

Sistemas municipais de saúde e mudanças climáticas: desafios de infraestrutura e resiliência no Brasil

*FLAVIO PINHEIRO MARTINS,^I ANDREA FERRAZ YOUNG,^{II}
ANDRE C. S. BATALHÃO,^{III} MARIANA MATERA VERAS,^{IV}
PAULO HILÁRIO NASCIMENTO SALDIVA^V*

Introdução

AS TRANSFORMAÇÕES ambientais antropogênicas pressionam criticamente os limites planetários (Rockström et al., 2024), criando uma interdependência preocupante entre estabilidade ecológica e saúde pública. A disrupção dos sistemas regulatórios climatológicos impacta diretamente os determinantes ambientais de saúde, ampliando disparidades no acesso a serviços sanitários essenciais. Essa crise, quantificada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), afeta aproximadamente 3,6 bilhões de pessoas vulneráveis às mudanças climáticas, com projeções de cerca de 250 mil mortes adicionais anuais entre 2030-2050, relacionadas aos impactos primários e secundários da crise climática (OMS, 2023). A pandemia de Covid-19, em conjunção com os crescentes impactos climáticos, revelou vulnerabilidades sistêmicas críticas que demandam transformação urgente (de Claro, 2023). O Sexto Relatório do IPCC reforça que os riscos climáticos para a saúde continuarão aumentando, afetando desproporcionalmente populações vulneráveis (Masson-Delmotte et al., 2021), prejudicando infraestruturas essenciais e simultaneamente agravando desigualdades pré-existentes, aumentando a lacuna entre os recursos disponíveis e as necessidades reais nos cenários de crise (Scheelbeek et al., 2021; Ikononova; MacAskill, 2023).

O cenário brasileiro evidencia a dimensão do desafio: em 2023, o Cemaden registrou 1.161 eventos extremos de origem hidro-geo-climática, resultando em 524.863 pessoas desalojadas, 74.787 desabrigadas e 132 óbitos (Gov.br, 2023). À medida que a frequência e intensidade dos eventos extremos aumenta, a saúde pública se move para o centro do debate sobre resiliência climática e sustentabilidade (Ansah et al., 2024). Os municípios ocupam posição estratégica nesse contexto – seja na prevenção, seja na mitigação – enfrentando responsabilidades compartilhadas que exigem estratégias para lidar com ondas

de calor, enchentes e alterações nos padrões de doenças infecciosas. Contudo, esses esforços são comprometidos pela ausência de políticas baseadas em evidências contextualmente relevantes. A fragilidade do planejamento municipal é alarmante: apenas 12 capitais brasileiras contam com planos relacionados às mudanças climáticas, e somente 729 cidades contam com planos para redução de riscos, enquanto 1.502 municípios apresentam capacidade adaptativa muito baixa e outros 2.177 mostram capacidade baixa frente a desastres geo-hidrológicos (GTSC A2030, 2024). Este ensaio crítico examina a interface entre mudanças climáticas e sistemas municipais de saúde no Brasil, propondo uma reflexão sobre como fortalecer a governança local e desenvolver infraestruturas resilientes capazes de responder aos crescentes desafios climáticos.

Impactos climáticos na infraestrutura de saúde

Entre os anos de 1993 e 2022, aproximadamente 765 mil mortes foram associadas a eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações e ondas de calor, registrados em mais de 9.400 ocorrências em nosso planeta (Adil, 2025). Esses eventos, cada vez mais frequentes e intensos, revelam vulnerabilidades profundas nos sistemas de infraestrutura, com destaque para os sistemas de saúde (Raymond et al., 2020). Um desafio fundamental é o abismo entre os requisitos necessários para respostas eficazes a desastres e os recursos efetivamente mobilizados e disponíveis (Simpson et al., 2021). Na ausência de ações abrangentes, essa necessidade não atendida continuará a crescer, com implicações catastróficas para os resultados de saúde pública em todo o mundo (de Claro, 2023).

As mudanças climáticas funcionam como multiplicadores de risco à saúde pública, intensificando a ocorrência de estresse térmico, doenças transmitidas por vetores e problemas respiratórios (Fadda, 2020; Arora; Chhabra; Akshit, 2024). Além disso, aprofundam as desigualdades sociais existentes, atingindo comunidades vulneráveis que estão simultaneamente mais expostas aos impactos negativos e menos preparadas para enfrentar as adversidades resultantes (Ebi; Hess, 2020).

No contexto brasileiro, essas vulnerabilidades manifestam-se através de iniquidades estruturais. As disparidades raciais no acesso a serviços essenciais são evidentes – dados do Instituto Trata Brasil (2025) revelam que 66% das pessoas sem acesso a abastecimento de água no país são pretas. A distribuição desigual da infraestrutura do SUS amplifica o desafio, com concentração de serviços especializados e hospitalares em áreas de maior renda, enquanto unidades de terapia intensiva, essenciais durante eventos extremos, apresentam insuficiência crônica no setor público.

O fenômeno da “sobrecarga dupla” representa o cerne da vulnerabilidade dos sistemas de saúde (Martins et al., 2024), no qual a demanda por serviços aumenta justamente quando a capacidade de atendimento diminui devido a danos infraestruturais. Essa sobrecarga desencadeia falhas em cascata durante

crises climáticas (Luxon, 2015): unidades de saúde em localidades vulneráveis perdem funções vitais – desde energia para equipamentos de suporte à vida até água potável e vias de acesso (Codjoe et al., 2020), enquanto a capacidade de resposta mostra-se insuficiente, com escassez de leitos, suprimentos emergenciais e profissionais treinados, levando ao colapso dos sistemas de saúde (Salam et al., 2023).

Os impactos de eventos climáticos extremos na infraestrutura de saúde manifestam-se globalmente. As inundações no Paquistão (2022) resultaram em mais de 1.700 mortes e milhões de deslocados vivendo em condições sanitárias precárias, provocando surtos massivos de doenças transmitidas pela água. Na Líbia, o colapso das barragens de Derna (2023) após a Tempestade Daniel causou milhares de mortes e contaminação generalizada das fontes hídricas. Mesmo países de alta renda enfrentam desafios similares: na Austrália, os incêndios florestais de 2019-2020 provocaram dezenas de mortes diretas e centenas de óbitos indiretos devido à poluição severa, enquanto a Espanha vivenciou enchentes devastadoras em Valência (2024) e Barcelona (2025), com mais de 200 vítimas fatais. Na Califórnia, os ciclos alternados de incêndios e inundações comprometeram a qualidade do ar e causaram danos estimados em 4,6 bilhões de dólares devido à infraestrutura insuficiente (Zhang et al., 2023; Purohit, 2024).

O cenário brasileiro apresenta padrões regionais específicos, mas segue a mesma dinâmica global de comprometimento simultâneo da infraestrutura e aumento da demanda por serviços de saúde. As enchentes no Rio Grande do Sul (2024) representam uma das piores tragédias climáticas recentes do país, com centenas de mortos e uma disrupção sem precedentes da infraestrutura estadual que comprometeu severamente o acesso aos serviços sanitários. Os deslizamentos em Petrópolis (2022) resultaram em mais de 200 vítimas fatais e sobrecarga completa dos serviços de emergência locais, enquanto os incêndios recordes no Pantanal (2020-2021) minaram a capacidade de regeneração do bioma e deterioraram criticamente a qualidade do ar em amplas regiões. Complementando este quadro, ondas de calor intensas (2023-2024) provocaram aumentos significativos nos atendimentos por condições relacionadas ao calor extremo em diversas regiões brasileiras, pressionando sistemas já fragilizados por déficits estruturais crônicos (Bustamante, 2025; CNN-Brasil, 2024; Marengo et al., 2024).

O principal desafio identificado na análise desses eventos é a ausência de melhorias estruturais capazes de resistir a ocorrências sucessivas, perpetuando ciclos de dano e colapsos que comprometem continuamente os serviços de atendimento à população (Ikonomova; MacAskill, 2023). Esse cenário foi amplificado pela pandemia de Covid-19, que revelou fragilidades sistêmicas pré-existentes (Paschoalotto et al., 2023) e atraiu o interesse global para esta questão.

À luz desses impactos recorrentes, torna-se imperativo redesenhar os sistemas de saúde, transitando de uma postura reativa e isolada para uma abordagem de resiliência climática integrada entre diferentes setores da gestão pública, fun-

damentada em evidências científicas (de Claro, 2023). Nesse contexto, emerge uma questão fundamental: como operacionalizar esta transição em um cenário nacional onde o financiamento do sistema de saúde sofre redução gradativa e sistemática?

Governança municipal e adaptação climática

O desenvolvimento de capacidades municipais para enfrentar desafios climáticos exige uma governança local eficaz que integre diferentes setores em uma abordagem interdisciplinar. O planejamento urbano constitui-se num determinante estrutural das iniquidades em saúde entre estratos sociais no Brasil (Kerschbaumer et al., 2023), enquanto as vulnerabilidades socioeconômicas e a ausência de políticas estruturadas para adaptação climática comprometem a resiliência municipal.

A fragilidade institucional brasileira é documentada pelo “Anuário Estadual de Mudanças Climáticas” (CBC; ICS, 2025): apenas Minas Gerais e Rio Grande do Norte têm políticas estaduais de mudança climática formalmente instituídas, e somente quatro unidades federativas (Santa Catarina, Distrito Federal, Rio de Janeiro e São Paulo) implementaram instrumentos efetivos de adaptação. Os demais estados apresentam planos em elaboração ou carecem completamente deles, mesmo em regiões de alta vulnerabilidade como Amazônia, Semiárido e Cerrado (Centro Brasil no Clima; Instituto Clima e Sociedade, 2025).

Apesar dessas fragilidades, existem instrumentos de política pública com potencial para fortalecer a adaptação climática na saúde. O Plano Nacional de Saúde (PNS) 2024-2027, embora não focado exclusivamente nas mudanças climáticas, incorpora elementos fundamentais ao priorizar a expansão da Estratégia Saúde da Família em áreas vulneráveis, o fortalecimento da atenção especializada e o desenvolvimento de ações preventivas baseadas em determinantes socioambientais. Essas abordagens fortalecem a capacidade do SUS para responder ao aumento de doenças transmitidas por vetores e desastres intensificados pelas alterações climáticas. Complementarmente, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima estabelece diretrizes específicas para o setor saúde, incluindo integração de dados climáticos aos sistemas de vigilância e capacitação profissional para emergências.

A base normativa para adaptação climática municipal fundamenta-se na Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (Lei n.12.187/2009), com atualizações pelas Leis n.14.926/2024 e 14.904/2024. Contudo, a lacuna entre legislação e implementação permanece significativa na maioria dos municípios brasileiros (Rintani; Wibowo, 2019), especialmente considerando que aproximadamente 70% dos 5.565 municípios do país têm menos de 20 mil habitantes e recursos técnico-financeiros insuficientes para desenvolver planos adequados aos riscos que enfrentam.

Reconhecendo essas limitações estruturais, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima instituiu o programa AdaptaCidades (Portaria GM/MMA

n.1.256/2024), especificamente desenhado para fortalecer capacidades locais de adaptação. O programa estabelece objetivos como “promover a integração e articulação entre os governos municipais, estaduais e federal” e “desenvolver capacidades institucionais nos municípios para o planejamento e implementação de ações de adaptação à mudança do clima” (art. 2º). Estrategicamente, o programa prioriza municípios com maior vulnerabilidade (art. 3º, II) e oferece apoio técnico estruturado através de capacitações, acesso a informações sobre riscos climáticos e mentoria para desenvolvimento de planos locais (art. 6º). A sustentabilidade financeira das iniciativas é contemplada pelo acesso potencial aos recursos do Fundo Nacional de Mudança do Clima (art. 7º), estabelecendo uma ponte entre a formulação de políticas e sua efetiva implementação.

A literatura científica demonstra que a configuração espacial das cidades, quando concebida criteriosamente, funciona como mecanismo de equalização social. Estudos convergem para a conclusão de que o planejamento urbano adequado garante à população acesso a sistemas alimentares nutricionalmente adequados e financeiramente acessíveis, redes de atenção primária em saúde com cobertura abrangente, infraestrutura pública qualificada para recreação e sistemas de transporte coletivo eficientes. Esse impacto transformador revela-se particularmente significativo em territórios historicamente submetidos a processos sistêmicos de negligência socioespacial (Giles-Corti et al., 2016; Murad et al., 2024).

Desenvolver capacidade adaptativa ante as mudanças climáticas requer a incorporação de objetivos de equidade em saúde no planejamento urbano, priorizando populações vulneráveis através de intervenções otimizadas, parcerias estratégicas e capacitação profissional (Johnson, 2024). A requalificação urbana pode reduzir vulnerabilidades sanitárias através de políticas intersetoriais que abordem desafios como ilhas de calor e poluição atmosférica. Bairros com usos variados do solo e melhor integração comunitária possibilitam a coesão social, permitindo caminhadas e deslocamentos curtos que reduzem a exposição a riscos ambientais (Wan et al., 2024; Giles-Corti et al., 2016).

Conforme destacado pelas Nações Unidas, as mudanças climáticas representam uma emergência global que transcende fronteiras municipais, exigindo coordenação em múltiplos níveis (UN, 2015). No cenário internacional, experiências regulatórias oferecem referências importantes para o Brasil, como a Lei Europeia do Clima e regulamentações latino-americanas do Peru, Honduras e Paraguai, que integram saúde e adaptação climática (Wickremasinghe et al., 2016).

Se por um lado a legislação brasileira avança, por outro o fator determinante para sua efetividade é a capacidade operacional das prefeituras. O progresso na adaptação climática municipal depende de uma base estruturada de apoio político, recursos financeiros e conhecimento técnico. A descentralização efetiva transcende a mera delegação de responsabilidades – requer condições mínimas para que municípios implementem ações necessárias, superando a histórica desigualdade na capacidade de resposta entre diferentes regiões do país.

Essa análise da governança municipal revela, portanto, que o arcabouço normativo existente, embora necessário, é insuficiente sem implementação efetiva. O desafio central está em operacionalizar os princípios de governança em sistemas de saúde resilientes, capazes de proteger a população ante as crescentes ameaças climáticas, particularmente em contextos de vulnerabilidade socioeconômica prevalentes no território brasileiro. Compreender como construir essa resiliência é o próximo passo fundamental, tema que será abordado na seção seguinte.

Construindo sistemas de saúde resilientes

Fundamentos e capacidades adaptativas dos sistemas de saúde

A resiliência, definida como a capacidade dos sistemas de antecipar, preparar, responder e recuperar-se de eventos climáticos extremos, constitui-se em elemento central no planejamento municipal de saúde (Nakatani et al., 2023). Essa capacidade adaptativa depende fundamentalmente de estruturas de governança local eficientes na tomada de decisões e alocação de recursos (Pardosi et al., 2016), reforçando a importância de mecanismos descentralizados que respondam às necessidades específicas de cada contexto. Contudo, a efetividade desses arranjos enfrenta limitações críticas: em 2023, apenas 27% dos municípios brasileiros afetados por eventos climáticos extremos conseguiram acessar recursos federais específicos para adaptação, evidenciando barreiras burocráticas e capacidade técnica insuficiente para desenvolver projetos elegíveis (Soares, 2025).

A descentralização do SUS, ao transferir responsabilidades significativas aos municípios, criou condições para adaptação dos serviços às realidades locais, facilitando a expansão da atenção primária e fomentando iniciativas de planejamento regional. Entretanto, essa estrutura revela uma fragilidade fundamental: a ausência de uma autoridade pública regional de saúde com estruturas administrativas claramente definidas. O modelo atual resulta em gestão altamente fragmentada, sobrecarregando municípios com capacidades fiscais, administrativas e técnicas dramaticamente desiguais, o que compromete severamente a coordenação de respostas integradas a eventos climáticos que frequentemente transcendem fronteiras municipais (Massuda et al., 2023).

Pesquisas indicam três princípios fundamentais para a construção de sistemas resilientes: primeiro, a necessidade de superar abordagens rígidas e lineares, reconhecendo a natureza adaptativa complexa dos sistemas de saúde (Barasa et al., 2017); segundo, a centralidade da participação comunitária, como demonstrado em estudos na Indonésia onde o engajamento local fortaleceu significativamente o sistema durante a Covid-19 (Widhiyoga; Ikawati, 2022); e terceiro, o papel determinante do capital social e das capacidades adaptativas comunitárias na criação de respostas efetivas (Bhandari; Alonge, 2020). Essa perspectiva sugere que, embora investimentos infraestruturais sejam necessários, o fortalecimento participativo e comunitário é igualmente crucial para sistemas que efetivamente combatam vulnerabilidades (Foroughi et al., 2022; Khodor et al., 2024).

A pandemia de Covid-19, apesar de revelar fragilidades críticas, demonstrou capacidades adaptativas importantes no SUS que podem ser potencializadas para o enfrentamento de desastres climáticos: a rápida ampliação de leitos temporários (aplicável a eventos como enchentes); a manutenção da governança regulatória mesmo em ambiente político adverso; a utilização eficaz da telessaúde para treinamento e consulta (crucial para áreas isoladas por eventos extremos); e a coordenação eficiente da rede de laboratórios públicos complementada por serviços privados. Essas adaptações bem-sucedidas oferecem lições valiosas, particularmente quando aprimorados os mecanismos de coordenação entre níveis de atenção e esferas governamentais (Massuda et al., 2023).

O capital social – compreendido como redes de vínculos intra e extra-comunitários – emerge como facilitador determinante para respostas sanitárias adequadas no contexto brasileiro. Esse recurso manifestou-se de forma evidente durante as inundações no Rio Grande do Sul (2024), quando comunidades auto-organizadas estabeleceram rotas de evacuação e pontos de atendimento emergencial antes mesmo da chegada do poder público. O conhecimento local e a participação social potencializam o planejamento de ações responsivas aos desafios específicos de cada território, aspecto crucial considerando que as mudanças climáticas impõem uma “dupla carga” aos sistemas de saúde: interrupções operacionais devido a danos infraestruturais simultâneas a novas demandas sanitárias resultantes das condições ambientais alteradas (Martins et al., 2024).

Desafios de implementação e o caminho para a transformação

Reconhecendo a necessidade de fortalecer a resiliência sanitária ante os desafios climáticos, iniciativas governamentais têm sido desenvolvidas recentemente, destacando-se: a criação de grupos de trabalho para atualização da Política Nacional sobre Mudança do Clima; a formulação do Plano Clima com eixos específicos de adaptação e mitigação; o desenvolvimento do Plano Clima-Adaptação; e a implementação, pela Secretaria Nacional de Periferias, de programa para desenvolver Planos Municipais de Redução de Riscos em 20 municípios prioritários, representando avanço significativo na prevenção de desastres em áreas vulneráveis (GTSC A2030, 2024).

Contudo, essas iniciativas enfrentam um obstáculo sistemático observado em diversos programas brasileiros de adaptação climática: a lacuna crítica entre planejamento e implementação efetiva. Esse desafio manifesta-se de forma contundente na execução orçamentária: em 2023, apenas 16% do orçamento destinado ao programa “Gestão de Riscos e Desastres” foram efetivamente utilizados, apesar do aumento de aproximadamente 30% na dotação comparada ao ano anterior. Esse padrão revela uma tendência recorrente na gestão pública – a formulação de políticas ambiciosas sem o desenvolvimento dos mecanismos adequados para sua operacionalização – constituindo-se em barreira significativa à implementação de medidas concretas de adaptação e resiliência sanitária (GTSC A2030, 2024). Diante desse cenário de fragilidade institucional e urgência cli-

mática, os sistemas de saúde resilientes que o Brasil necessita demandam uma transformação tríplice:

1. *Conceitual*: superando a visão fragmentada que separa saúde pública de adaptação climática, reconhecendo a interdependência fundamental entre estabilidade ecológica e saúde populacional;

2. *Operacional*: integrando efetivamente os diferentes níveis de atenção à saúde e fortalecendo mecanismos de coordenação regional que transcendam as limitações municipais individuais, aproveitando as capacidades adaptativas demonstradas durante a pandemia;

3. *Orçamentária*: garantindo não apenas a alocação adequada de recursos, mas principalmente sua efetiva execução através de processos de capacitação técnica, desburocratização e monitoramento contínuo.

Essa transformação representa a evolução necessária do modelo atual, aproveitando as capacidades adaptativas demonstradas durante crises recentes enquanto supera as fragilidades evidenciadas pelos eventos climáticos extremos analisados neste ensaio. A superação dos desafios identificados requer não apenas comprometimento orçamentário adequado, mas também governança eficiente e capacidade técnica para traduzir planos em ações concretas que efetivamente protejam a saúde da população brasileira ante as crescentes ameaças climáticas, particularmente aquelas em situação de maior vulnerabilidade socioambiental.

A trajetória rumo a sistemas de saúde verdadeiramente resilientes exige, portanto, que formuladores políticos integrem essas três dimensões em uma agenda unificada e prioritária, direcionada a soluções sanitárias sustentáveis e responsivas tanto às crises endêmicas quanto aos desafios climáticos crescentes. O êxito dessa transformação determinará a capacidade do Brasil de proteger a saúde de sua população em um cenário de intensificação dos extremos climáticos nas próximas décadas.

Conclusão

A análise dos impactos climáticos sobre os sistemas de saúde brasileiros evidencia um abismo crítico entre marcos normativos abundantes e sua implementação efetiva: apenas 16% do orçamento para gestão de riscos foi executado em 2023, enquanto 23 estados carecem de planos de adaptação climática. Eventos catastróficos recentes – do Rio Grande do Sul ao Pantanal – expõem as consequências dessa negligência institucional: sistemas que colapsam quando mais necessários, ampliando desigualdades históricas. A transformação exigida demanda uma ruptura com o modelo fragmentado atual, investindo simultaneamente em adaptação infraestrutural, governança local fortalecida, planejamento equitativo, engajamento comunitário e abordagem sistêmica que integre força de trabalho, suprimentos e estruturas administrativas. O desafio transcende ajustes incrementais, requerendo redesenho fundamental impulsionado por vontade política e compromisso orçamentário compatíveis com a magnitude da crise climática, para evitar condenar milhões de brasileiros vulneráveis a um futuro de desproteção sanitária.

Referências

- ADIL, L. et al. Climate Risk Index 2025: Who suffers most from extreme weather events? Germanwatch Report, 2025.
- ANSAH, E. W. et al. Health systems response to climate change adaptation: A scoping review of global evidence. *BMC Public Health*, v.24, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-19459-w>.
- ARORA, G.; CHHABRA, V.; AKSHIT, K. Human health in the face of extreme weather: An analysis of impacts and implications. In: PRABHAKAR, P. K.; LEAL FILHO, W. (Ed.) *Preserving health, preserving earth*. World Sustainability Series. Springer, Cham, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60545-1_6.
- BARASA, E. W. et al. From bouncing back, to nurturing emergence: reframing the concept of resilience in health systems strengthening. *Health Policy and Planning*, v.32, suppl. 3, p.iii91–iii93, 2017. <https://doi.org/10.1093/heapol/czx118>.
- BHANDARI, S.; ALONGE, O. Measuring the resilience of health systems in low- and middle-income countries: A focus on community resilience. *Health Research Policy and Systems*, v.18, n.1, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12961-020-00594-w>
- BLAUDT, L. M.; ALVARENGA, T. W.; GARIN, Y. Desastre ocorrido em Petrópolis no verão de 2022: Aspectos gerais e dados da defesa civil. *Revista Geociências*, v.41, n.4, p.59-71, 2023.
- BUSTAMANTE, M. M. C. Climate change and children's health: Resilience challenges for Brazil. *Jornal de Pediatria*, v.101 (Supplement 1), p.S3-S9, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.11.002>.
- CALIM COSTA, M. et al. Multiscale analysis of drought, heatwaves, and compound events in the Brazilian Pantanal in 2019–2021. *Theoretical and Applied Climatology*, v.155, p.661-77, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04655-2>
- CENTRO BRASIL NO CLIMA; INSTITUTO CLIMA E SOCIEDADE (CBC/ICS). Anuário Estadual de Mudanças Climáticas 2025. [S.l.]: CBC; ICS, 2025. 216p. Disponível em: <https://climaesociedade.org/wp-content/uploads/2025/02/ANUARIO-ESTADUAL-DE-MUDANCAS-CLIMATICAS_CBC-ICS_2025_FEV.pdf>.
- CNN-Brasil. Alagamentos, destruição e 183 mortes: Relembre a tragédia das chuvas no RS que marcou 2024. Dezembro, 2024.
- CODJOE, S. N. A. et al. Impact of extreme weather conditions on healthcare provision in urban Ghana. *Social Science & Medicine*, v.258, 113072, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113072>.
- DE CLARO, V. Reframing health systems resilience: A necessary step towards transformative action. *BMJ Global Health*, v.8, n.7, e013233, 2023. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2023-013233>
- EBI, K. L.; HESS, J. J. Health risks due to climate change: Inequity in causes and consequences. *Health Affairs*, v.39, n.12, p.2066-72, 2020. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2020.01125>.
- FADDA, J. Climate change: An overview of potential health impacts associated with climate change environmental driving forces. In: SAYIGH, A. (Ed.) *Renewable energy and sustainable buildings*. Innovative Renewable Energy. Springer, Cham, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18488-9_8.

FASE & NEAST. *Agrotóxicos no Pantanal*: Contaminação das águas e impactos na saúde e ambiente em Mato Grosso, 2022. https://fase.org.br/wp-content/uploads/2022/08/cartilha_agrotoxico_2022.pdf

FOROUGH, Z. et al. Toward a theory-led meta-framework for implementing health system resilience analysis studies: A systematic review and critical interpretive synthesis. *BMC Public Health*, v.22, n.1, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12496-3>

GILES-CORTI, B. et al. City planning and population health: A global challenge. *The Lancet*, v.388, n.10062, p.2912-24, 2016. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6)

GONIEWICZ, K.; BURKLE, F. M.; KHORRAM-MANESH, A. Transforming global public health: Climate collaboration, political challenges, and systemic change. *Journal of Infection and Public Health*, v.18, n.1, p.102615, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2024.102615>

GOV.BR. Em 2023, Cemaden registrou maior número de ocorrências de desastres no Brasil. 2023. <https://tinyurl.com/37zyfktm>

GRIMM, P.; WYSS, K. (2022). What makes health systems resilient? A qualitative analysis of the perspectives of Swiss NGOs. *Globalization and Health*, v.18, n.1, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12992-022-00848-y>

GTSC A2030. VIII Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável Brasil. Gestos – Soropositividade, Comunicação e Gênero, 2024.

HOAGLAND, A.; KIPPING, S. Challenges in promoting health equity and reducing disparities in access across new and established technologies. *Canadian Journal of Cardiology*, v.40, n.6, p.1154-67, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2024.02.014>

IKONOMOVA, M.; MACASKILL, K. Climate change hazards, physical infrastructure systems, and public health pathways. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, v.3, n.4, 045001, 2023. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/acfabd>

INSTITUTO TRATA BRASIL. A vida sem saneamento: Para quem falta e onde mora essa população? S. d. <https://tratabrasil.org.br/>

INSTITUTO TRATA BRASIL. Saneamento é saúde: Como a falta de acesso à infraestrutura básica afeta a incidência de doenças relativas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil? Análise produzida por: Fernando Garcia de Freitas & Ana Lelia Magnabosco, 2025.

JOHNSON, S. S. The urgent need to advance health equity: Past and present. *American Journal of Health Promotion*, v.38, n.3, p.427-47, 2024. <https://doi.org/10.1177/08901171241232057>

KERSCHBAUMER, L. et al. COVID-19 and health inequalities: The impact of social determinants of health on individuals affected by poverty. *Health Policy and Technology*, v.13, n.1, 100803, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2023.100803>

KHODOR, R.; KARROUM, L.; EL-JARDALI, F. Flexible NGO-donor coordination in aid interventions to strengthen resilience: The case of Lebanon's primary healthcare system. *BMJ Global Health*, v.9, n.11, e016614, 2024. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-016614>

LUXON, L. Infrastructure - the key to healthcare improvement. *Future Hospital Journal*, v.2, n.1, p.4-7, 2015. <https://doi.org/10.7861/futurehosp.2-1-4>

MARENGO, J. A. et al. O maior desastre climático do Brasil: Chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. *Estudos Avançados*, v.38, n.112, 2024. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012>

MARTINS, F. P. et al. The Double Burden: Climate Change Challenges for Health Systems. *Environmental Health Insights*, v.18, 2024. <https://doi.org/10.1177/11786302241298789>.

MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Ed.) Sumário para Formuladores de Políticas. In: *Mudança do Clima 2021: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021

MASSUDA, A. et al. Sustainability and resilience in the Brazilian Health System. *Partnership for Health Systems Sustainability and Resilience*, 2023.

MURAD, A. et al. Optimizing health service location in a highly urbanized city: Multi-criteria decision-making and P-Median problem models for public hospitals in Jeddah City, KSA. *PLoS ONE*, v.19, n.1, e0294819, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294819>

NAKATANI, R.; ZHANG, Q.; VALDES, I. Health expenditure decentralization and health outcomes: The importance of governance. *Publius: The Journal of Federalism*, v.54, n.1, p.59-87, 2023. <https://doi.org/10.1093/publius/pjad031>

ONU. Programa para o Meio Ambiente. Dez impactos dos incêndios florestais na Austrália, 2020. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/dez-impactos-dos-incendios-florestais-na-australia>>.

O'SULLIVAN, D. Heavy rainfall fills empty reservoirs in Spain, bringing drought relief and floods. *Euronews*, 2025. Disponível em: <<https://www.euronews.com/green/2025/03/26/heavy-rainfall-fills-empty-reservoirs-in-spain-bringing-drought-relief-and-floods>>.

PARDOSI, J. F.; PARR, N.; MUHIDIN, S. Local government and community leaders' perspectives on child health and mortality and inequity issues in rural eastern Indonesia. *Journal of Biosocial Science*, v.49, n.1, p.123-46, 2016. <https://doi.org/10.1017/s0021932016000134>

PASCHOALOTTO, M. A. C. et al. Health systems resilience: Is it time to revisit resilience after COVID-19? *Social Science & Medicine*, 320, 115716, 2023.

PUROHIT, S. Rainfall in California: Special reference to 2023 rains that caused floods. *Annals of the American Association of Geographers*, v.115, n.1, p.97-109, 2024. <https://doi.org/10.1080/24694452.2024.2400078>

RAYMOND, C. et al. Understanding and managing connected extreme events. *Nature Climate Change*, v.10, p.611-21, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0790-4>.

RELIEFWEB. Disasters. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. April 2025. <https://reliefweb.int/disasters>

RINTANI, A.; WIBOWO, A. Health sector decentralization and its implication to health services in Indonesia. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, v.10, n.1, p.1-14, 2019. <https://doi.org/10.26553/jikm.2019.10.1.1-14>

ROCKSTRÖM, J. et al. Planetary boundaries guide humanity's future on Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*, v.5, n.11, p.773-88, 2024.

SALAM, A. et al. The impact of natural disasters on healthcare and surgical services in low- and middle-income countries. *Annals of Medicine and Surgery*, v.85, n.8, p.3774-7, 2023. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000001041>

SCHEELBEEK, P. F. D. et al. The effects on public health of climate change adaptation responses: A systematic review of evidence from low- and middle-income countries. *Environmental Research Letters*, v.16, 2021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac092c>

SHAMSUDDUHA, M. Redefining flood hazard and addressing emerging risks in an era of extremes. *npj Natural Hazards*, v.2, n.29, 2025. <https://doi.org/10.1038/s44304-025-00082-7>

SHEEHAN, M. C. 2021 Climate and health review – Uncharted territory: Extreme weather events and morbidity. *International Journal of Health Services*, v.52, n.2, p.189-200, 2022. <https://doi.org/10.1177/00207314221082452>

SIMPSON, N. P. et al. A framework for complex climate change risk assessment. *One Earth*, v.4, n.4, p.489-501, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>

SOARES, K. M. G. Governança climática transnacional: Uma análise crítica dos mecanismos de gestão frente aos eventos climáticos extremos. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v.23, n.2, e8876, 2025. <https://doi.org/10.55905/oelv23n2-007>

UNITED NATIONS. Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2025. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf>.

VARDOULAKIS, S.; MARKS, G.; ABRAMSON, M. J. Lessons learned from the Australian bushfires: Climate change, air pollution, and public health. *JAMA Internal Medicine*, v.180, n.5, p.635-6, 2020. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.0703>

WAN, J. et al. Integrative analysis of health restoration in urban blue-green spaces: A multiscale approach to community park. *Journal of Cleaner Production*, v.435, 140178, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140178>

WICKREMASINGHE, D. District decision-making for health in low-income settings: A systematic literature review. *Health Policy and Planning*, 31(suppl_2), ii12–ii24, 2016. <https://doi.org/10.1093/heapol/czv124>

WIDHIYOGA, G.; IKAWATI, N. Health system resilience and community participation amidst the COVID-19 pandemic: A case study of Sonjo (Sambatan Jogja) in the special region of Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, v.26, n.1, 17, 2022. <https://doi.org/10.22146/jsp.68825>

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Estrutura operacional para construção de sistemas de saúde resilientes ao clima e de baixo carbono. Organização Mundial da Saúde, 2023. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240081888>>.

ZHANG, D. et al. Wildland fires worsened population exposure to PM_{2.5} pollution in the contiguous United States. *Environmental Science & Technology*, v.57, n.48, 19990-19998, 2023. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c05143>.

RESUMO – Este ensaio crítico analisa a vulnerabilidade dos sistemas municipais de saúde brasileiros ante as mudanças climáticas, evidenciando o descompasso entre marcos normativos e implementação efetiva de políticas adaptativas. A partir de eventos extremos recentes, demonstra-se como os impactos climáticos comprometem simultaneamente a infraestrutura sanitária e ampliam a demanda por serviços, fenômeno caracterizado como “sobrecarga dupla”. Os resultados apontam fragilidades estruturais significativas: a minoria das capitais tem planos relacionados às mudanças climáticas e a execução orçamentária destinada à gestão de riscos permanece insuficiente. Propõe-se uma transformação tríplice (conceitual, operacional e orçamentária) para construção de sistemas resilientes, enfatizando a integração entre níveis de atenção, fortalecimento da governança regional e valorização do capital social comunitário. Conclui-se que o redesenho fundamental dos sistemas de saúde, impulsionado por compromisso político e orçamentário compatível com a magnitude da crise climática, é imperativo para proteção das populações vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, Sistemas de saúde, Planejamento municipal, Resiliência, Infraestrutura sanitária, Adaptação climática.

ABSTRACT – This critical essay analyzes the vulnerability of Brazilian municipal health-care systems to climate change, highlighting the gap between regulatory frameworks and the effective implementation of adaptive policies. Based on recent extreme events, it demonstrates how climate impacts simultaneously compromise health infrastructure and increase demand for services, a phenomenon characterized as “double burden”. The results indicate significant structural weaknesses: only a minority of capital cities have climate change-related plans, and budget execution for risk management remains insufficient. A triple transformation (conceptual, operational, and budgetary) is proposed to build resilient systems, emphasizing integration between levels of care, strengthening regional governance, and valuing community social capital. It concludes that the fundamental redesign of health systems, driven by political and budgetary commitment compatible with the magnitude of the climate crisis, is imperative for protecting vulnerable populations.

KEYWORDS: Climate change, Health systems, Municipal planning, Resilience, Health infrastructure, Climate adaptation.

Flavio Pinheiro Martins é candidato a PhD pela Bartlett School of Sustainable Construction, UCL e pesquisador associado do Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental – LIM/05 – Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. @ – flaviopinheiromartins@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-9452-722X>.

Andrea Ferraz Young é pesquisadora no CCarbon – Center for Carbon Research in Tropical Agriculture – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo. @ – andrea.young@usp.br / <http://orcid.org/0000-0002-5200-4009>.

Andre C. S. Batalhão é professor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás e no Department of Applied Management Sciences, Minas Gerais State University. @ – andrebatalhao@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-3560-9356>.

Mariana Matera Veras é pesquisadora responsável do Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental – LIM/05 – Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. @ – verasine@usp.br / <http://orcid.org/0000-0002-8363-4329>.

Paulo Hilário Nascimento Saldiva é médico patologista, professor titular do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Foi diretor do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (2016-2020). @ – pepino@usp.br / <http://orcid.org/0000-0003-2005-8253>.

Recebido em 29.4.2025 e aceito em 28.5.2025.

^{I,IV,VI} Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental – LIM/05 –, São Paulo, Brasil.

^{II} Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

^{III} Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Goiânia, Goiás, Brasil.