



ARTIGO

# DO DADO À PROTEÇÃO: COMPUTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA NO BRASIL

POR

Francilene Procópio Garcia  
[garcia@computacao.ufcg.edu.br](mailto:garcia@computacao.ufcg.edu.br)

A mudança do clima deixou de ser uma projeção sobre o futuro: ela já reorganiza o presente. Os onze anos entre 2015 e 2025 foram os mais quentes já registrados e, em 2025, a temperatura média global ficou cerca de 1,43 °C acima do período pré-industrial. O aquecimento dos oceanos continua avançando e os eventos extremos — calor, chuvas intensas, secas, incêndios e ciclones — expõem a vulnerabilidade crescente de sociedades e economias interconectadas. [1].

## Da mitigação à adaptação

Esse cenário explica uma mudança importante na agenda climática internacional. Reduzir emissões continua indispensável, mas já não basta: precisamos, simultaneamente, mitigar, adaptar e construir sociedades mais resilientes. O desafio não é apenas evitar que o planeta aqueça ainda mais, mas preparar cidades, sistemas produtivos, serviços públicos e populações para condições climáticas que já estão mudando. A COP30, realizada em Belém em 2025, tornou essa passagem evidente: depois de décadas necessárias de construção de consensos e metas, a implementação ganha centralidade.

A dimensão financeira mostra o tamanho da tarefa. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente estima que os países em desenvolvimento precisarão de US\$ 310 bilhões a US\$ 365 bilhões por ano para adaptação em 2035; em 2023, porém, os fluxos internacionais de financiamento público para adaptação a esses países somaram apenas US\$ 26 bilhões – necessidades, portanto, de 12 a 14 vezes maiores do que os fluxos atuais. [2] Mas financiamento sozinho não constrói resiliência. É preciso conhecimento, capacidade institucional, infraestrutura científica e tecnologia. É nesse ponto que a agenda climática encontra, de maneira direta, a ciência e, particularmente, a Computação.

### **Clima e desigualdade se sobrepõem**

No Brasil, esse encontro adquire características próprias porque clima e desigualdade se sobrepõem. Mais de dois mil municípios são considerados prioritários diante de riscos de deslizamentos e inundações; em 75% deles, as administrações dispõem de menos da metade dos instrumentos básicos de planejamento e mapeamento necessários à gestão de riscos, e 91% ainda não possuem o plano de obras para reduzi-los. A fragilidade é maior no Nordeste, onde se concentram municípios com menor capacidade fiscal e institucional.[3]

Esses números revelam algo essencial: o risco não é produzido apenas pelo clima. Uma chuva intensa produz consequências diferentes em uma área com drenagem, saneamento e habitação ade-

quada e em uma comunidade instalada em encosta ou área inundável. Uma onda de calor não afeta igualmente quem vive em moradia protegida e quem trabalha ao ar livre. Uma seca prolongada não representa o mesmo risco para uma grande empresa agrícola e para uma família da agricultura familiar. A desigualdade funciona, portanto, como um multiplicador do risco climático.

As enchentes do Rio Grande do Sul, em 2024, deram dimensão concreta a essa realidade: 478 dos 497 municípios do estado foram afetados e mais de 2,3 milhões de pessoas sofreram os impactos.[4] O episódio mostrou a escala que um evento extremo pode atingir, mas evidenciou outra questão: em uma emergência, a informação adequada, no momento certo e capaz de orientar uma decisão, pode ser tão importante quanto a existência do dado. E há aqui uma desigualdade menos visível: a desigualdade da capacidade de antecipar.

### **Da previsão à decisão**

Imagine uma chuva extrema prevista para uma grande região metropolitana. Dispomos hoje de muitos componentes para acompanhá-la: satélites observam a atmosfera; radares e pluviômetros medem a precipitação; modelos meteorológicos estimam intensidade e trajetória; informações hidrológicas ajudam a compreender o comportamento dos rios; sistemas monitoram áreas suscetíveis a inundações e deslizamentos.

Mas saber que choverá intensamente ainda não responde às perguntas que defi-

nem a proteção das pessoas: quais ruas serão inundadas primeiro? Quais encostas apresentam maior risco? Quem vive nesses locais? Há idosos, crianças ou pessoas com mobilidade reduzida? Qual hospital pode ficar isolado? Quais vias devem ser bloqueadas? Onde estão os abrigos? Quem precisa receber o alerta primeiro, e qual a rota mais segura para sair? É aqui que a Computação muda de papel.

A resposta exige combinar previsão meteorológica, topografia, hidrologia, imagens, mapas urbanos, mobilidade, infraestrutura e informações sociais; modelos que simulem cenários e atualizem riscos continuamente; sistemas de apoio à decisão; processamento de grandes volumes de dados; inteligência artificial; comunicação georreferenciada; e interfaces compreensíveis para gestores e cidadãos. O sistema deixa de informar apenas “haverá uma chuva extrema” e passa a dizer “estas pessoas estão em maior risco; estas vias serão interrompidas; estes equipamentos precisam ser protegidos; esta é a ação a tomar agora”. Esse é o movimento fundamental: **transformar previsão em decisão e decisão em proteção**.

### **Uma rede de redes: os INCTs**

O Brasil não parte do zero. INPE, Cema-den, universidades e institutos de pesquisa construíram, ao longo de décadas, competências em clima, meteorologia, sensoriamento remoto, recursos hídricos, biodiversidade, agricultura, saúde e Computação. Temos ainda uma arquitetura particularmente adequada a problemas

complexos e multidisciplinares: os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs). Na chamada mais recente foram aprovados 143 projetos em temas prioritários, envolvendo redes de instituições e pesquisadores de diferentes áreas.[5] A agenda climática oferece a oportunidade de dar um passo adicional: conectar essas redes entre si em torno de missões nacionais.

Um exemplo que fala diretamente à comunidade de Computação é o INCT em Simulação e Monitoramento para Assistência ao Indivíduo em Eventos Climáticos Extremos (SiM-AI), coordenado pela professora Soraia Raupp Musse, da PUCRS.[6] O instituto nasceu justamente da lacuna evidenciada pelos eventos extremos: entre dispor de informações sobre um desastre e transformá-las em orientação útil para quem está sob risco. Sua proposta articula simulação urbana, monitoramento multimodal, inteligência artificial e interfaces adaptativas, deslocando a tecnologia do nível agregado para a situação concreta do cidadão — não apenas informar que uma região será inundada, mas ajudar cada pessoa a compreender o próprio risco e decidir como agir. O exemplo sintetiza a tese deste artigo: a Computação pode aproximar o conhecimento científico da pessoa que precisa decidir antes que seja tarde.

Mudança climática não respeita fronteiras disciplinares. Uma inundação  , ao mesmo tempo, problema de meteorologia, hidrologia, engenharia, urbanismo, saúde, mobilidade, comportamento humano, desigualdade e Computação; uma seca envolve clima, água, agricultura, energia,

biodiversidade e segurança alimentar. O próximo salto pode ser integrar INCTs e outras redes em torno de missões de resiliência climática – não necessariamente criando uma instituição, mas transformando uma constelação de capacidades já existentes em uma rede de redes orientada a problemas concretos. A Computação permite conectar essas dimensões numa infraestrutura comum: observação → dados → modelos → simulação → previsão → vulnerabilidade → decisão → alerta → proteção → avaliação. O objetivo dessa cadeia não é produzir mais dados; é reduzir perdas, proteger vidas e ampliar a capacidade de antecipar o risco.

### **Infraestrutura pública de adaptação**

Essa perspectiva muda a forma de compreender a infraestrutura digital. Conectividade, dados, capacidade de processamento, interoperabilidade, sistemas de informação e inteligência artificial deixam de ser apenas componentes da transformação digital: diante da emergência climática, tornam-se parte da infraestrutura pública de adaptação de um país. E essa infraestrutura precisa enfrentar nossas desigualdades. Um município com equipes técnicas, sensores, mapas atualizados, conectividade e capacidade de processamento transforma previsão em ação; outro pode receber a mesma informação e não ter condições de usá-la. Se não tratarmos dessa diferença, reproduziremos no ambiente digital as desigualdades que já ampliam nossa vulnerabilidade social.

Por isso, uma política nacional de resiliência deveria combinar infraestrutura

física e infraestrutura de conhecimento: plataformas compartilhadas, dados interoperáveis, capacidade computacional, modelos acessíveis, formação de equipes locais, ciência aberta e mecanismos que permitam aos municípios usar o conhecimento produzido por universidades e institutos de pesquisa.

### **Protagonismo do Brasil e resiliência científica**

Há aqui uma oportunidade de protagonismo. Somos uma potência ambiental, com ciência tropical acumulada, instituições de excelência e uma comunidade científica capaz; e enfrentamos, em nosso território, boa parte dos desafios de adaptação que estarão presentes em outros países da América Latina, da África e da Ásia tropical. Podemos transformar essa realidade em uma agenda de tecnologias de adaptação para os trópicos: modelos climáticos, sistemas inteligentes de alerta, plataformas de gestão de risco, soluções para agricultura resiliente, segurança hídrica, saúde climática, redes elétricas adaptativas e instrumentos de planejamento urbano. O Brasil não precisa participar da nova economia climática apenas como fornecedor de recursos naturais, energia renovável ou créditos de carbono: pode participar como produtor de ciência, tecnologia e soluções para o Sul Global.

Isso exige reconhecer que não se constrói capacidade científica quando o desastre começa. Satélites, supercomputadores, modelos, INCTs, sistemas de monitoramento, bancos de dados e pesquisadores qualificados são frutos de

décadas de investimento. **Resiliência climática depende também de resiliência científica.**

### **Uma mensagem à Computação brasileira**

No mundo pós-COP30, a ciência não pode limitar-se a explicar por que o clima muda: precisa integrar a própria arquitetura da resposta — formular políticas, construir soluções, acompanhar indicadores, avaliar resultados e corrigir trajetórias. E aqui deixo uma mensagem dirigida à comunidade brasileira de Computação: nossa responsabilidade diante da crise climática não é apenas tecnológica; é também pública. Não basta produzir algoritmos melhores ou modelos mais sofisticados: precisamos transformar dados, modelos e inteligência em capacidade concreta de antecipação, decisão e proteção, sobretudo nos territórios e populações mais vulneráveis — enxergar o risco antes que ele vire tragédia e agir primeiro onde a vulnerabilidade é maior.

Isso implica cuidar da pegada da própria Computação. Inteligência artificial, centros de dados e computação de alto

desempenho demandam energia, água, equipamentos e minerais.[7] A contribuição da área à transição climática precisa vir acompanhada de eficiência computacional, transparência sobre o consumo de recursos e infraestrutura digital sustentável, uma transição simultaneamente verde e digital.

O desafio para a Computação brasileira é, portanto, conectar ciência, território e decisão. Se formos capazes disso, nossa contribuição à agenda climática não será apenas prever o futuro, mas ajudar a protegê-lo. A Computação pode tornar-se uma das infraestruturas da resiliência climática; no Brasil, precisa ser algo mais — uma **infraestrutura de justiça climática**, capaz de enxergar nossas desigualdades e ajudar o Estado e a sociedade a chegar primeiro a quem mais precisa. Do dado à proteção: talvez essa seja uma das contribuições mais relevantes que a Computação brasileira pode oferecer ao futuro do país — e ao mundo.

## Referências

1. Organização Meteorológica Mundial (WMO). State of the Global Climate 2025. Genebra: WMO, 2025.
2. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP). Adaptation Gap Report 2025: Running on Empty. Nairóbi: UNEP, 2025.
3. Cemaden/MCTI. Capacidades organizacionais de gestão de riscos de desastres geo-hidrológicos em municípios prioritários no Brasil. Revista Brasileira de Geografia (IBGE), 2026.
4. Governo do Estado do Rio Grande do Sul – Defesa Civil (SEDEC-RS). Balanço das enchentes de maio de 2024. Porto Alegre, 2024.
5. CNPq. Chamada CNPq/SECTICS/CAPES/FAPs nº 46/2024 – Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT): resultado final. Brasília, 2025.
6. INCT em Simulação e Monitoramento para Assistência ao Indivíduo em Eventos Climáticos Extremos (SiM-AI). Coord. Soraia R. Musse. Porto Alegre: PUCRS, 2024.
7. International Energy Agency (IEA). Energy and AI. Paris: IEA, 2025.



**FRANCILENE PROCÓPIO GARCIA** é presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e professora da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na área de Computação. Atua há décadas em ciência, tecnologia e inovação e em sua governança, com participação em conselhos e instâncias de política de CT&I no país.

