NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

S20 USA 2026

Viabilizar o Uso Eficaz da Tecnologia para a Resiliência a Ameaças Naturais e Desastres por meio da Colaboração Internacional

Preâmbulo

Em todo o mundo, países e regiões enfrentam uma ampla gama de ameaças naturais. Quando essas ameaças interagem com populações, infraestruturas e ecossistemas vulneráveis, elas se transformam em desastres — causando perda de vidas, sofrimento humano, interrupção de serviços essenciais e de meios de subsistência, impactos ambientais e perdas econômicas. As consequências podem se estender para além das áreas afetadas e atravessar fronteiras, perturbando sistemas interconectados, como cadeias de suprimentos, mercados financeiros e recursos ambientais compartilhados.

A tecnologia e a colaboração internacional oferecem oportunidades significativas para fortalecer a resiliência a ameaças naturais e desastres. Os avanços em observação da Terra, sensoriamento remoto, sistemas de alerta precoce, modelagem numérica, gêmeos digitais, tecnologias de drones e inteligência artificial (IA) podem ampliar a compreensão das ameaças e dos riscos, apoiar a tomada de decisão e fortalecer a preparação, a resposta e a recuperação. No entanto, muitas tecnologias promissoras continuam subutilizadas, inacessíveis ou implantadas de forma ineficaz, devido a lacunas de infraestrutura, de capacidade técnica e financeira, de interoperabilidade, de alinhamento institucional e de confiança pública. Os riscos que os países enfrentam também estão evoluindo. A ocupação de áreas propensas a riscos, a expansão urbana mal planejada, as práticas insustentáveis de uso da terra, a manutenção inadequada da infraestrutura e as mudanças nas condições ambientais podem amplificar os impactos das ameaças naturais. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) relata que “a mudança do clima causada pelo ser humano já está afetando muitos extremos meteorológicos e climáticos em todas as regiões do globo”.

Em conjunto, essas condições em transformação reforçam a necessidade de avaliações prospectivas, atualizadas regularmente para refletir as condições em evolução e os riscos emergentes. Portanto, o desafio não é apenas desenvolver novas tecnologias, mas também garantir que as tecnologias existentes sejam implantadas de forma eficaz, adequadamente adaptadas, mantidas de forma sustentável e acessadas de maneira equitativa. Por meio da colaboração internacional, os países podem compartilhar dados, tecnologias, conhecimentos especializados e capacidades operacionais; fortalecer a resiliência em sistemas interconectados; e garantir que os avanços científicos e tecnológicos se traduzam em maior preparação e resiliência.

Mensagens-Chave

Fortalecer a coleta e a disponibilidade de dados e a compreensão do risco. Dados precisos sobre ameaças, exposição e vulnerabilidade são essenciais para a preparação, a resposta e a recuperação diante de desastres. Os países precisam de sistemas de observação mais robustos e de conjuntos de dados sobre infraestrutura, habitação, sistemas de transporte e de comunicação, cadeias de suprimentos, condições socioeconômicas e populações vulneráveis. Os modelos prospectivos precisam ser atualizados regularmente para refletir as condições em evolução e os riscos emergentes.

Viabilizar o acesso seguro, protegido e equitativo a dados e tecnologias. O valor dos dados depende da capacidade dos usuários — em especial governos e instituições responsáveis pela proteção da população — de acessá-los, compartilhá-los, integrá-los e aplicá-los de forma eficaz. Ampliar o acesso, promover padrões comuns e a interoperabilidade e desenvolver sistemas resilientes, capazes de funcionar durante interrupções de energia, de telecomunicações ou de internet, pode fortalecer o alerta precoce, a resposta a emergências e o planejamento da resiliência. As decisões sobre governança de dados, segurança, proteção, privacidade e acesso continuam sendo responsabilidade das autoridades nacionais.

Desenvolver habilidades e capacidades locais e conceber soluções para contextos locais. Tecnologia e dados geram os maiores benefícios quando adaptados aos contextos locais e integrados ao conhecimento, às instituições e às necessidades operacionais locais. Investimentos em educação, desenvolvimento da força de trabalho, capacitação, exercícios simulados e engajamento comunitário contínuo podem construir a capacidade necessária para operar sistemas de alerta precoce, gerenciar plataformas de dados, interpretar informações sobre risco e manter a infraestrutura tecnológica crítica ao longo do tempo.

Fortalecer a tomada de decisão humana e a governança em sistemas apoiados por tecnologia. As tecnologias avançadas devem ampliar, e não substituir, a expertise humana. Sistemas eficazes exigem supervisão humana, validação local, avaliação contínua, transparência, responsabilização, cibersegurança e comunicação clara sobre riscos e incertezas. Os resultados científicos e tecnológicos devem ser traduzidos em informações oportunas e acionáveis, que apoiem as decisões de autoridades, gestores de emergência e comunidades.

Promover a colaboração internacional e intersetorial por meio da coprodução. Os dados, as experiências e os aprendizados gerados por desastres em uma região podem oferecer lições cruciais para fortalecer a preparação e a resiliência em outros lugares. A colaboração internacional é mais eficaz quando concebida como coprodução de conhecimento e tecnologia, e não como transferência unidirecional de expertise ou de soluções. Parcerias duradouras entre governos, academia, setor produtivo, sociedade civil, comunidades e organizações internacionais podem acelerar a inovação, ampliar o acesso a dados e tecnologias, fortalecer a capacidade local e permitir uma colaboração rápida durante e após desastres.

A implementação dessas ações variará de acordo com os contextos nacionais e locais, incluindo estruturas de governança, marcos legais e regulatórios, responsabilidades institucionais, perfis de risco e a capacidade técnica e financeira disponível. O progresso dependerá não apenas da inovação tecnológica e da colaboração internacional, mas também do investimento contínuo nos sistemas, instituições, infraestruturas e pessoas necessários para transformar a inovação em resiliência. Desastres são inevitáveis; o imperativo é garantir que estejamos mais bem preparados quando eles ocorrerem.

Introdução

Em todo o mundo, países e regiões enfrentam uma ampla gama de ameaças naturais que variam em frequência, intensidade, complexidade, previsibilidade e impacto. Chuvas intensas, terremotos, deslizamentos de terra e fluxos de lama, secas, incêndios florestais, ciclones tropicais, ondas de calor e de frio, tsunamis, elevação do nível do mar e erupções vulcânicas estão entre as muitas ameaças que afetam comunidades em todo o mundo. Essas ameaças são denominadas ameaças naturais para diferenciá-las das ameaças químicas, biológicas, tecnológicas e sociais.[1] No entanto, seus impactos podem ser causados ou amplificados por atividades humanas, incluindo a ocupação de áreas propensas a riscos, a expansão urbana mal planejada, práticas insustentáveis de uso da terra e de exploração de recursos naturais, a manutenção inadequada da infraestrutura pública e a variabilidade e a mudança do clima. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) relata que "a mudança do clima causada pelo ser humano já está afetando muitos extremos meteorológicos e climáticos em todas as regiões do globo". Em conjunto, essas condições em transformação reforçam a necessidade de avaliações prospectivas, atualizadas regularmente para refletir as condições em evolução e os riscos emergentes.[2]

Quando as ameaças interagem com populações, infraestruturas e ecossistemas vulneráveis, elas se transformam em desastres que causam perda de vidas; sofrimento humano; ampla interrupção de serviços essenciais, de meios de subsistência e do meio ambiente; e perdas econômicas. Os desastres costumam ser vividos localmente, mas suas consequências podem se estender por regiões e fronteiras — perturbando sistemas interconectados, como cadeias globais de suprimentos, mercados financeiros e recursos ambientais compartilhados, além de provocar deslocamentos populacionais e migração. Além das devastadoras perdas humanas, as ameaças naturais e os desastres causam perdas econômicas substanciais. Somente em 2025, os custos diretos e associados desses eventos totalizaram aproximadamente US$ 224 bilhões, atribuídos em grande parte a eventos meteorológicos.[3] Separadamente, o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR) estima



um custo anual superior a US$ 2,3 trilhões quando são incluídos os impactos indiretos, em cascata e sobre os ecossistemas.[4] Segundo outra estimativa, as perdas econômicas decorrentes de desastres naturais vêm crescendo de 5% a 7% ao ano, descontada a inflação — cerca de duas vezes mais rápido que o PIB global.[5] Sem medidas mais robustas de resiliência, a parcela dos recursos nacionais necessária para enfrentar os impactos dos desastres continuará a aumentar.

Esta declaração concentra-se especificamente em como a colaboração internacional no compartilhamento de dados e no uso de tecnologias pode fortalecer a resiliência, definida aqui como a capacidade de se preparar para eventos adversos, absorvê-los, recuperar-se deles e adaptar-se a eles.[6] Apesar das estratégias nacionais de redução do risco de desastres e de grandes iniciativas, como o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres e a iniciativa Alertas Precoces para Todos (EW4All), os esforços de redução de risco frequentemente ficam aquém do necessário.[7] Entre os desafios estão o subfinanciamento, o conhecimento limitado sobre exposição e vulnerabilidade, a integração insuficiente das dimensões sociais e comportamentais e a capacidade insuficiente de sustentar medidas eficazes ao longo do tempo.[8]

No mundo interconectado de hoje, a resiliência de cada país está intrinsecamente ligada à solidez das redes regionais e globais. A colaboração internacional pode facilitar o compartilhamento de dados, tecnologias, conhecimentos especializados e capacidades operacionais entre fronteiras (ver Apêndice A). Algumas diretrizes nacionais preveem maior integração de dados e tecnologias aos planos de gestão do risco de desastres.[9] No entanto, muitas tecnologias promissoras continuam subutilizadas, inacessíveis ou implantadas de forma ineficaz, sobretudo em regiões com capacidade técnica e financeira limitada e nos Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento, que estão na linha de frente dos desastres relacionados ao clima.[10] Entre as barreiras estão a infraestrutura digital e de comunicações inadequada, a escassez de pessoal qualificado, os custos recorrentes de operação e manutenção, a interoperabilidade insuficiente, o fraco alinhamento com as instituições e os processos decisórios locais e a confiança pública limitada.

A escala e a sofisticação das tecnologias existentes e emergentes de apoio à gestão do risco de desastres estão se expandindo rapidamente. O sensoriamento remoto, a observação da Terra, o mapeamento colaborativo (*crowdsourcing*), os levantamentos por dispositivos móveis, os sistemas de alerta precoce, a modelagem numérica e a IA oferecem potencial para aumentar a rapidez, a precisão e a acessibilidade da gestão colaborativa do risco de desastres.[11] Os sistemas de satélite fornecem cada vez mais observações de alta resolução, de ampla cobertura e em tempo quase real, e tecnologias emergentes, como os gêmeos digitais, podem apoiar a análise de cenários, os testes de estresse, o planejamento e a avaliação de trajetórias alternativas de recuperação. O uso de ferramentas baseadas em IA e aprendizado de máquina (IA/AM) no monitoramento de ameaças, na avaliação de danos e na tomada de decisão operacional é crescente.[12] Muitas tecnologias já estão maduras e implantadas em diversas regiões, apoiando atividades como a previsão e o monitoramento de inundações, o imageamento por drones e a detecção de incêndios florestais, a resposta a ciclones, o alerta precoce de tsunamis e a coordenação humanitária. No entanto, desafios relacionados à dependência da internet, aos requisitos de capacidade técnica, à cibersegurança, à privacidade e ao suporte aos usuários impedem seu uso mais amplo.

Em vez de prescrever soluções, esta declaração chama a atenção para cinco oportunidades estreitamente interligadas, que precisam ser consideradas como um todo integrado, e não como áreas de ação separadas. As ações propostas são dirigidas a governos nacionais e locais, organizações não governamentais, tecnólogos, pesquisadores e lideranças comunitárias, e destinam-se a ampliar a disponibilidade e o uso de tecnologias existentes e emergentes em toda parte.



OPORTUNIDADE 1

Fortalecer a Coleta e a Disponibilidade de Dados e a Compreensão do Risco

Dados precisos sobre ameaças, exposição e vulnerabilidade são essenciais para a preparação, a resposta e a recuperação diante de desastres. As tecnologias avançadas dependem desses dados para orientar o desenvolvimento de ferramentas eficientes de avaliação de ameaças e de modelagem de cenários de risco. Diante dos impactos da variabilidade e da mudança do clima, inclusive aqueles causados por atividades humanas, há uma necessidade crescente de modelos prospectivos, atualizados regularmente para refletir as condições em evolução e os riscos emergentes. No entanto, persistem lacunas de dados significativas em muitas áreas, em especial quanto à infraestrutura, às condições socioeconômicas, à dinâmica social da resposta e da recuperação diante de desastres e à vulnerabilidade de populações e regiões específicas — o que limita a compreensão do risco e a capacidade de direcionar investimentos e intervenções de forma eficaz. Superar essas deficiências exige fortalecer a coleta, a integração e o uso de conjuntos de dados diversos. As ações a seguir podem ajudar a fortalecer a disponibilidade de dados e a compreensão do risco:

Ampliar os sistemas de observação terrestres, marinhos, aéreos e por satélite para monitorar ameaças, processos do sistema terrestre e as funções protetoras dos ecossistemas, com resolução espacial e temporal suficiente. Uma melhor cobertura temporal e espacial permite monitorar com mais precisão eventos de rápida evolução, caracterizar melhor o comportamento das ameaças e as condições locais, prever antecipadamente riscos emergentes e avaliar de forma abrangente como os ecossistemas (por exemplo, florestas, áreas úmidas, manguezais, recifes de coral e planícies de inundação) reduzem o risco. Em conjunto, essas capacidades podem apoiar esforços de preparação, resposta e recuperação mais oportunos e eficazes. No contexto das ameaças e dos riscos geológicos, os dados instrumentais, por si sós, não conseguem captar todo o espectro temporal e espacial de potenciais eventos extremos. Também é necessária pesquisa fundamental ancorada em observações de campo e em arquivos geológicos, associada a registros históricos, monitoramento e modelagem.

Fortalecer os conjuntos de dados relacionados à exposição e à vulnerabilidade, incluindo infraestrutura, habitação, sistemas de transporte e de comunicação, cadeias de suprimentos, condições socioeconômicas e a dinâmica social da resposta e da recuperação diante de desastres. A vulnerabilidade é determinada não apenas pela intensidade da ameaça, mas também pela distribuição de recursos, infraestrutura e serviços entre os indivíduos e as comunidades afetadas. Esses conjuntos de dados são essenciais para compreender quem e o que está em risco. Eles identificam populações e ativos que podem ser afetados de forma desproporcional, incluindo mulheres, pessoas idosas, pessoas com deficiência, Povos Indígenas, populações deslocadas e pessoas sem acesso a serviços de saúde e a serviços essenciais.

Enfrentar vieses algorítmicos e desigualdades de dados que possam decorrer de limitações na disponibilidade de dados e nas abordagens analíticas e que possam prejudicar populações específicas ou regiões com escassez de dados. Vieses nos dados ou em algoritmos treinados por IA podem representar de forma sistematicamente equivocada, ou ignorar, grupos e regiões vulneráveis. Avaliar o desempenho dos modelos segundo características geográficas e populacionais relevantes — com maior transparência sobre fontes de dados, representatividade, qualidade e limitações — é particularmente importante quando os modelos são aplicados em regiões com escassez de dados. Enfrentar essas questões aumenta a validade e a robustez das ferramentas analíticas e fortalece a equidade na tomada de decisão.



OPORTUNIDADE 2

Viabilizar o Acesso Seguro, Protegido e Equitativo a Dados e Tecnologias

O valor dos dados depende não apenas de sua disponibilidade, mas também da capacidade dos usuários de acessá-los, compartilhá-los, integrá-los e aplicá-los de forma eficaz. Sistemas fragmentados, padrões inconsistentes, acesso desigual e vulnerabilidades a interrupções de energia, de telecomunicações ou de internet continuam a limitar o acesso a dados e tecnologias críticos justamente quando eles são mais necessários. As ações a seguir podem viabilizar o acesso seguro, protegido e equitativo a dados e tecnologias:

Ampliar o acesso a conjuntos de dados de alta resolução, infraestrutura computacional, tecnologias emergentes e mecanismos de compartilhamento de dados entre países, em especial em países de baixa e média renda. O fortalecimento do acesso transfronteiriço a dados permite monitorar e gerenciar de forma mais eficaz ameaças que ultrapassam as fronteiras nacionais, reduz disparidades de capacidade técnica, ajuda a fechar lacunas de resiliência, melhora a preparação e apoia respostas mais coordenadas e oportunas às ameaças.

Promover a interoperabilidade por meio de padrões comuns, formatos de dados harmonizados e plataformas analíticas compartilhadas e seguras, baseadas em nuvem, que permitam a integração, a tradução e a análise de dados de satélites e de sistemas aéreos e terrestres de diferentes regiões em uma estrutura comum. A interoperabilidade ajuda a conectar conjuntos de dados diversos entre jurisdições, disciplinas e tecnologias, proporcionando uma compreensão abrangente das ameaças e dos riscos. Em última instância, ela apoia a tomada de decisão coordenada, sobretudo durante eventos de rápida evolução que exigem informações de múltiplas fontes e regiões. Os sistemas precisam oferecer funcionalidade off-line, procedimentos de contingência testados e acesso resiliente a dados e sistemas de comunicação, para manter a continuidade durante interrupções de energia, de telecomunicações ou de internet.

Garantir que a gestão de dados esteja alinhada aos princípios FAIR (Localizáveis, Acessíveis, Interoperáveis, Reutilizáveis) e CARE (Benefício Coletivo, Autoridade para Controlar, Responsabilidade, Ética). A adesão a esses princípios ajuda a maximizar o valor, a usabilidade e o impacto dos dados, respeita os direitos, os interesses e a governança das comunidades e das partes interessadas de onde os dados se originam e apoia níveis adequados de segurança e confidencialidade dos dados. Uma arquitetura de dados descentralizada, porém unificada — baseada em uma estrutura padronizada e interoperável —, pode oferecer acesso confiável a ferramentas críticas de redução do risco de desastres e reduzir vulnerabilidades causadas por mudanças no ambiente comercial ou político internacional.



OPORTUNIDADE 3

Desenvolver Habilidades e Capacidades Locais e Conceber Soluções Tecnológicas Adaptadas ao Contexto

Tecnologia e dados geram os maiores benefícios quando são cocriados com as populações locais, adaptados aos contextos locais e efetivamente integrados ao conhecimento, às instituições e às necessidades operacionais locais. No entanto, lacunas significativas de habilidades e de capacidade continuam a restringir a implementação em muitas partes do mundo, em especial onde prioridades concorrentes, como a redução da pobreza e a infraestrutura, limitam o investimento em sistemas tecnológicos e em inovação. As ações a seguir podem ajudar a desenvolver habilidades e capacidades locais e soluções tecnológicas adaptadas ao contexto:

Realizar exercícios periódicos com múltiplas partes interessadas que integrem tecnologias existentes e emergentes às operações aplicadas de preparação, resposta e recuperação, testando explicitamente as capacidades diante de ameaças compostas e em cascata. Esses exercícios podem simular cadeias complexas de desastres (por exemplo, terremoto–deslizamento de terra–represamento natural–inundação por rompimento; recuo glacial–inundação por transbordamento de lago glacial–inundação a jusante; ou El Niño–seca–incêndio florestal), bem como cenários em que falhas tecnológicas ou de infraestrutura desencadeiam ou amplificam impactos em cascata. Tais exercícios podem melhorar a coordenação entre órgãos e setores em condições realistas e de alta pressão; identificar lacunas operacionais; validar sistemas de alerta precoce e de apoio à decisão; e fortalecer a interoperabilidade entre instituições e tecnologias. Por fim, podem melhorar o tempo de resposta e promover a familiaridade institucional com ferramentas emergentes.

Investir em educação, desenvolvimento da força de trabalho e programas de capacitação para formar conhecimento local e pessoal qualificado para operar sistemas de alerta precoce, gerenciar plataformas de dados, interpretar com precisão informações sobre risco e manter a infraestrutura tecnológica crítica. O fortalecimento da capacidade institucional ajuda a aumentar a continuidade, reduz a dependência de expertise externa e possibilita uma tomada de decisão mais oportuna e embasada no conhecimento local. Essas ofertas podem incluir capacitação prática, recursos de aprendizagem on-line e manuais e diretrizes práticos adaptados às necessidades locais e disponíveis nos idiomas locais.

Integrar os conhecimentos tradicionais, indígenas e locais às abordagens científicas por meio de um engajamento comunitário confiável e contínuo. As contribuições de diferentes sistemas de conhecimento ampliam a capacidade das populações locais de preservar seus ecossistemas e de responder às ameaças, à exposição e à vulnerabilidade, combinando conhecimentos e experiências de longa data, enraizados no território, com métodos científicos e tecnológicos. Em conjunto, essas perspectivas aumentam a relevância, a confiabilidade e a usabilidade das informações sobre risco, especialmente no nível comunitário.

OPORTUNIDADE 4

Fortalecer a Tomada de Decisão Humana e a Governança em Sistemas Apoiados por Tecnologia

Uma forte simbiose entre ser humano e tecnologia, na qual as tecnologias avançadas ampliam, e não substituem, a expertise humana, garante que os sistemas apoiados por tecnologia sejam eficazes, confiáveis e sirvam ao bem público, respondendo a desafios complexos do mundo real. A validação de sistemas apoiados por tecnologia ainda exige expertise humana para avaliar o desempenho em comparação com modelos consolidados — físicos, estatísticos e híbridos — e para tomar decisões quando a evolução das ameaças e os resultados dos modelos são incertos. Embora ferramentas avançadas possam aprimorar a análise de dados, a previsão e a consciência situacional, a resiliência depende, em última instância, de sistemas de tomada de decisão fundamentados na responsabilização pública e informados pelo contexto local. Por isso, a resiliência exige estruturas de governança que garantam o uso responsável e transparente das tecnologias. Estruturas eficazes apoiam decisões e resultados centrados no ser humano, fortalecem a confiança institucional e evitam a dependência excessiva de sistemas digitais em contextos nos quais a supervisão humana é crucial. As ações a seguir podem fortalecer a tomada de decisão humana e a governança em sistemas apoiados por tecnologia:

Fortalecer a colaboração em comunicação de ameaças e riscos, em modelagem estrutural e de impactos de ameaças e na aplicação de boas práticas para apoiar a tomada de decisão humana em todos os níveis da governança do risco. A resiliência depende da tradução dos resultados científicos e tecnológicos em informações claras, oportunas e acionáveis, que apoiem as decisões de autoridades, gestores de emergência e comunidades — de megacidades a áreas remotas. Os alertas e as informações sobre risco precisam estar disponíveis em vários idiomas, ser acessíveis a pessoas com deficiência e a diferentes níveis de letramento, poder ser utilizados off-line e ser transmitidos por intermediários de confiança e por múltiplos canais de comunicação redundantes. Mecanismos dedicados de articulação com as autoridades nacionais de gestão de desastres e com instituições de pesquisa podem aprimorar a comunicação nos dois sentidos. Eles asseguram a correspondência adequada entre a expertise técnica e as necessidades de decisão, bem como o retorno contínuo dos tomadores de decisão para o aperfeiçoamento de modelos, ferramentas e estratégias de comunicação.

Estabelecer os mecanismos e os recursos necessários para validar as condições locais em relação às condições do mundo real e para avaliar continuamente os resultados tecnológicos, de modo a melhorar sua precisão, confiabilidade e relevância em contextos operacionais. Ao incorporar esses processos a modelos, previsões e ferramentas de apoio à decisão, é possível testá-los em relação às condições do mundo real e às observações locais, reduzindo erros e melhorando o desempenho ao longo do tempo. Essa ação também pode fortalecer a confiança nos resultados tecnológicos, ao assegurar transparência, responsabilização e alinhamento com as necessidades dos usuários, além de permitir o aperfeiçoamento iterativo dos sistemas com base no retorno de profissionais e das comunidades afetadas.

Desenvolver estruturas de governança, considerando devidamente as diferenças sociais e políticas entre as nações, que priorizem a transparência, a responsabilização e o uso responsável de dados e tecnologias para o bem público. Essas estruturas de governança garantem que os sistemas baseados em dados e apoiados por tecnologia para a redução do risco de desastres sejam confiáveis, éticos e eficazes. Estruturas de uso responsável ajudam a prevenir o uso indevido, consequências não intencionais e práticas excludentes, e apoiam o alinhamento com normas jurídicas, éticas e sociais. Para a IA e outras tecnologias emergentes utilizadas em decisões de alto impacto, as abordagens de governança precisam assegurar transparência, supervisão humana, testes rigorosos, cibersegurança e responsabilização.



OPORTUNIDADE 5

Promover a Coprodução de Conhecimento e Tecnologia por meio da Colaboração Internacional e Intersetorial

Os dados, as experiências e os aprendizados gerados por desastres em uma região podem oferecer lições cruciais para fortalecer a preparação e a resiliência em outros lugares. Para ser eficaz, a colaboração internacional deve ser concebida como coprodução de conhecimento e tecnologia, e não como transferência unidirecional de expertise ou de soluções, e os governos e as instituições dos países colaboradores precisam se engajar com as comunidades afetadas como parceiros em pé de igualdade. Essa abordagem promove a aprendizagem mútua, a relevância e a apropriação locais e a sustentabilidade de longo prazo das soluções tecnológicas. As ações a seguir podem ajudar a promover a coprodução de conhecimento e tecnologia por meio da colaboração internacional e intersetorial:

Apoiar parcerias de pesquisa multinacionais e interdisciplinares que conectem a ciência fundamental do sistema terrestre, as ciências sociais e humanas, a pesquisa aplicada, o desenvolvimento tecnológico e a implementação operacional. Essa colaboração de ponta a ponta ajuda a garantir que os avanços científicos se traduzam em ferramentas, serviços e sistemas de apoio à decisão práticos para a redução do risco de desastres. A aprendizagem e a troca de experiências entre países podem ajudar a identificar abordagens eficazes, evitar duplicações e adaptar soluções a diferentes contextos de risco.

Fortalecer as parcerias entre governos, academia, setor produtivo, sociedade civil, comunidades locais e o setor de seguros. Enfrentar o risco de desastres exige expertises e perspectivas diversas, incluindo perspectivas científicas, técnicas, sociais, comportamentais, culturais e econômicas. A colaboração intersetorial nos níveis nacional, regional e internacional pode melhorar o acesso a dados, tecnologias, financiamento e capacidades operacionais e garantir que as soluções respondam às necessidades da sociedade e estejam ancoradas nas realidades locais. Uma comunicação sólida e um engajamento significativo das partes interessadas podem ajudar a construir a confiança pública, reduzir conflitos sociais e o ceticismo e garantir que o conhecimento especializado seja informado pelas perspectivas e necessidades locais.

Ampliar a cooperação científica internacional em pesquisa, absorção de tecnologias, assistência técnica e iniciativas de capacitação. Essa ação requer investimento contínuo em capacidade institucional, qualificação da força de trabalho e troca de conhecimentos nos níveis nacional, regional e local, inclusive entre os primeiros respondentes. As redes científicas internacionais também precisam viabilizar uma colaboração rápida durante e imediatamente após desastres, facilitando o intercâmbio oportuno de dados, observações, previsões, avaliações de risco, modelos e expertise para apoiar a tomada de decisão coordenada, a resposta a emergências, a recuperação e a aprendizagem contínua.

Caminhos a Seguir

As tecnologias existentes e emergentes oferecem oportunidades sem precedentes para aprofundar a compreensão da exposição e da vulnerabilidade, fortalecer os sistemas de alerta precoce, apoiar uma tomada de decisão mais bem informada e aumentar a resiliência a ameaças e desastres. No entanto, sistemas fragmentados, padrões inconsistentes e acesso desigual limitam atualmente o uso eficaz de dados relevantes sobre ameaças, deixando muitas tecnologias promissoras subutilizadas nas regiões que mais precisam delas. Portanto, o desafio não é apenas desenvolver novas tecnologias, mas também garantir que aquelas já disponíveis sejam implantadas de forma eficaz, adequadamente adaptadas, mantidas de forma sustentável e acessadas de maneira equitativa.

A implementação das ações destacadas nesta declaração variará de acordo com os contextos nacionais e locais, incluindo estruturas de governança, marcos legais e regulatórios, responsabilidades institucionais, perfis de risco e a capacidade técnica e financeira disponível. Dependendo dessas circunstâncias, a implementação poderá envolver diferentes combinações de autoridades nacionais e subnacionais, instituições científicas e técnicas, organizações internacionais e regionais, o setor privado, comunidades e outras partes interessadas relevantes, com papéis e responsabilidades adaptados às necessidades e capacidades locais. Em última instância, o progresso dependerá não apenas da inovação tecnológica e da colaboração internacional, mas também da disposição e da capacidade dos países e dos parceiros internacionais de investir nos sistemas, nas instituições e nas pessoas necessários para transformar a inovação em resiliência sustentada e equitativa.

Contudo, muitos países, em especial aqueles com capacidade financeira, técnica e institucional limitada, têm dificuldade para investir em sistemas de observação, comunicações resilientes, infraestrutura de dados, capacidade computacional, desenvolvimento da força de trabalho e manutenção de sistemas apoiados por tecnologia. Por isso, os países com mais recursos e os parceiros internacionais têm um papel importante no apoio à implementação nos países e comunidades que enfrentam as maiores restrições de capacidade. Esforços recentes, como a Iniciativa de Bridgetown, que defende reformas no sistema financeiro internacional para ampliar o acesso ao financiamento para a resiliência climática e o desenvolvimento, ilustram o crescente reconhecimento desses desafios de financiamento. O financiamento precisa ser previsível e sustentado, indo além do desenvolvimento inicial das tecnologias e abrangendo a adaptação local, a capacidade institucional, o desenvolvimento da força de trabalho, a infraestrutura e a operação e manutenção de longo prazo.

A urgência de agir sobre essas prioridades foi reiteradamente evidenciada durante a elaboração desta declaração. Desde o início dos trabalhos, comunidades em todo o mundo sofreram desastres devastadores, incluindo inundações catastróficas no Nepal em agosto de 2026, incêndios florestais na Europa e no Canadá durante o verão do Hemisfério Norte e terremotos nas Filipinas e na Venezuela em junho. Esses eventos demonstram a escala, a diversidade e a natureza contínua das ameaças que as comunidades enfrentam em todo o mundo. Outros desastres inevitavelmente ocorrerão após a publicação desta declaração; o imperativo é garantir que estejamos mais bem preparados quando isso acontecer.

O foco desta declaração nos avanços tecnológicos e na colaboração internacional para a resiliência a ameaças naturais e desastres não diminui a importância da prevenção ou da redução de riscos, nem sugere que a tecnologia possa substituir esses esforços. Ao contrário, os investimentos em prevenção, redução de riscos e resiliência podem se reforçar mutuamente, e os avanços tecnológicos oferecem ferramentas para fortalecer cada um deles. O S20 tem reconhecido de forma consistente a importância de enfrentar os fatores subjacentes do risco de desastres, incluindo a exposição, a vulnerabilidade e as atividades humanas que podem amplificar os impactos das ameaças.[13] Com base nesse acervo de trabalho, esta declaração destaca formas pelas quais a tecnologia e a colaboração internacional podem fortalecer a resiliência a ameaças e desastres.

Referências

1. United Nations Office for Disaster Risk Reduction and International Science Council, *UNDRR–ISC Hazard Definition & Classification Review: 2025 Update of the Technical Report* (United Nations and International Science Council, 2025), https://doi.org/10.24948/2025.04.

2. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

3. Munich Reinsurance Company, 2026, *NatCAT Stats 2025 Full Year Factsheet.* https://www.munichre.com/content/dam/munichre/mrwebsiteslaunches/natcat-2026/MunichRe-NatCAT-Stats2025-Full-Year-Factsheet.pdf/_jcr_content/renditions/original./MunichRe-NatCAT-Stats2025-Full-Year-Factsheet.pdf.

4. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2025: Resilience Pays: Investing and Financing for Our Future* (United Nations, 2025), https://www.undrr.org/gar/gar2025.

5. Swiss Re Institute, 2026, "Nat Cat Sigma 1/2026: Natural Catastrophes in 2025: The Persistent Rise of Wildfire and Storm Risk", acesso em 15 de setembro de 2026, https://www.swissre.com/institute/research/sigma-research/sigma-2026-01-natcat-2025-wildfire-storm-risk.html.

6. National Research Council, *Disaster Resilience: A National Imperative* (The National Academies Press, 2012), https://doi.org/10.17226/13457.

7. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Special Report on the Use of Technology for Disaster Risk Reduction* (United Nations, 2025), https://www.undrr.org/media/110436/download?startDownload=20260331; United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030* (United Nations, 2015), https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030.

8. Association of Southeast Asian Nations Committee on Disaster Management, *Strengthening ASEAN MultiHazard EndtoEnd Early Warning System for Natural Disasters: An Assessment of Current Capacity*, ASEAN E2E EWS Report (ASEAN Secretariat, 2024), https://asean.org/wp-content/uploads/2024/04/ASEAN_E2E_EWS_Report_Final.pdf.

9. Por exemplo, Trilateral Cooperation Secretariat and United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Trilateral Best Practices: Application of Technology for Reducing Disaster Risks in China, Japan and Korea* (Trilateral Cooperation Secretariat, 2021), https://www.preventionweb.net/media/72978/download?startDownload=20260831; United Kingdom, *UK Government Resilience Action Plan* (UK Cabinet Office, 2025), acesso em 15 de setembro de 2026, https://www.gov.uk/government/publications/uk-government-resilience-action-plan/uk-government-resilience-action-plan-html; United States Executive Office of the President [Donald Trump], "Executive Order 14308: Empowering Commonsense Wildfire Prevention and Response, 12 June, 2025", acesso em 15 de setembro de 2026, https://www.federalregister.gov/documents/2025/06/18/2025-11358/empowering-commonsense-wildfire-prevention-and-response; European Commission, "EU Preparedness Union Strategy to Prevent and React to Emerging Threats and Crises", 26 de março de 2025, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_856.

10. United Nations Office for Disaster Risk Reduction and World Meteorological Organization, *Global Status of Multi-Hazard Early Warning Systems 2025* (World Meteorological Organization, 2025), https://wmo.int/resources/publication-series/global-status-of-multi-hazard-early-warning-systems/global-status-of-multi-hazard-early-warning-systems-2025.

11. K. L. Cook, R. Rekapalli, M. Dietze, M. Pilz, S. Cesca, N. P. Rao, D. Srinagesh, et al., "Detection and Potential Early Warning of Catastrophic Flow Events with Regional Seismic Networks", *Science* 374, no. 6563 (2021): 87-92. https://doi.org/10.1126/science.abj1227; M. Baraldo and P. D. G. DiFranco, "Place-centred Emerging Technologies for Disaster Management: A Scoping Review", *International Journal of Disaster Risk Reduction* 112 (October 2024): 104782. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104782; C. Lienert, "Early Warning – International Collaboration Using Map-based and User-centered Approaches", *International Journal of Cartography* 11, no. 2 (2025): 235-245, https://doi.org/10.1080/23729333.2025.2479429.

12. J. Jensen, J. Riposo, L. Dion, G. L. and Woodbury, *Artificial Intelligence Products to Support Emergency Management: Market Supply and Adoption Pathways*, RR-A4625-1 (RAND, 2026), https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA4625-1.html

13. S20 Japan 2019, *Threats to Coastal and Marine Ecosystems, and Conservation of the Ocean Environment – with Special Attention to Climate Change and Marine Plastic Waste*, https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-gs2019-1.pdf; S20 Saudi Arabia 2020, *Saudi Arabia, Foresight: Science for Navigating Critical Transition*, https://www.lincei.it/sites/default/files/documenti/Affari_Internazionali/2020_G20_Saudi_Arabia_Communique.pdf; G7 Science Academy 2023, *Addressing Systemic Risks in a Changing Climate: Science and Technology in Support of Cross-Sectoral Decision-Making*, https://www.nationalacademies.org/cdn/materials/a1b9904a-b9f9-49c7-8a3b-df338bdb0a99; S20 Brazil 2024, *Science for Global Transformation*, https://www.nationalacademies.org/cdn/materials/a1e18c9a-e178-48c8-94ea-667b1c5c8ce7; S20 South Africa 2025, *S20 2025 Climate Change and Wellbeing Statement*, https://s20southafrica.org/wp-content/uploads/2025/10/Signed-S20-Statement_Climate-Change-and-Well-being_28.10.25.pdf.

Apêndice A

Exemplos de Sistemas Colaborativos de Dados e Tecnologia para a Redução do Risco de Desastres

Os exemplos abaixo ilustram como a colaboração entre países, setores e instituições pode reunir dados, modelos, tecnologias e conhecimentos técnicos especializados para fortalecer a redução do risco de desastres. Em muitos casos, os dados, as tecnologias e a expertise que sustentam esses sistemas são fornecidos por parceiros de fora dos países ou regiões em que eles operam.

Sistemas de alerta de tsunami e de previsão de ciclones tropicais do Oceano Índico: sistemas de cooperação regional que operam em todo o Oceano Índico e integram observações sísmicas, oceanográficas, meteorológicas e de satélite a modelos de previsão para emitir alertas em tempo real e compartilhar informações de previsão, fortalecendo a preparação e a resposta em países vizinhos. Ver: https://tsunami.incois.gov.in/TEWS/searlywarnings.jsp.

Monitoramento de incêndios na Bacia Amazônica: sistema regional de monitoramento de incêndios que opera em toda a Bacia Amazônica e utiliza observações de satélite e dados públicos para detectar focos individuais de incêndio e acompanhar as emissões de fumaça, fornecendo informações oportunas por meio de painéis públicos para apoiar a detecção, a resposta e o manejo de incêndios florestais. Ver: https://amzfire.servirglobal.net/dashboard/.

Monitoramento de inundações e secas na Bacia do Mekong: sistema transfronteiriço de monitoramento e previsão que opera em toda a Bacia do Mekong e utiliza dados de estações hidrometeorológicas, observações de satélite e modelos hidrológicos e meteorológicos para produzir previsões diárias de inundações na estação chuvosa e perspectivas semanais de seca, apoiando a gestão coordenada da água e do risco de desastres. Ver: https://www.mrcmekong.org/flood-and-drought/.

Sistema Europeu de Alerta de Inundações (EFAS): sistema pan-europeu de previsão e notificação de inundações que integra observações meteorológicas e hidrológicas, dados de satélite e modelos hidrológicos para fornecer previsões e notificações antecipadas de inundações, fortalecendo a preparação e a coordenação entre autoridades nacionais e regionais, em especial em bacias hidrográficas transfronteiriças. Ver: https://www.copernicus.eu/en/european-flood-awareness-system.

Programa de Previsão de Tempo Severo: iniciativa global de previsão que opera em nove regiões e apoia cerca de 85 países em desenvolvimento, combinando observações meteorológicas globais e regionais com modelos numéricos de previsão do tempo para fornecer previsões e orientações sobre tempo severo aos serviços meteorológicos nacionais, fortalecendo a capacidade de previsão e o alerta precoce. Ver: https://wmo.int/activities/severe-weather-forecasting-programme-swfp.

Sistema internacional de monitoramento e avisos sobre cinzas vulcânicas: sistema coordenado internacionalmente que opera em regiões vulcânicas de todo o mundo, combinando observações terrestres e de satélite com modelos de dispersão atmosférica para rastrear as cinzas vulcânicas e prever seu deslocamento, emitindo avisos padronizados que apoiam a segurança da aviação e a resposta coordenada entre fronteiras nacionais. Ver: https://www.weather.gov/aviation/vaac.

Membros Signatários do Science20



União Africana - Educação, Ciência, Tecnologia e Inovação (ESTI)



Argentina - Academia Nacional de Ciências Exatas, Físicas e Naturais



Austrália - Academia Australiana de Ciências



Brasil - Academia Brasileira de Ciências



Canadá - Royal Society of Canada



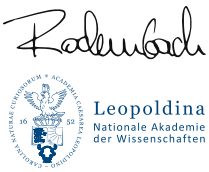
China - Academia Chinesa de Ciências



Academia Europaea



França - Académie des Sciences



Alemanha - Academia Nacional de Ciências Leopoldina



Índia - Academia Nacional de Ciências da Índia



Indonésia - Academia de Ciências da Indonésia



Itália - Accademia Nazionale dei Lincei



Japão - Conselho de Ciência do Japão



México - Academia Mexicana de Ciências



Federação Russa - Academia Russa de Ciências



África do Sul - Academia de Ciências da África do Sul



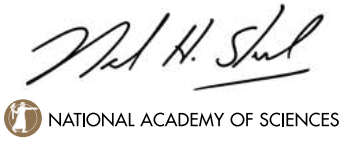
Coreia do Sul - Academia Coreana de Ciência e Tecnologia



Turquia - Academia Turca de Ciências



Reino Unido - Royal Society



Estados Unidos - Academia Nacional de Ciências