referência no Brasil e que apoiam a agenda de adaptação climática.

Tabela 4.1 – Principais bases de dados públicas para referência.

	<p>Mapa de Desastres e S2iD (Sistema Integrado de Informações sobre Desastres), ambos vinculados à Defesa Civil Nacional (MIDR), consolidam o histórico oficial de desastres declarados por estados e municípios. Esses sistemas registram frequência, intensidade, perdas humanas e materiais, sendo fundamentais para análises retrospectivas de vulnerabilidade e custos de inação.</p>
	<p>INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), vinculado ao MAPA, opera a principal rede meteorológica do país. Fornece dados observacionais em tempo real (chuva, temperatura, vento, umidade) e séries históricas que alimentam modelos de previsão, sistemas de alerta e estudos de tendência climática.</p>
	<p>ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) mantém o HidroWeb e a Rede HidroMet, que oferecem séries históricas de chuva, vazão, nível de rios e reservatórios. Esses dados são indispensáveis para gestão de hidrovias, planejamento hídrico e previsão de eventos extremos como secas e cheias.</p>
	<p>CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), sob coordenação do MCTI, monitora chuvas, rios, encostas e secas em tempo quase real e emite alertas preventivos para municípios e defesas civis. Seu sistema de alerta dialoga com os dados históricos do S2iD e com os dados observacionais do INMET e da ANA, mas a integração ainda é limitada.</p>
	<p>AdaptaBrasil do MCTI é a principal plataforma de cenários futuros, construída a partir de modelagens climáticas em parceria com a academia. Integra projeções de risco e vulnerabilidade em diferentes setores (água, energia, saúde, transportes), apoiando a formulação de planos de adaptação.</p>
	<p>INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), também vinculado ao MCTI, mantém programas de monitoramento remoto como o PRODES (desmatamento), DETER (alerta de desmatamento e degradação) e o sistema de Queimadas, além de atuar em modelagem climática global e regional. Essas informações são fundamentais para entender pressões ambientais que intensificam vulnerabilidades climáticas.</p>
	<p>IBGE contribui com levantamentos sobre população em áreas de risco e dados sociodemográficos que permitem estimar exposição e vulnerabilidade humana.</p>

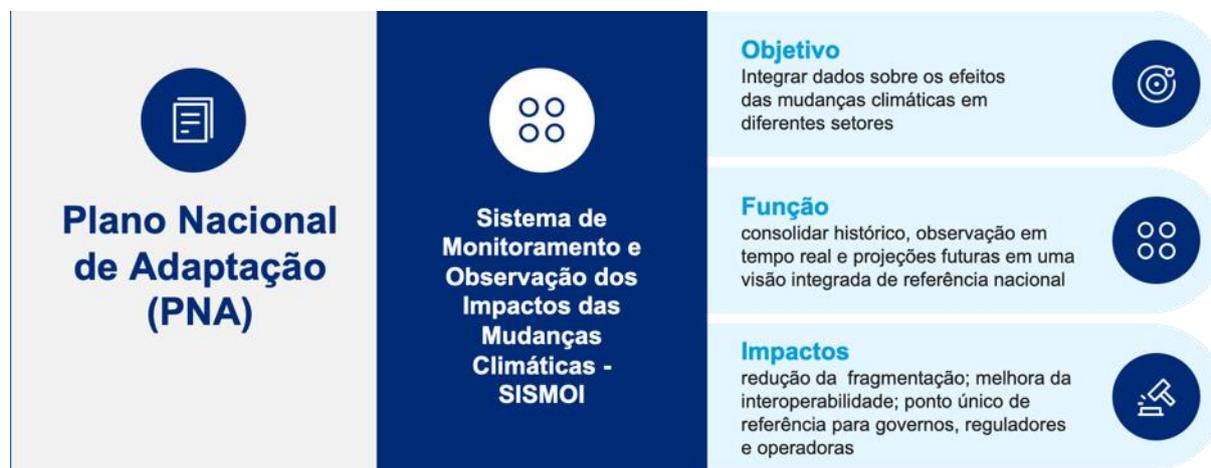
Essas bases já se complementam parcialmente: S2iD registra eventos; INMET e ANA fornecem dados observacionais; CEMADEN opera alertas em tempo real; INPE gera dados espaciais e modelagem climática; e AdaptaBrasil projeta cenários futuros. No entanto, persistem falhas de interoperabilidade, fragmentação institucional e lacunas de cobertura, como no caso do monitoramento geotécnico de encostas e dos dados de microclima urbano. Além disso, os cenários climáticos do AdaptaBrasil, baseados no IPCC, encontram-se defasados em relação às últimas rodadas internacionais e ainda não oferecem a granularidade necessária para apoiar plenamente decisões setoriais.

Além dos dados públicos, concessionárias já utilizam dados proprietários, como séries pluviométricas locais, sensoriamento de tráfego, monitoramento de taludes e bancos de manutenção. Esses insumos são críticos para a operação e geração dos planos de adaptação. Entretanto, como não são sistematicamente integrados a bases públicas ou compartilhados com o sistema nacional, há uma oportunidade perdida. Muitos desses dados poderiam enriquecer análises conjuntas e reduzir assimetrias de informação entre os operadores com dados próprios e aqueles que dependem primordialmente de bases públicas.

Em contrapartida, os dados próprios podem ser refinados usando as bases públicas de maior volume, aumentando sua confiabilidade, o que, por sua vez, auxilia na adoção de estratégias transversais baseadas em dados. Uma maior integração de dados facilita que todos estejam partindo dos mesmos pressupostos: os riscos se tornam visíveis tanto para o poder público quanto para os operadores, sendo possível desenhar novos modelos de colaboração entre as partes visando adaptação dos ativos críticos e resiliência do sistema.

O Plano Nacional de Adaptação (PNA) prevê a criação do Sistema de Monitoramento e Observação dos Impactos das Mudanças Climáticas (SISMOI), coordenado pelo MCTI (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Sistema de Monitoramento e Observação dos Impactos das Mudanças Climáticas (SISMOI).



Esse sistema também pode ser enriquecido com dados coletados pelas concessionárias, desde que existam protocolos claros de interoperabilidade, proteção de informações estratégicas e mecanismos de incentivo. Para isso, concessionárias e governo precisam avançar em duas frentes:

Estruturar	Estabelecer
<p>Protocolos mínimos de coleta e guarda de séries próprias;</p> <p>Sistemas integrados de sensoriamento em tempo real conectados a modelos de alerta;</p> <p>Governança clara sobre dados operacionais.</p>	<p>Arranjo de cooperação que permita que dados privados relevantes alimentem o SISMOI, enriquecendo a base de evidências para a formulação de políticas públicas e a elaboração de planos de adaptação.</p>

Recomendações

Estruturar o SISMOI como plataforma integradora, alimentada por múltiplas fontes, para apoiar identificação de vulnerabilidades, elaboração de planos de adaptação e desenho de instrumentos financeiros de resiliência.

1. Garantir que os dados sejam disponibilizados em formatos abertos e tempestivos, com interfaces amigáveis para operadoras e modeladores de risco.
2. Desenhar o sistema para que as comunidades locais sejam incluídas, com acesso e visibilidade sobre os riscos da região e áreas não-habitáveis.
3. Estabelecer protocolos nacionais de interoperabilidade de dados climáticos e operacionais, conectando bases públicas e privadas.
4. Ampliar a cobertura e a qualidade das redes meteorológicas, hidrológicas e geotécnicas, priorizando áreas críticas de infraestrutura logística e considerando a inclusão de eventos ainda pouco monitorados, mas relevantes, como a incidência de raios que afetam diretamente operações aeroportuárias.
5. Criar mecanismos regulatórios que incentivem concessionárias a coletar, armazenar e compartilhar séries históricas de dados relevantes.

Capacitação técnica

Tanto o setor público quanto o setor privado precisam dispor de equipes qualificadas para tomar as melhores decisões e evoluir mais rapidamente na pauta climática, garantindo ao mesmo tempo agilidade nas escolhas críticas e interlocução adequada entre atores. O conhecimento técnico precisa ser gerado, acumulado, compartilhado em justa medida e preservado ao longo do tempo. Para isso, é fundamental que haja times especializados, assegurando continuidade e preservação do conhecimento mesmo com mudanças de gestão.

Ao mesmo tempo, não é nem viável, nem eficiente esperar que órgãos públicos dominem toda a pauta técnica sozinhos, sobretudo em temas que evoluem com rapidez. É essencial poder contar com consultorias e parcerias especializadas, nacionais e internacionais, que complementem as capacidades técnicas existentes e apoiem na elaboração de planos de adaptação da atuação dos próprios entes públicos. Essa flexibilidade é especialmente crítica em situações de desastre, quando decisões precisam ser tomadas com celeridade. Para isso, o setor público precisa de mecanismos que permitam a contratação ou mobilização rápida de especialistas, como modelos de pré-homologação de consultorias ou parcerias internacionais, garantindo qualidade técnica, independência e velocidade.

No setor privado, concessionárias já possuem times de sustentabilidade e risco. Algumas agências reguladoras começaram a requerer não apenas políticas formais, mas também a instrumentação de equipes especializadas para lidar com o tema. Essas estruturas precisam ser continuamente fortalecidas e integradas às rotinas operacionais.

Recomendações:

Estruturar e fortalecer áreas de sustentabilidade, adaptação e gestão de riscos em agências, ministérios e concessionárias, com recursos e atribuições claras, ao mesmo tempo garantindo que essas equipes sejam transdisciplinares.

Estimular concessionárias a integrar sustentabilidade e risco às áreas operacionais.

1. Ampliar a capacitação de equipes técnicas em cenários climáticos, análise de risco e protocolos de resposta.
2. Criar mecanismos de contratação ágil de consultorias, especialmente para decisões pós-desastre.
3. Estabelecer planos de retenção de memória e conhecimento técnico no setor público.
4. Promover interlocução regular entre agências, MMA e demais ministérios, com fóruns técnicos permanentes.
5. Incentivar a participação em fóruns e redes internacionais, assim como a celebração de parcerias formais com organismos multilaterais e acadêmicos para acelerar o ganho de conhecimento e atualização contínua.

Garantir a aplicação da visão de resiliência na etapa de estruturação dos projetos, com capacitação para os projetistas e elaboração de guias técnicos orientadores.

Exigências de sustentabilidade e governança regulatória

Entre os requisitos do Programa de Sustentabilidade da ANTT, destaca-se a necessidade de que concessionárias implementem políticas e estruturas dedicadas de sustentabilidade capazes de gerir riscos climáticos e socioambientais, além de garantir transparência e mensuração de resultados.

Esse movimento sinaliza uma transição para obrigações regulatórias concretas: empresas reguladas devem não apenas adotar práticas ESG, mas também contar com áreas, funções ou profissionais especificamente responsáveis por implementar, monitorar e reportar avanços em sustentabilidade e resiliência.

Outras agências de infraestrutura já integram princípios ESG em seus contratos e regulamentos, mas ainda sem a mesma prescrição de governança e estrutura organizacional mínima para os regulados.

Esse quadro abre caminho para que outros setores avancem no mesmo sentido. A adoção de regras que demandem funções de governança dedicadas a sustentabilidade e resiliência pode contribuir para reduzir a fragmentação entre agências e assegurar que todas as concessionárias evoluam de forma homogênea frente aos riscos climáticos. Afinal, um sistema é tão forte quanto o seu elo mais fraco e a resiliência de um sistema depende de todos os seus componentes.



Pesquisa, desenvolvimento e inovação

A agenda de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) é essencial para que a adaptação da infraestrutura seja baseada em evidências sólidas e metodologias consistentes. Ao mesmo tempo, deve abrir espaço para inovação, trazendo soluções mais eficientes que acelerem a transição para uma economia de baixo carbono e resiliente.

A agenda de pesquisa é naturalmente evolutiva. Mais do que apontar perguntas, o crítico é criar uma estrutura de governança que permita o compartilhamento eficiente do conhecimento, garantindo sua apropriação e uso na prática.

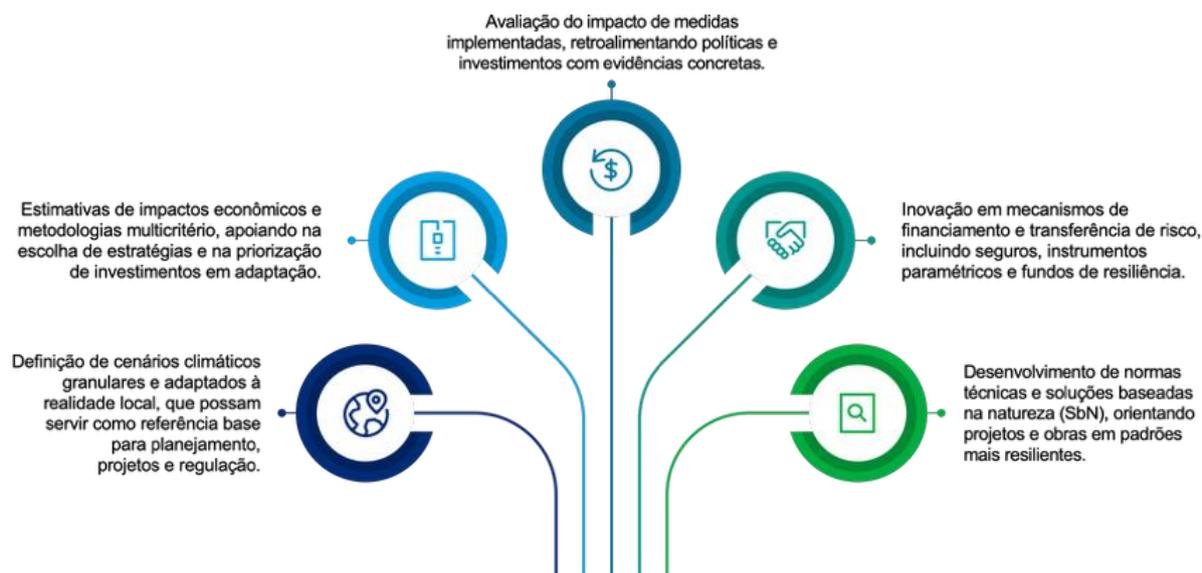
Hoje, a agenda de P&D&I no Brasil ocorre de forma fragmentada. Universidades, centros de pesquisa e órgãos públicos — como CEMADEN, INPE e ministérios — produzem conhecimento em áreas específicas, mas muitas vezes sem diálogo entre si. Adicionalmente, há iniciativas setoriais relevantes de P&D&I, como o Fundo de Energia para Inovação Tecnológica (CT-Energia) e o Recurso para Desenvolvimento Tecnológico (RDT), fundo da ANTT voltado para o desenvolvimento de produtos e serviços pertinentes à infraestrutura rodoviária. Essa fragmentação reduz a eficiência e a aplicabilidade dos resultados, além de dispersar recursos que já são limitados.

O Plano Nacional de Adaptação (PNA) estabelece como prioridades fortalecer a pesquisa científica, desenvolver indicadores e metodologias de risco, apoiar a inovação tecnológica em adaptação e consolidar uma rede integrada de conhecimento. Essa rede deve envolver não apenas atores nacionais, mas também organismos e instituições internacionais como UNDRR, CDRI, BID, além do setor privado.

Além da governança, são necessários recursos estruturais que incentivem a agenda de P&D&I de tecnologias que promovam adaptação e resiliência, para além de normas pré-estabelecidas. A aplicação mais ampla e consistente de SbN, por exemplo, depende da sua inclusão nos manuais convencionais ou da criação de novos mecanismos

de licenciamento para casos especiais. A Figura 4.3 traz alguns exemplos de potenciais agendas de pesquisa e ilustram a importância de fortalecer P&D&I.

Figura 4.3 – Potenciais agendas de pesquisa.



Fazer pesquisa aplicada é essencial, mas também é necessário criar espaços para aplicar e testar soluções inovadoras, desde obras de engenharia até instrumentos financeiros. Nesse sentido, *sandboxes* regulatórios, ou mecanismos semelhantes, podem permitir testes controlados e acelerar a adoção de soluções que tragam ganhos concretos de resiliência.

Recomendações

Promover a articulação de P&D&I.

1. Promover a circulação de conhecimento por meio de redes integradas, conectando academia, setor público e iniciativa privada.
2. Avançar no uso de mecanismos de teste e aplicação de soluções inovadoras para acelerar a adoção de práticas e tecnologias de resiliência.



Instituto Chileno para Resiliência frente a Desastres: Um exemplo de Integração Ciência-Política para Infraestrutura Resiliente

O ITrend (Instituto para la Resiliencia ante Desastres) é um instituto tecnológico criado pelo governo chileno em 2019, com o objetivo de reduzir a distância entre ciência e governo e estimular o desenho de políticas públicas baseadas em evidências. Financiado pela CORFO (Corporación para el Fomento de la Producción) com um aporte inicial de USD7,6 milhões para 10 anos, o ITrend atua como um hub de conhecimento e inovação para fortalecer a resiliência nacional.

Os resultados concretos são acelerados pela consolidação de uma rede colaborativa entre academia, governo e setor produtivo, garantindo que o conhecimento técnico seja efetivamente incorporado nas políticas públicas de resiliência. A plataforma “Datos para la Resiliencia” centraliza e disponibiliza dados meteorológicos, geoespaciais, socioeconômicos e de infraestrutura crítica em formato aberto, facilitando o acesso e uso por pesquisadores, gestores e formuladores de políticas. Além disso, desenvolve análises aplicadas, como o cadastro e modelo de exposição e risco de infraestrutura crítica pública, sistematizando informações sobre mais de 1.200 ativos públicos para estimar vulnerabilidades e apoiar decisões de mitigação ou contratação de seguros.

O ITrend também firma convênios estratégicos com órgãos governamentais, como o Ministério da Economia, para caracterizar riscos produtivos associados a catástrofes, cruzando ameaças naturais e antrópicas com cadeias econômicas, orientando políticas preventivas e investimentos. Atua diretamente com órgãos públicos voltados para prevenção e resposta a desastres e ministérios, promovendo mesas de trabalho intersetoriais focadas em riscos críticos.

Reconhecido pela UNDRR como uma boa prática internacional na integração entre ciência e política, o ITrend exemplifica como a colaboração estruturada pode fortalecer a adaptação climática e a resiliência da infraestrutura, servindo de modelo para outras nações que buscam enfrentar os desafios dos desastres naturais de forma inovadora e sustentável.

Matriz e compartilhamento de riscos

Para as concessões de infraestrutura, os incentivos definidos nos contratos e na regulação determinam em grande medida as ações de adaptação e de resiliência a serem adotadas. A base desse arranjo precisa ser uma matriz de riscos bem especificada, que reconheça de forma clara os riscos climáticos que já impactam a provisão do serviço ou que possam vir a impactar, considerando diferentes cenários climáticos futuros.

Na ausência desse mapeamento de riscos, forma-se um ciclo adverso: em caso de eventos climáticos extremos, as perdas excedentes são enquadradas como riscos extraordinários, o que faz com que a conta final recaia sobre o setor público. Por não serem previamente reconhecidos, esses riscos também deixam de ser geridos ou transferidos de forma adequada, permanecendo como risco residual. O resultado são disputas de reequilíbrio que geram incerteza para concessionárias e custos adicionais para todas as partes.

Essa estrutura é altamente ineficiente. Por um lado, o poder público acaba arcando com a maior parte da reconstrução sem avaliar se seria mais econômico adaptar a infraestrutura de forma preventiva. Por outro, as operações permanecem vulneráveis a riscos não mensurados.

Hoje, instrumentos regulatórios sinalizam avanços nessa direção, mesmo que ainda não tornem obrigatória a incorporação de riscos climáticos nos estudos de viabilidade ou a especificação desses riscos na matriz contratual.

Uma matriz de riscos bem-definida, personalizada e granular permite uma alocação de risco mais eficiente entre as partes. A experiência internacional mostra caminhos possíveis. Países expostos a riscos naturais severos e recorrentes, como Chile e Colômbia, possuem matrizes de risco detalhadas e contratos de concessão com parâmetros claros de alocação desses riscos entre as partes. Em particular, os contratos delimitam até onde vai a responsabilidade da concessionária e estabelecem com clareza quando e como o risco passa a ser compartilhado com o Estado.

Observa-se, nesses casos, que a transferência contratual do risco vem acompanhada da exigência de seguros robustos, cobrindo perdas decorrentes de eventos hidrogeológicos que possam ter alta severidade. Essa lógica reforça que tais eventos não devem ser tratados como extraordinários, mas sim como riscos inerentes à operação, cabendo à concessionária preveni-los e mitigá-los, inclusive por meio de adaptação. Quando, entretanto, a magnitude do evento supera limites previamente definidos, configurando um impacto extraordinário, o ônus passa a ser compartilhado com o Estado. Esse arranjo equilibra incentivos: protege as finanças públicas de riscos previsíveis, assegura a continuidade operacional e, ao mesmo tempo, garante cobertura adequada para eventos de caráter verdadeiramente excepcional.

Na Colômbia, por exemplo, a partir dos contratos de concessão 4G, passou-se a estruturar a alocação de riscos em faixas de perdas. A perda na primeira faixa é integralmente da concessionária, devendo ser coberta por seguros obrigatórios. Na segunda faixa, a perda é compartilhada de forma automática com o poder concedente em percentuais pré-definidos. Já as perdas adicionais por eventos catastróficos que caracterizam a terceira faixa recaem integralmente sobre o Estado. Como os limites de perda que delimitam as faixas são pré-definidos, essa estrutura traz previsibilidade, reduz litígios e garante resposta mais rápida.

No entanto, a linha a ser traçada é tênue e diante do cenário climático é insuficiente olhar apenas para o passado. Séries históricas não mais representam a realidade dos riscos, e mesmo já apontando as principais tendências a expectativa de impacto precisa levar em conta as projeções de uma nova realidade climática.

Recomendações

Garantir a inclusão de riscos climáticos nas matrizes de risco de concessões, desde os estudos de viabilidade.

1. Definir faixas de alocação de risco em conformidade com a matriz de riscos de cada contrato, deixando claro até onde vai a responsabilidade da concessionária e quando o risco extraordinário passará a ser compartilhado com o Estado.
2. Incluir cláusulas de *Build Back Better* (BBB) em contratos, de modo que a reconstrução após desastres eleve padrões técnicos e reduza vulnerabilidades, melhorando o perfil do risco para a seguradora sem onerar a concessão.
3. Criar protocolos padronizados de reequilíbrio cautelar, que possam ser acionados de forma automática em eventos climáticos severos, reduzindo litígios.



Indicadores de performance

Indicadores de performance são instrumentos centrais para alinhar incentivos e garantir que a adaptação climática se traduza em resultados concretos. Os contratos de concessão de infraestrutura contam com métricas de desempenho que, em geral, não foram concebidas considerando o aumento da severidade e frequência dos eventos climáticos no serviço ou que sejam diferenciadas para serviços considerados críticos.

O desafio é aprimorar indicadores para que incentivem investimentos em resiliência. A lógica é reforçar o princípio de “infraestrutura como serviço”: o foco deve estar na entrega de qualidade, continuidade, confiabilidade e recuperação do serviço mesmo diante de riscos climáticos, cabendo ao operador decidir como atingir essas metas.

Para isso, será necessário revisar indicadores em contratos existentes sempre que viável e, sobretudo, incorporá-los de forma estruturada em novos contratos, garantindo que a resiliência seja tratada desde a fase de projeto.

Recomendações:

Para contratos novos:

Incluir desde a fase de projeto indicadores de performance que incentivem resiliência com base nos impactos climáticos previamente identificados

1. Definir previamente quais ativos são considerados infraestrutura crítica e estabelecer parâmetros diferenciados de continuidade e redundância.
2. Garantir que os indicadores sejam simples, verificáveis e comparáveis, com foco no usuário e na entrega do serviço.

Para contratos em andamento:

Avaliar a possibilidade de incluir indicadores de performance conectados a eventos climáticos em revisões contratuais, respeitando o equilíbrio econômico-financeiro.

1. Criar programas regulatórios de incentivo para estimular operadoras a adotar voluntariamente métricas de resiliência (ex.: acesso facilitado a debêntures de infraestrutura ou prioridade em análise de reequilíbrio).
2. Implementar pilotos em corredores ou ativos críticos para testar indicadores de continuidade e recuperação antes de sua adoção generalizada.



Papel das apólices de seguros

Diante dos crescentes desafios causados por catástrofes naturais (NatCat), o seguro deve ser um elemento fundamental das estratégias abrangentes de financiamento de riscos de desastres. No entanto, as lacunas de proteção contra NatCat¹² representam um desafio global e, portanto, exigem respostas globais, com colaboração forte e intensiva entre governos, órgãos reguladores, a indústria de seguros, a sociedade civil e parceiros de desenvolvimento.

¹² A lacuna de proteção diante de catástrofes naturais refere-se à diferença entre perdas econômicas totais e as perdas seguradas causadas por tais eventos.

No Brasil, as perdas estimadas de R\$ 69 bilhões ao setor privado¹³ causadas pelas enchentes do Rio Grande do Sul evidenciaram a lacuna brasileira de proteção por seguros diante de catástrofes naturais: menos de 10% do valor foi indenizado¹⁴. Ou seja, uma lacuna estimada superior a 90%. Segundo levantamentos recentes, a média regional da lacuna de proteção da América Latina é de 81%, e estimada em 79% no México¹⁵ e em 92% no Peru¹⁶. Nas demais regiões do mundo como Europa, América do Norte, Ásia e Oceania, a lacuna varia entre 40% e 80%¹⁷.

Em sua essência, o setor de seguros existe para fortalecer a resiliência da sociedade, oferecendo gestão de riscos, compartilhamento e diversificação do risco, além da mitigação de adversidades. No entanto, apesar de ser um setor naturalmente preparado para lidar com riscos, ao não conseguir dimensionar sua responsabilidade futura ou quais os limites de seu envolvimento, o mercado segurador tende a elevar o preço das apólices, reduzir capacidade ou até mesmo se recusar a aceitar o risco, levando a escassez de seguradores dispostos a assumir riscos em projetos de infraestrutura. Portanto, para que a transferência de risco das concessionárias através das apólices de seguro seja efetiva, é indispensável que uma estrutura adequada de seguros seja implementada. Em outras palavras, é fundamental que limites de responsabilidade e definições dos conceitos de riscos extraordinários e residuais estejam claramente definidos na estrutura contratual e que levem em consideração as projeções e incertezas do clima futuro¹⁸.

No Brasil, embora haja seguros obrigatórios para concessões, as coberturas são geralmente insuficientes para absorver perdas significativas decorrentes de eventos climáticos. Na prática, isso faz com que os impactos de maior porte recaiam sobre o setor público.

Para ampliar o nível de cobertura, algumas operadoras enfrentam o desafio de equilibrar o custo da apólice com o aumento da franquia, como forma de viabilizar economicamente a contratação das apólices de seguro.

Para que esse processo seja sustentável, o plano de negócios deve contemplar de forma explícita uma estrutura de seguros mais robusta, permitindo que o custo associado à maior cobertura seja devidamente precificado no contrato, em linha com o que se observa em países que já convivem com riscos de desastres.

Outro aspecto essencial é garantir que a subscrição dos riscos se baseie em critérios de resiliência, refletindo os benefícios da gestão aprimorada. Operações e ativos mais resilientes são, em essência, menos susceptíveis à desastres e deveriam poder acessar benefícios que os incentivem a continuar investindo em resiliência, como coberturas diferenciadas ou capacidades adicionais, por exemplo. Hoje, entretanto, as seguradoras ainda não possuem modelos consolidados para incorporar a resiliência climática em suas métricas de precificação.

O uso sistemático dos indicadores de DMP (Dano Máximo Possível) e PMP (Perda Máxima Provável) para definição dos limites seguráveis pode funcionar como uma referência objetiva: ativos semelhantes, mas com níveis distintos de resiliência, passariam a ter coberturas diferenciadas e custos proporcionais, alinhando o valor do seguro ao risco real. O exemplo do México é ilustrativo. Concessionárias devem contratar uma consultoria independente para calcular o DMP/PMP e revisar esse cálculo a cada três anos, assegurando regularmente o ajuste à evolução dos riscos climáticos e operacionais.

A contratação de seguros com coberturas que permitam a recuperação de ativos danificados é baseada no valor de reposição, uso e estado dos bens, respeitando limites legais e regulatórios que visam proteger o sistema de fraudes. No entanto, esforços de reconstrução que considerem apenas seu padrão anterior significam uma oportunidade perdida de aumentar a resiliência, resultando em danos repetidos diante de eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes. A evidente necessidade de considerar um custo adicional para reconstrução levanta a questão de quem deve arcar com ele, já que as apólices tradicionais não contemplam essa possibilidade. Como alternativa, o seguro paramétrico climático, ainda pouco usado no Brasil, oferece uma indenização rápida e

¹³ Idem 1.

¹⁴ CNSeg. [Solicitações de indenizações de seguros no Rio Grande do Sul já superam R\\$ 6 bilhões](#). Acesso em: 11 de outubro de 2025.

¹⁵ SwissRe. [How big is the protection gap from natural catastrophes where you are?](#). Acesso em: 11 de outubro de 2025.

¹⁶ G20 SFWG. [Identify and address insurance protection gaps, July 2025](#). Acesso em: 11 de outubro de 2025.

¹⁷ Idem 14.

¹⁸ Dabus, André. Site Migalhas Securitárias. [Instrumentos de mitigação de riscos: Estratégias para atrair investimentos e ampliar financiabilidade e resiliência climática em projetos de infraestrutura](#). Acesso em: 08 de outubro de 2025.

automática baseada em parâmetros objetivos (sem a necessidade de ocorrência ou apuração de danos físicos), sendo uma solução eficiente para mitigar riscos de desastres naturais e acelerar a reparação dos danos.¹⁹

Dessa forma, a transferência de risco se tornaria não apenas mais justa, mas também um incentivo para que as concessionárias invistam em adaptação e robustez operacional.

Recomendações

Ampliar a transferência de riscos e cobertura de seguros privados em linha com o observado em outros países para minimizar a dependência de recursos públicos e discussões de reequilíbrio em casos de eventos adversos.

1. Assegurar uma estrutura adequada de seguros e garantias para manter o equilíbrio entre as partes e atrair investidores e financiadores.
2. Estabelecer seguros obrigatórios calibrados com os indicadores de DMP/PMP, garantindo que a primeira faixa de riscos esteja sempre coberta e gerando incentivo a investimentos em adaptação.
3. Prever mecanismos de revisão periódica dos indicadores de DMP/PMP (potencialmente usando a janela de revisão dos contratos) para garantir aderência da cobertura à evolução dos riscos climáticos e medidas de resiliência adotadas.
4. Incentivar adoção de produtos de seguros inovadores, não tradicionais ou ainda pouco adotados no país, cuja indenização possibilite a reconstrução de ativos com um novo padrão de engenharia capaz de suportar extremos climáticos.

Seguros Paramétricos: Proteção Ágil contra Riscos Climáticos na Infraestrutura

Seguros paramétricos oferecem cobertura financeira rápida e eficiente para riscos de catástrofes naturais, especialmente diante de eventos climáticos extremos que ameaçam a infraestrutura em regiões vulneráveis.

Essas apólices são personalizadas conforme a localização, histórico de desastres e cobertura desejada. Funcionam com base em parâmetros pré-definidos — como intensidade de tempestades, volume de chuva, ventos fortes ou índices de seca — que, ao serem atingidos, acionam automaticamente o pagamento, sem necessidade de comprovar perdas. Isso garante agilidade e transparência, essenciais para o setor de infraestrutura, onde a rapidez na resposta financeira é vital para reparos e continuidade dos serviços.

No Brasil, a maioria dos seguros paramétricos está ligada a eventos climáticos e perdas agrícolas. Com o aumento dos eventos extremos devido às mudanças climáticas, há uma clara demanda para o crescimento desse mercado e expansão para setores além do agronegócio.

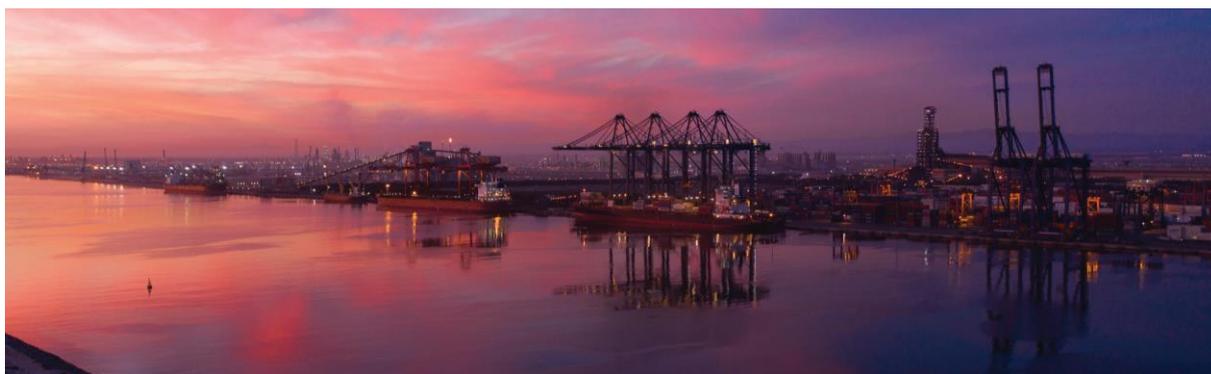
Os principais desafios para a expansão dos seguros paramétricos no país são:

- Empresas de seguros especializadas com expertise técnica para subscrição e precificação adequadas para esses riscos.
- Disponibilidade de dados climáticos confiáveis e granularidade suficiente para definir os parâmetros.

Um exemplo de experiência pioneira com este tipo de produto ocorre no México, um seguro paramétrico estruturado para proteção de recifes de corais na península de Yucatán. Nesse modelo, desenvolvido por meio de parceria entre o governo estadual de Quintana Roo, seguradoras e o setor de turismo, o seguro é acionado automaticamente quando ventos de furacão atingem determinada intensidade, liberando recursos imediatos para reparo dos recifes — que funcionam como barreira natural contra erosão e tempestades. Esse arranjo inovador mostra como instrumentos financeiros podem apoiar não apenas a resposta a desastres, mas também a proteção de ecossistemas críticos que sustentam a resiliência de comunidades costeiras.²⁰

¹⁹ Idem 17.

²⁰ The Nature Conservancy. [Using Insurance to Safeguard Coral Reefs](#). Acesso em: 09 de outubro de 2025.



Financiamento

Ainda que seja menos custoso do que reparar danos e traga benefícios sociais, econômicos e ambientais relevantes, investir em resiliência demanda um volume significativo de recursos. Idealmente, esses custos precisam ser planejados e incorporados à estrutura financeira dos projetos desde o início. A questão passa a ser como viabilizar os investimentos iniciais.

Nos novos contratos, os custos de adaptação devem compor o plano de negócios de maneira transparente. Também é essencial definir parâmetros e objetivos claros nos editais e contratos para evitar assimetria entre participantes. Em particular, operadores que precificam adequadamente os riscos climáticos não podem ser penalizados frente a concorrentes que subestimam esses custos. Nos contratos em andamento, será inevitável criar mecanismos de reequilíbrio econômico-financeiro sempre que forem necessárias obras de adaptação.

Tanto o Programa de Sustentabilidade da ANTT como a Portaria 622/2024 do Ministério dos Transportes já preveem a alocação mínima de parte da receita bruta para ações de resiliência em novos contratos. No caso das operadoras reguladas pela ANTT com contratos em andamento, as empresas podem aderir ao programa para acessar reequilíbrios de até 2%. Trata-se de um mecanismo estruturado e replicável para outros setores.

Um dos principais instrumentos de financiamento em voga é o Fundo Clima, inaugurado pela PNMC. Dentre as 7 modalidades de investimento previstas, há linhas de “Desenvolvimento Urbano Resiliente e Sustentável” e “Logística de Transporte, Transporte Coletivo e Mobilidade Verde”. Porém, o foco é financiar projetos de mitigação e de adaptação urbana, limitando o uso para projetos de adaptação no setor de infraestrutura para além da infraestrutura urbana. Desde 2023, apenas dois contratos para adaptação às mudanças climáticas foram registrados na carteira de empréstimos, mesmo com quase R\$ 4 bilhões disponíveis para adaptação²¹.

Em paralelo, o governo vem desenvolvendo instrumentos de crédito dedicados à adaptação. O primeiro leilão do Ecolinvest, linha de *blended finance* do Tesouro, vai alavancar cerca de R\$ 45 bilhões por até 10 anos com revolvência para adaptação e mitigação. A contrapartida será a comprovação do uso efetivo dos recursos e de seus impactos. Esse é o principal instrumento de crédito subsidiado em escala disponível e será essencial acompanhar de perto seus resultados.

A recém-aprovada Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB) também traz critérios claros para enquadrar projetos resilientes e facilitar o acesso a investidores com mandato de investimento verde/sustentável. É uma política estruturante para trazer confiança e respaldo entre as partes, impulsionando a execução de ações de adaptação, adequando a infraestrutura, gerando empregos verdes e elevando a resiliência dos modais.

Além disso, projetos de adaptação podem acessar fundos especializados (como o *Green Climate Fund*), recursos carimbados de bancos multilaterais (BID, Banco Mundial) e instrumentos financeiros em desenvolvimento para resiliência. Outro instrumento são as debêntures incentivadas de infraestrutura que contemplam condicionantes de sustentabilidade para a manutenção dos benefícios fiscais.

²¹ [Boletim Fundo Clima, Agosto de 2025, Talanoa Políticas Climáticas](#). Acesso em 10 de outubro de 2025.

No mercado privado, novas soluções estão sendo testadas. Os *bonds* voltados à resiliência e adaptação buscam criar diferencial de taxa para emissores que cumpram metas de resiliência — em alguns casos, via subsídios que reduzem o custo de capital se as metas forem atingidas; em outros, por meio de melhorias diretas na classificação de risco (*rating uplift*) se a adaptação reduzir a exposição do ativo.

Embora ainda não tenham a escala necessária, esses instrumentos de crédito aumentam o cardápio de soluções. A vantagem de projetos rotulados, que incorporam adaptação de forma mensurável e auditável, é ampliar a base de investidores (fundos verdes, seguradoras com metas climáticas, compradores institucionais com mandatos específicos) sem excluir o investidor tradicional. Isso tende a aumentar a competição nos books, viabilizar tranches combinadas (com e sem rótulos) e habilitar cofinanciamento de multilaterais e bancos de desenvolvimento.

Na prática, quando a resiliência é incorporada ao plano de negócios e aos arcabouços de elegibilidade, o projeto deixa de disputar apenas recursos de investidores tradicionais em infraestrutura e passa a acessar mandatos climáticos mais dedicados. Isso expande a base de demanda e mitiga a pressão sobre o custo médio de capital.

Recomendações

Operacionalizar os mecanismos de financiamento, garantindo acesso pelas concessionárias e dando vazão aos volumes disponíveis com efetividade, transparência e confiabilidade.

1. Consolidar e avaliar o EcoInvest como principal mecanismo de crédito, garantindo governança, transparência e avaliação de resultados.
2. Considerar expandir o modelo do Programa de Sustentabilidade da ANTT para outros modais, como portos, aeroportos e hidrovias.
3. Aproveitar o prazo das debêntures incentivadas para acelerar a integração de condicionantes de sustentabilidade e adaptação em todos os setores.
4. Explorar instrumentos rotulados de mercado (resilience/adaptation bonds), testando modelos que ofereçam diferencial de taxa atrelado a metas de resiliência.
5. Mobilizar fundos multilaterais e bancos de desenvolvimento para cofinanciamento e garantia parcial de risco em projetos adaptados.
6. Iniciar um diálogo sobre a possibilidade de ampliar a utilização do Fundo Clima para adaptação de setores críticos como o de infraestrutura, para além de mitigação, incentivando o uso de infraestrutura verde (através de SbN) para aumentar a resiliência climática da infraestrutura logística.



Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica

Mecanismos de integração de financiamentos disponíveis - BIP

Há uma expectativa de que o Plano Clima Adaptação aumente a disponibilidade de recursos, uma vez que – junto com a Taxonomia Sustentável Brasileira – estrutura um arcabouço confiável para qualificação de projetos que assim podem captar mais fontes de financiamento. Neste cenário a BIP (Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica) alinha todos os instrumentos públicos em uma plataforma de matchmaking entre projetos e meios de implementação e financiamento. Ao vigorar como uma certificação de coerência aos projetos, a plataforma viabiliza acesso a: distribuição de créditos, programas de investimentos (ex: EcoInvest), recursos de bancos multilaterais e outros fundos climáticos.



Financiamento pós desastres

Além do financiamento do investimento de longo prazo, a gestão da exposição a eventos climáticos adversos exige dois elementos complementares e bem articulados: acesso rápido a liquidez e planos de reconstrução previamente delineados. Tanto o setor público quanto o privado precisam dispor de mecanismos que assegurem recursos imediatos em momentos de crise para reduzir perdas sociais e econômicas e acelerar a recomposição dos serviços.

No setor privado, a liquidez imediata é necessária não apenas para iniciar obras emergenciais, mas também para apoiar colaboradores, prestar assistência às comunidades afetadas e compensar a queda temporária de receitas operacionais. Quando associada com planos de recuperação claros, a liberação rápida desses recursos permite acelerar o restabelecimento da infraestrutura e reduzir o tempo de interrupção dos serviços. A atuação coordenada entre empresas e órgãos públicos — como Defesa Civil, prefeituras e forças de segurança — é essencial para garantir respostas integradas e evitar disfunções entre esforços empresariais e humanitários.

Na América Latina, vários países vêm testando estruturas em camadas para fazer frente às despesas pós-desastres. Além da primeira camada de seguros privados (apólices convencionais ou, no caso do Peru, fundos alimentados por um percentual da receita operacional), o setor público passou a acionar fontes alternativas de recursos antes de recorrer ao orçamento fiscal.

Figura 4.4 – Fontes de recursos pós-desastres testadas em países da América Latina.



Essa lógica em cascata é ilustrada na Figura 4.4. No topo da estrutura estão os seguros públicos, como *bonds* de catástrofe (ver exemplo da Aliança do Pacífico no Box). Na sequência, surgem os fundos públicos dedicados (p. ex., Fondes no Peru²²). Em seguida, há as linhas de crédito contingentes, como as *Catastrophe Deferred Drawdown Options* (Cat-DDO) do Banco Mundial e instrumentos similares do BID (p. ex., Colômbia e Peru).²³ Por fim, quando essas camadas se esgotam, recorrem-se às dotações orçamentárias para recomposição total.

No Brasil, o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil (Funcap) foi criado em 2012, porém ainda não foi regulamentado. Algumas cidades estão estudando a emissão de títulos vinculados a seguros, ILS (*Insurance Linked Securities*), ou mecanismos de seguros paramétricos para proteger melhor sua infraestrutura crítica e os moradores mais vulneráveis²⁴.

Como apoio à reconstrução, o reequilíbrio cauteloso desponta como uma boa prática para concessões. O mecanismo permite a execução imediata de obras críticas após desastres, com ajuste financeiro consolidado posteriormente. Essa solução reduz atrasos, incertezas e litígios, além de garantir que a reconstrução já seja feita com critérios de resiliência.

Outro avanço em debate é a possibilidade de prever coberturas de seguros que permitam a reconstrução com melhorias que tornem o ativo mais resiliente (*build back better*). Em vez de cobrir apenas a reposição da infraestrutura no mesmo padrão anterior, haveria a opção de pagar um prêmio adicional que permitiria reconstruir com melhorias, reduzindo o risco de danos futuros. A reconstrução com melhoria é uma prática dos países do pacífico, reconhecendo essa como uma forma eficiente de ampliar a resiliência ante a eventos extremos.

Recomendações

Estruturar mecanismos para financiamento pós-desastres, combinando instrumentos de autosseguro e de transferência de risco do mercado, para ampliar a previsibilidade de recursos, reduzir a pressão fiscal e acelerar a recuperação de serviços essenciais. Esses mecanismos também reduzem a dependência de créditos extraordinários, aumentam a capacidade de resposta do Estado e, no caso de Letras de Risco de Seguro (LRS) ou dos *bonds* de catástrofes que trazem o benefício adicional de atrair investimento estrangeiro direto contingente. Exemplos incluem:

1. Regulamentação do Funcap como fundo permanente de autosseguro público.
2. Estruturar instrumentos baseados em ILS como Letras de Risco de Seguro ou Cat Bonds que para diversificar e ampliar acesso a liquidez internacional.
3. Seguros com melhorias (*build back better*), incorporando prêmio adicional para reconstrução em padrão superior.
4. Reequilíbrio cauteloso em concessões, garantindo retomada imediata de obras críticas com ajuste financeiro posterior.



²² Governo do Peru. [Información para postular al FONDES: procesos de reducción y reconstrucción](#). Acesso em: 08 de outubro de 2025.

²³ Center for Disaster Protection. [More countries are using Cat DDOs](#). Acesso em: 08 de outubro de 2025.

²⁴ ICLEI. [Urban Infrastructure Insurance Facility \(UIIF\)](#). Acesso em: 08 de outubro de 2025.



Letra de Risco de Seguro (LRS) e cobertura de catástrofes

A Letra de Risco de Seguro (LRS) é um instrumento de dívida que transfere o risco ou retorno de uma carteira de apólices de seguros e resseguros para investidores institucionais. Criadas no Brasil pela Lei nº 14.430/2022, com regulamentação emitida em janeiro de 2024, as LRS foram inspiradas nos bonds de catástrofe (Cat Bonds). Em 2023, as emissões globais de Cat Bonds somaram cerca de US\$ 16 bilhões.

Os Cat Bonds são instrumentos financeiros que transferem parte do risco de desastres naturais para investidores institucionais. Funcionam como uma apólice de seguro emitida no mercado de capitais: se um evento climático extremo atinge parâmetros pré-definidos — como volume de chuva, velocidade do vento ou magnitude de terremoto —, o investidor perde parte do capital aplicado, que é liberado ao emissor, fornecendo liquidez rápida e previsível.

Esses instrumentos são um segmento do mercado de seguros lastreados em risco (ILS) e possuem vantagens tanto para emissores quanto para investidores. Para os países, oferecem liquidez previsível, reduzem a pressão sobre orçamentos públicos e atraem capital internacional para riscos climáticos, funcionando, na prática, como uma forma de investimento estrangeiro direto contingente para apoiar a reconstrução e estabilizar economias após choques.

O Banco Mundial oferece uma plataforma para que os governos utilizem Cat Bonds. Até o momento, esses títulos têm sido todos paramétricos, com pagamentos acionados pelos parâmetros físicos de um evento, e não pelas perdas reais sofridas.

Na América Latina, um exemplo emblemático foi o Cat Bond regional emitido em 2018, com apoio do Banco Mundial, que cobria a Aliança do Pacífico (México, Chile, Colômbia e Peru) em um total de US\$ 1,36 bilhão contra terremotos. O México, pioneiro no uso desses instrumentos, foi o primeiro soberano a emitir um Cat Bond em 2006 e segue com emissões regulares desde então. As mais recentes, de 2024, somam US\$ 595 milhões em cobertura contra furacões e terremotos, incorporando aprimoramentos técnicos para reduzir o risco de base e acelerar a liberação dos recursos.



Governança

A governança é a engrenagem que conecta todos os viabilizadores apresentados neste estudo. No âmbito do Plano Clima, o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) é a instância efetiva de coordenação e enfrenta o desafio de implementar uma agenda complexa e urgente em prazo reduzido.

Como clima é uma questão multidisciplinar e transversal, o CIM traz todos para a mesa, cada qual com seu papel claro: o MCTI é responsável pela base científica e pelo SISMOI; a Casa Civil e o MMA lideram a coordenação política e ambiental; e o Ministério da Fazenda através do Tesouro e outros órgãos define regras e instrumentos financeiros.

Para a pauta de resiliência em infraestrutura, o CIM precisa lidar com algumas questões históricas:

- Fragmentação regulatória e organizacional, que faz com que cada agência e esfera federativa avance em ritmos diferentes, gerando assimetrias na malha;
- Ausência de uma definição clara de infraestrutura logística crítica, comprometendo a priorização de investimentos e protocolos de resposta;
- Capacidade desigual de estados e municípios, já que poucos incorporam cenários climáticos, com pouco mais de 10% dos municípios possuindo planos de gestão de risco de desastres;
- Articulação intersetorial limitada: transportes, energia, telecomunicações e saneamento são interdependentes e precisam avançar de forma alinhada.

Avançar na pauta de infraestrutura exigirá trazer outros atores e temas para a mesa. O PPI pode assumir o papel de harmonizar cláusulas contratuais e indicadores climáticos entre os contratos, garantindo consistência regulatória, em colaboração com o Ministério dos Transportes. O Ministério do Desenvolvimento, por reunir a Defesa Civil, pode assumir a visão de infraestrutura crítica, tanto para resposta emergencial quanto para priorização de ações em nós logísticos. A Fazenda precisa expandir sua atuação para apoiar mecanismos de seguros e instrumentos financeiros de adaptação. Órgãos de fiscalização podem acelerar a pauta de inovação, regulando e permitindo testes de novas soluções. Já o MCTI precisa ampliar o escopo de pesquisa, inovação e operação do SISMOI, conectando-o a bases setoriais de monitoramento, permitindo que dados de diferentes operadoras alimentem uma visão integrada e estimulando a produção científica aplicada a adaptação.

Trata-se de uma agenda ampla, com múltiplos temas que exigem articulação entre si e entre diversos atores. Para avançar de forma efetiva, será necessário priorizar. Uma alternativa seria adotar modelo semelhante à da Iniciativa de Mercado de Capitais (IMK), com 2 ou 3 grupos de trabalho intersetoriais formados a cada ciclo, cada qual dedicado a um tema específico, com prazos de início e fim definidos. Essa dinâmica permitiria resolver problemas concretos em blocos, gerar entregas rápidas e criar uma trajetória progressiva de fortalecimento da governança climática em infraestrutura.

Recomendações

Promover convergência regulatória entre setores (rodovias, ferrovias, portos, aeroportos e hidrovias), para evitar fragmentação na forma como riscos climáticos são alocados.

Garantir convergência intersetorial e alinhamento entre programas de agências reguladoras (ANTT, ANTAQ e ANAC), aproveitando os instrumentos para equilibrar avanços entre os diferentes modais ao mesmo tempo em que se articulem o compartilhamento de dados, harmonização dos planos de adaptação e inovações regulatórias.

1. Trabalhar temas prioritários de forma sequencial, em grupos de trabalho com início e fim definidos, garantindo entregas concretas e progressivas sob a coordenação do CIM com apoio de cronogramas com frentes de trabalho e entregas que sustentem ações ao longo do tempo, avançando paralelamente com maiores possibilidades de cooperação entre os grupos.
2. Dar continuidade a projetos relevantes para o setor, aproveitando esforços anteriores e apostando em instrumentos públicos que se mostram efetivos. Como exemplo prático, citamos o Projeto Adaptavias, que realizou um importante levantamento dos impactos e riscos sobre a infraestrutura federal de transportes terrestres (rodovias e ferrovias) e que deve fornecer subsídios para priorização das ações necessárias à adaptação e utilizado na articulação necessária para a execução das medidas.
3. Incluir o tema da priorização de infraestruturas críticas nos programas setoriais e instrumentos públicos.
4. Criar um comitê permanente de alinhamento regulatório com ciclos de revisão trimestrais (ou semestrais) para reduzir assimetrias de ritmo. Estabelecer uma agenda de encontros regulares (mensais) e um dashboard público/semipúblico com progressos.
5. Expandir o escopo dos atores, garantindo que todos os elementos relevantes para adaptação sejam tratados.
6. Construir um Atlas logístico crítico com critérios de priorização (vazios de rede, ativos críticos, interdependências entre setores).
7. Estabelecer padrões de dados (com compartilhamento, confiabilidade e correlacionados), terminologia técnica e catálogo de infraestruturas entre agências.
8. Harmonizar instrumentos contratuais e critérios de avaliação de impactos climáticos (ex.: cláusulas de resiliência, indicadores de desempenho ESG, IDS/PDS quando aplicáveis) via um único marco regulatório ou acordo interagências.
9. Ampliar uso e aplicação de sandbox regulatórios específicos para infraestrutura resiliente, especialmente SbN.
10. Realização de exercícios de resposta a emergência com mobilização multisetorial, usando como exemplo as simulações organizadas pelo Exército Brasileiro para riscos cibernéticos, chamado “Exercício Guardião Cibernético”, onde são convocados participantes de diversas esferas (comunidades, empresas, instituições, associações e órgãos públicos). O teste tem como base a integração de setores estratégicos e comunidades locais, com objetivo de melhorar a resposta e recuperação a partir do fortalecimento da autonomia local, preparando os atores para responder a um evento crítico, e, portanto, reforçando a resiliência do sistema.



Um guarda-chuva nacional para reduzir a fragmentação regulatória

A fragmentação entre agências federais e estaduais é um dos maiores desafios para consolidar a agenda de adaptação da infraestrutura no Brasil. Hoje, há concessões federais sujeitas a parâmetros relativamente avançados (como no caso da ANTT), enquanto muitas concessões estaduais ainda carecem de exigências mínimas sobre sustentabilidade e resiliência. Essa assimetria cria desigualdade de preparação, dificulta a coordenação em situações de desastre e aumenta os custos para o sistema como um todo.

Uma solução seria a criação de um guarda-chuva nacional de resiliência climática em concessões de infraestrutura, que funcione como padrão mínimo aplicável em todo o país. Esse guarda-chuva poderia ser estruturado de três formas complementares:

1. Cláusulas-padrão de concessão

- a. Definir, via PPI e ministérios setoriais, cláusulas obrigatórias que estabeleçam políticas mínimas de sustentabilidade, áreas ou funções dedicadas de resiliência, protocolos de monitoramento climático e padrões básicos de reporte.
- b. Replicar cláusulas em todos os editais federais e recomendar como referência para estados e municípios.

2. Marco regulatório transversal

- a. Instituir decreto interministerial (p. ex.: MMA, Casa Civil, MInfra/PPI) que estabeleça diretrizes obrigatórias de adaptação e resiliência aplicáveis a todas as agências federais de infraestrutura.
- b. Estabelecer que estados e municípios adotem voluntariamente os mesmos parâmetros, com possibilidade de agregar requisitos adicionais.

3. Integração com os planos setoriais de adaptação

- a. Utilizar os planos setoriais e temáticos de adaptação, previstos no PNA e no Plano Clima, como veículos para traduzir essas diretrizes em parâmetros técnicos e regulatórios.
- b. Reforçar mecanismos de coordenação federativa para que os planos sirvam como piso mínimo de resiliência climática, cabendo aos estados e municípios ampliar exigências conforme suas realidades.
- c. Garantir consistência com a política climática nacional, evitando que cada agência avance em ritmos distintos e assegurar que todos os setores evoluam em conjunto.

Esse guarda-chuva nacional permitiria que os estados adotassem o mesmo patamar mínimo, mas mantendo autonomia para estabelecer níveis superiores de exigência conforme suas realidades. O resultado seria um sistema mais coerente, menos fragmentado e com maior capacidade de resposta a eventos climáticos extremos.

5. Considerações Finais

Os eventos recentes evidenciam que resiliência é uma agenda de desenvolvimento. Não basta responder a emergências: é preciso reduzir vulnerabilidades, manter níveis mínimos de serviço e reconstruir melhor. O lado positivo é que investimentos em resiliência e adaptação, quando bem planejados, possuem retorno, reduzem perdas, melhoram eficiência e geram cobenefícios sociais e econômicos.

Planos de adaptação bem estruturados devem combinar:

- Clareza de objetivos para definir o que adaptar e até que ponto, considerando que não será eficiente tornar toda a infraestrutura resiliente, adotando multicritérios de priorização;
- Combinação de ações de adaptação estruturais e não estruturais articuladas com planos de contingência e de resposta a emergências, sempre considerando infraestrutura como um serviço público essencial e levando em conta as incertezas inerentes ao processo de mudanças climáticas;
- Implementação de elementos viabilizadores técnicos (dados, conhecimento, pesquisa e inovação), de compartilhamento de risco e retorno financeiro (seguros e financiamento) e uma governança robusta;

Os planos de adaptação no âmbito do Plano Clima já contemplam muitos desses elementos. O desafio é fortalecer a governança para acelerar a implementação e dar escala, dada a urgência crescente.

O desafio adicional em infraestrutura é que o tema ainda é fragmentado, e suas especificidades precisarão ser refletidas ao longo da implementação dos planos setoriais. Por exemplo, ainda não há uma visão integrada da malha logística e da infraestrutura crítica que oriente a priorização das ações. Também é necessário garantir um nível mínimo comum dos elementos viabilizadores entre setores e regiões.

Além disso, é fundamental considerar todo o ciclo de vida da infraestrutura — desde os estudos de viabilidade até o descomissionamento ou a reversão dos bens ao término das concessões —, assegurando que cada fase incorpore critérios de adaptação e resiliência.

Este estudo buscou sistematizar os principais elementos necessários para avançar nessa agenda, apresentando exemplos de boas práticas nacionais e internacionais, além de mecanismos viabilizadores já disponíveis e em desenvolvimento que podem orientar e acelerar a implementação no Brasil.

Equipes envolvidas no estudo

MoveInfra	Marsh McLennan
Ronei Glanzmann CEO	Elaboração: Consultoras de Clima e Sustentabilidade
Raíssa Amorim Sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Gabriela Bertol • Gabriella Lopes • Marjorie Leite
Ana Luiza Salles Jurídico e Regulatório	Orientação e consultas
Benícia Araújo Administrativo e Financeiro	André Dabus – Diretor de Diretor de Infraestrutura e Construção da Marsh Brasil
Fernando Diniz Comunicação e Relações Institucionais	Felipe Nicola - Diretor de Clima e Sustentabilidade da Oliver Wyman
Juliana Santos Administrativo	Marcos Mello – Diretor de Consultoria de Riscos da Marsh Brasil
	Rodrigo Suarez – Diretor de Clima e Sustentabilidade da Marsh América Latina e Caribe



Marsh Corretora de Seguros Ltda.

A informação contida nesta publicação baseia-se em fontes que consideramos como confiáveis, mas não representamos nem garantimos a sua precisão. A Marsh não faz representações ou garantias, explícitas ou implícitas, com relação à aplicação dos termos de apólice ou condição financeira ou de solvência de seguradoras ou resseguradores. Declarações relativas a assuntos fiscais, contábeis e legais são observações gerais baseadas unicamente em nossa experiência como corretora de seguro e consultora de risco e não devem ser tomadas como parecer legal, fiscal ou contábil, que não temos autorização para fornecer. Quaisquer assuntos relativos a essas questões deverão ser objeto de consulta junto a seus advogados ou contadores. A Marsh faz parte do grupo das empresas Marsh & McLennan, incluindo Guy Carpenter, Mercer e Oliver Wyman Group (incluindo Lippincott e NERA Economic Consulting). Esse document ou qualquer parte de informação nele contida não poderá ser copiado ou reproduzido sob nenhuma forma sem a permissão da Marsh Inc., salvo no caso de clientes de qualquer uma das empresas da Marsh & McLennan que usarem este relatório para fins internos, contanto que esta página seja incluída em todas as cópias ou reproduções.

Oliver Wyman

Copyright © 2025 Marsh & McLennan Companies, Inc. Todos os direitos reservados.