

Análise bibliográfica da arquitetura resiliente como estratégia mitigadora de danos diante de desastres naturais no Brasil

Ruthe Ferreira Farias^[1], João Vinicius Dantas de Araújo^{[2]*}, Jeilson Carlos Silva dos Santos Rodrigues^[3], Walter Ladislau de Barros Ribeiro^[4]

^[1] farias.ruthe@academico.ifpb.edu.br. Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9011-7745>.

^[2] viniciusdantasbsns@gmail.com. Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0652-2818>.

^[3] jeilson.silva@academico.ifpb.edu.br. Instituto Federal da Paraíba (IFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1596-0760>.

^[4] walter.ribeiro@ifpb.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4153-2807>.

* autor correspondente

Resumo

Desastres naturais são eventos resultantes de fenômenos como tsunamis, furacões, vulcanismo, ciclones, erosão, assim como deslizamentos, inundações e chuvas intensas, que, agravados ou não pela ação humana, impactam negativamente na sociedade, causando sérios danos e comprometendo o bem-estar da população. A arquitetura resiliente tem se destacado como uma abordagem fundamental, devido à sua capacidade de resistência e adaptação a cenários de risco e instabilidade. Esta revisão narrativa objetivou investigar os conceitos fundamentais e as técnicas da arquitetura resiliente, bem como sua relevância na mitigação dos impactos ambientais gerados e os desafios relacionados à sua implantação no território brasileiro. A partir disso, foi realizado um levantamento de dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e pela Organização das Nações Unidas (ONU), como também nas bases de dados Science Direct e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chave: arquitetura resiliente, desastres naturais, índice de resiliência, áreas de risco, mudanças climáticas e planejamento urbano. Os 19 artigos selecionados por meio dos critérios de inclusão, foram armazenados em tabelas e quadros para melhor extração, compreensão e análise dos dados. Os resultados obtidos indicaram a frequência e gravidade das ocorrências de desastres no Brasil, bem como a importância dos instrumentos de gestão ambiental e do fortalecimento de atributos associados a cidades resilientes – como a proteção de encostas, o modelo de cidades-esponja e o uso da biomimética. Também foram identificados os principais desafios à sua implementação, entre eles as restrições financeiras, os entraves legais e a carência de integração entre os órgãos públicos. Portanto, incentiva-se o desenvolvimento de pesquisas futuras aprofundando tais conceitos, com foco na conscientização da população e tomadas de decisões a partir das autoridades competentes.

Palavras-chave: áreas de risco; arquitetura resiliente; desastres naturais; mudanças climáticas; planejamento urbano.

Bibliographical analysis of resilient architecture as a damage mitigation strategy in face of natural disasters in Brazil

Abstract

Natural disasters are events resulting from phenomena such as tsunamis, hurricanes, volcanism, cyclones, erosion, as well as landslides, floods, and heavy rainfall, which – whether or not aggravated by human activity – negatively impact society, causing serious damage and compromising population well-being. Resilient architecture has emerged as a key approach due to its ability to resist and adapt to scenarios of risk and instability. This narrative revision aimed to investigate the fundamental concepts and techniques of resilient architecture, as well as its relevance in mitigating generated environmental impacts and the challenges related to its implementation in Brazilian territory. For this purpose, data were collected from the Brazilian National Center for Monitoring and Early Warning of

Natural Disasters (Cemaden) and the United Nations (UN), as well as from the Science Direct and Google Scholar databases, using the following keywords: resilient architecture, natural disasters, resilience index, risk areas, climate change, and urban planning. The 19 articles selected according to the inclusion criteria were organized into tables and charts to enable better extraction, understanding, and analysis of the data. The results indicated the frequency and severity of disaster occurrences in Brazil, as well as the importance of environmental management instruments and of strengthening attributes associated with resilient cities – such as slope protection, the sponge city model, and the use of biomimetics. The main challenges to its implementation were also identified, including financial constraints, legal obstacles, and the lack of integration among public agencies. Therefore, the development of future research is encouraged to deepen these concepts, with a focus on raising public awareness and guiding decision-making by competent authorities.

Keywords: *climate change; natural disasters; resilient architecture; risk areas; urban planning.*

1 Introdução

Desastres naturais são fenômenos que impactam o ambiente físico e social, sendo potencializados ou não pela ação humana. Tais impactos geram sérios danos e prejuízos que afetam diretamente o bem-estar das populações locais e representam grandes desafios para o planejamento urbano e gestão das grandes cidades (Marcelino, 2008; Silva Júnior; Chaves, 2021). Embora suas manifestações estejam frequentemente associadas a terremotos, tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, elas também englobam fenômenos como deslizamentos de terra, chuvas intensas, inundações, subsidências e erosão.

Responsáveis por danos e perdas socioeconômicas e ambientais, deve-se considerar que as atividades humanas não sustentáveis – como desmatamento, exploração de recursos naturais, uso extensivo de energia, emissão de poluentes, toxinas no solo, na água e no ar – aceleram os processos, e conseqüentemente, contribuem para maior intensidade desses fenômenos, interferindo na dinâmica do meio ambiente (Kobiyama *et al.*, 2006; Araújo, 2021). Devido às mudanças climáticas e à expansão desordenada das cidades, muitas edificações foram construídas em áreas impróprias, onde a população residente é submetida a vulnerabilidades e exposta a riscos constantes a esses desastres naturais (Nelles; Serrer, 2020).

Diante dessas adversidades, a arquitetura resiliente tem se destacado como uma abordagem fundamental na prevenção e mitigação dos danos associados a cenários de instabilidade. O conceito de resiliência refere-se à capacidade de se adaptar ou retornar ao estado original após enfrentar diversidades, que, dentro da arquitetura, surge como uma oportunidade para enfatizar a importância de construir edificações ou espaços urbanos que resistam e se mantenham funcionais diante de situações adversas. Esse conceito tem ganhado forças em diversos países, especialmente da Ásia, com o uso criterioso de técnicas e planejamento urbano, baseados em diretrizes que visam à diminuição dos riscos de desastres (Azevedo, 2023).

Dessa forma, a arquitetura resiliente emerge como uma abordagem fundamental para reduzir os impactos desses desastres e se recuperar rapidamente, visto que é responsável pela análise de tais contextos que afetam o cotidiano e integridade da população, de modo a promover a construção de edificações capazes de resistir e se adaptar às adversidades impostas pelo ambiente. A importância dessa abordagem reside na sua capacidade de reduzir vulnerabilidades, bem como garantir a continuidade das atividades sociais e econômicas (Azevedo, 2023).

Sendo assim, observa-se a relevância de uma análise profunda sobre o papel da arquitetura no enfrentamento das conseqüências decorrentes dos riscos naturais, por meio da identificação de práticas, materiais e estratégias que contribuam para a melhoria da segurança e do bem-estar coletivo. Além da dimensão física das construções, o conceito de resiliência na arquitetura também abrange aspectos sociais (Genadt, 2019), tendo o intuito de promover a criação de ambientes que contribuam para o bem-estar dos usuários e colaborem para a construção de espaços mais resilientes e adaptáveis às adversidades (Araújo; Villa, 2020).

Apesar do crescente número de estudos sobre desastres naturais no Brasil, observa-se que grande parte das pesquisas se concentra em medidas emergenciais, políticas públicas e soluções de

engenharia, havendo uma lacuna quanto à análise da arquitetura resiliente como estratégia preventiva e mitigadora de danos, especialmente quando consideradas as especificidades climáticas, sociais e territoriais do contexto brasileiro. Portanto, esta pesquisa objetivou, de maneira geral, analisar a relação da arquitetura resiliente no enfrentamento às consequências promovidas pelos desastres naturais, identificando práticas e estratégias que possam ser implementadas para a melhora da resiliência urbana e construtiva perante a realidade brasileira. De maneira específica, a pesquisa objetivou: a) identificar os principais tipos de desastres naturais que acometem a realidade brasileira; b) identificar os conceitos fundamentais da arquitetura resiliente; c) analisar as principais práticas e soluções de arquitetura resiliente adotadas no mundo e como elas podem ser implementadas na realidade do Brasil; d) compreender os desafios para implementação das principais práticas resilientes na realidade brasileira.

A partir desses objetivos, foram desenvolvidas as seções posteriores, enumeradas de 2 a 5. A seção 2 é composta pelo referencial teórico, formado pela análise da literatura que possibilitou o desenvolvimento da pesquisa. A seção 3, pelo procedimento metodológico de coleta e estudo dos materiais. A seção 4 é composta pelos principais resultados e discussões acerca do estudo realizado. E, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais da pesquisa.

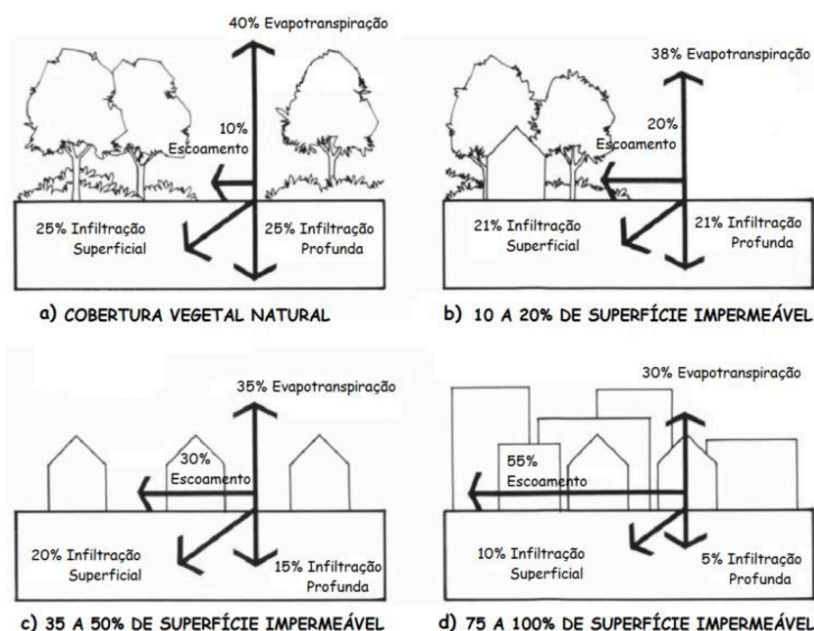
2 Referencial teórico

Desde a Revolução Industrial, as mudanças na relação entre o homem e a natureza foram intensificadas, devido ao avanço tecnológico e a exploração intensiva dos recursos naturais, causando o aumento das emissões de poluentes e a degradação dos ecossistemas. Com o objetivo de enfrentar esses desafios e promover um desenvolvimento econômico, social e ambiental, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu, em 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nos últimos anos, contudo, as mudanças climáticas têm se acentuado. De acordo com um levantamento realizado entre julho de 2023 e junho de 2024, a temperatura média global aumentou 1,5 °C em comparação ao período pré-industrial (ONU, 2024).

Nesse contexto, o Brasil vivenciou, ao longo do século XX, um processo de crescimento econômico e urbano marcado pela desorganização e pela falta de planejamento, o que resultou em sérias deficiências na infraestrutura das cidades e em um modelo de urbanização socialmente desigual e ambientalmente insustentável. Como resultado desse crescimento desordenado e da deficiência de infraestrutura das cidades, surgiram aglomerados subnormais, consolidados em regiões ambientalmente instáveis, com uma infraestrutura urbana inadequada, como encostas íngremes, planícies fluviais e margens de córregos, mais frequente, sobretudo por populações de menor poder aquisitivo (Silva Júnior; Chaves, 2021).

Além disso, a ausência de um planejamento urbano adequado desencadeou diversos problemas, que vão desde a poluição ambiental até a intensificação da pobreza extrema, favorecendo a proliferação de doenças e o aumento do número de desabrigados. Em função da impermeabilização do solo, houve um grande crescimento das emissões de gases do efeito estufa, da degradação dos ecossistemas e do aumento do escoamento superficial da água, evidenciando na Figura 1. Assim, com o avanço acelerado da ocupação urbana, tais impactos tornam-se ainda mais graves e difíceis de mitigar (Brilhante, 2020).

Figura 1 – Escoamento superficial em função da impermeabilização do solo



Fonte: Silveira *et al.* (2019)

Essas mudanças na dinâmica ambiental estão causando um aumento de eventos meteorológicos extremos, como ondas de calor extremas, secas intensas, chuvas fortes, aumento do nível do mar, tufões, inundações e deslizamentos. Em contexto das calamidades que estão afetando o território brasileiro ao longo dos anos, desastres como enchentes e deslizamentos de terra estão sendo cada vez mais frequentes, causando prejuízos em diversas áreas ao longo de todo país, destruindo a infraestrutura local e gerando grande sofrimento à população (Azevedo, 2023).

O Brasil tem enfrentado uma série de desastres naturais e ambientais com impactos sociais, econômicos e ambientais significativos. Em 2011, chuvas intensas no Rio de Janeiro provocaram inundações e deslizamentos de terra, afetando as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis (Azevedo, 2023). No ano seguinte, em 2012, um deslizamento de terra na encosta da BR-230, em João Pessoa, resultou em três vítimas fatais (Morais, 2017). Entre 2022 e 2023, estados como São Paulo e Santa Catarina também foram atingidos por intensos deslizamentos de terra. Já em 2024, o Rio Grande do Sul enfrentou enchentes históricas que afetaram milhões de pessoas, resultando em milhares de desabrigados e centenas de mortes (Guitarrara, 2024).

Baseada numa análise feita no município de Marechal Cândido Rondon-PR, observou-se que desastres naturais como vendavais e tornados foram os mais frequentes na região. Esses desastres podem causar danos a diversas áreas como a pecuária e agricultura que são essenciais no município, pessoas desalojadas, desabrigadas, feridas. E também um vasto dano econômico. Estima-se que cerca de R\$ 200.582.780,00 de prejuízo foram gerados do ano de 2013 a 2017 em decorrência a vendavais (González *et al.*, 2023).

Diante disso, torna-se evidente a necessidade de um planejamento urbano adequado que corresponda às necessidades proporcionadas pelos riscos citados. Tais mudanças apresentam a arquitetura resiliente como estratégia preventiva e de resposta às catástrofes naturais. As adversidades que circundam o cotidiano dos brasileiros evidenciam a falta de ações e posteriormente demonstram falta de resiliência nas comunidades.

A arquitetura resiliente tem ganhado destaque como prioridade no planejamento urbano, sendo incorporada como um dos objetivos centrais nas estratégias de adaptação às mudanças climáticas. Isso a torna um conceito essencial no contexto da sustentabilidade (Suárez *et al.*, 2016 *apud* Azevedo, 2023), pois o desenvolvimento sustentável está relacionado com a diminuição dos gases que provocam o efeito estufa, e dessa forma a resiliência pode ser evidenciada (Cordovil, 2020). Nesse sentido, é possível perceber o papel da arquitetura no contexto das crescentes mudanças climáticas, bem como em relação aos desastres naturais que ocorrem sem ação do homem.

Apesar dos recursos destinados à gestão de desastres, diversos obstáculos comprometem a eficácia dessas medidas. Um dos principais desafios é a ausência de políticas preventivas adequadas para cada município brasileiro. Embora a existência de uma legislação para decretar estado de emergência seja fundamental, é imprescindível a implementação de ações preventivas que reduzam a ocorrência de desastres, além da formulação ágil de estratégias para minimizar seus impactos (CNM, 2022 *apud* Azevedo, 2023).

Habitações de boa qualidade no Brasil estão diretamente associadas às condições socioeconômicas da população. Indivíduos com maior poder aquisitivo têm acesso a moradias de melhor qualidade e infraestrutura urbana, enquanto aqueles em situação habitacional precária enfrentam desafios significativos, incluindo desastres. A falta ou ineficiência na implementação de políticas públicas agrava esse cenário, deixando grande parte da população vulnerável e desamparada (Almeida, 2011). Como consequência, essas comunidades lidam constantemente com a precariedade habitacional e a vulnerabilidade social (Azevedo, 2023).

3 Método da pesquisa

Com foco em cumprir os objetivos estabelecidos previamente, foi desenvolvido o procedimento metodológico utilizado. Esse procedimento foi dividido em duas subseções, sendo elas: 3.1 Material; e 3.2 Procedimento, possibilitando melhor detalhamento e entendimento dos processos realizados durante o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Material

A partir de reuniões utilizando técnicas como *brainstorm*, foi elaborado o processo que consistiu no levantamento detalhado da literatura nas bases de dados Science Direct e na ferramenta Google Acadêmico (utilizada de forma complementar para ampliar o alcance da busca), no período de 2020 a 2025. Na busca, utilizaram-se as seguintes palavras-chave: arquitetura resiliente, desastres naturais, áreas de risco, crise climática e planejamento urbano, combinadas pelo operador booleano “E”. No levantamento inicial buscou-se sondar estudos a nível mundial acerca de estratégias resilientes e inovadoras, da mesma forma a busca foi realizada a nível nacional para análise do cenário da literatura acerca da aplicação destas soluções.

Inicialmente foram obtidos 158 artigos que passaram pelos seguintes métodos de inclusão: a) relação direta com o tema analisado; b) acesso livre para leitura; e c) idioma em português, inglês ou espanhol. Após isso, os artigos remanescentes foram catalogados e fichados para análise da sua aplicabilidade ao contexto brasileiro, o que resultou num total de 19 artigos. Além da revisão acerca da literatura, também foram utilizados dados fornecidos pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e pela Organização das Nações Unidas (ONU).

3.2 Procedimento

Após o levantamento realizado, os artigos selecionados foram analisados de maneira qualitativa com objetivo de fornecer embasamento para o desenvolvimento de uma revisão narrativa. Para isso, foram elaboradas fichas específicas em formato de tabelas e quadros, contendo: identificação autoral, ano de publicação, resumo do estudo e principais destaques. Essa sistematização permitiu a realização de uma síntese comparativa e a visualização clara dos resultados, subsidiando a análise crítica e a discussão ao longo do estudo.

Os resultados obtidos foram divididos em eixos que identificam a cerca dos desafios enfrentados na implementação da arquitetura resiliente em contextos marcados por eventos climáticos extremos, sendo apresentados a frequência de ocorrências e alertas de desastres naturais nas cidades brasileiras ao longo dos anos, bem como as características fundamentais atribuídas a cidades resilientes, as práticas atribuídas e as fragilidades estruturais observadas no contexto brasileiro, demonstrando o papel dos órgãos governamentais e sociais no reconhecimento da arquitetura resiliente como estratégia eficaz de mitigação de riscos e fortalecimento das capacidades adaptativas das comunidades vulneráveis.

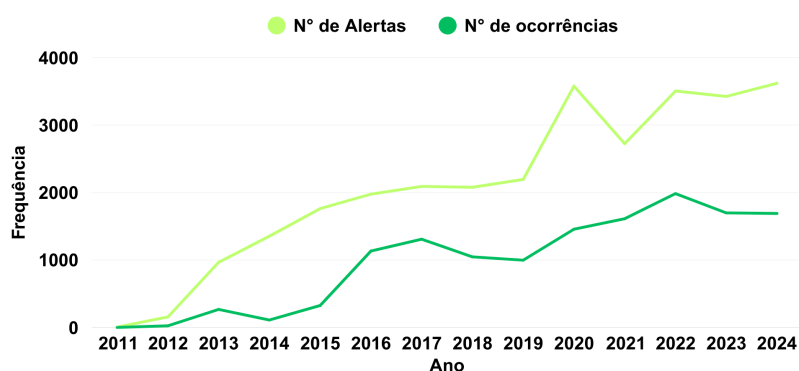
4 Resultados e discussões

Como fruto da coleta e análise dos materiais selecionados a partir do método, foram obtidos os principais resultados da pesquisa, dispostos em quatro subseções, as quais tratam do panorama nacional a respeito da frequência de alertas e ocorrências de desastres naturais, dos parâmetros e soluções arquitetônicas internacionais de resiliência e da análise dos desafios em torno da implementação de tais técnicas no Brasil.

4.1 Ocorrências e alertas de desastres naturais no Brasil

Para entender a relação dos alertas e ocorrências de desastres no Brasil nos últimos anos, apresentada na Figura 2, utilizou-se os dados fornecidos pelo Cemaden, um órgão de pesquisa atrelado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), responsável pelo monitoramento e emissão de alertas a respeito da ocorrência de desastres naturais ao longo do território brasileiro, além de atuar em projetos de conscientização.

Figura 2 – Frequência de ocorrências e alertas de desastres naturais por ano



Fonte: adaptado de Brasil (2025a)

Observa-se na Figura 2 que, no período de 2012 a 2024, houve um aumento contínuo no número de ocorrências e alertas. Esse crescimento se deve à ampliação do monitoramento de municípios e à maior incidência de eventos meteorológicos, conforme observado na literatura. Segundo o Cemaden, em 2024, 68% das ocorrências estão relacionadas a fenômenos hidrológicos ($n = 1.150$) e 32%, a geológicas ($n = 541$). Verifica-se que há diferença quanto à predominância de ocorrências hidrológicas. Esses dados demonstram que um dos fatores que influenciam estes eventos está relacionado ao aumento de chuvas intensas e também a sua escassez, especialmente na região sul e no Nordeste, resultando em enchentes e secas respectivamente, conforme destacado por Silva Júnior e Chaves (2021).

Com a intensificação das mudanças climáticas, a vulnerabilidade urbana torna-se cada vez mais evidente, sobretudo em regiões como o Nordeste, historicamente marcado por limitações estruturais e associado a longos períodos de seca. O reforço do monitoramento pela Defesa Civil, em 2025 (Brasil, 2025b), diante das chuvas intensas que atingiram o litoral nordestino, provocando enchentes e deslizamentos, evidencia não apenas a gravidade do cenário, mas também a urgência de ações estruturantes. Apesar da existência de dispositivos jurídicos que possibilitam a formulação de políticas públicas de adaptação climática, como apontam Sousa e Silva (2023), sua implementação ainda enfrenta dificuldades relacionadas ao planejamento urbano e à articulação entre os setores.

4.2 Conceitos fundamentais da arquitetura resiliente

Devido à necessidade de ações estruturantes, diversos organismos internacionais têm desenvolvido referenciais para orientar a criação de cidades mais seguras e adaptáveis diante de eventos extremos. Em 2020, o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres

(UNDRR) consolidou um conjunto de indicadores urbanos locais voltados à construção de cidades mais resilientes. Esses parâmetros foram estruturados de forma a contemplar dimensões sociais, econômicas, ambientais e institucionais, reforçando a ideia de que a resiliência urbana deve ser compreendida como um processo integrado e contínuo. Para fins de sistematização, os indicadores foram organizados em três categorias principais: básicas, operativas e de reconstrução. O Quadro 1 apresenta um resumo dessas características.

Quadro 1 – Características essenciais de cidades resilientes

Aspectos	Características
Básicos	<ul style="list-style-type: none"> - Preparação para desastres, reduzindo vulnerabilidades; - Compreensão dos riscos presentes e futuros para garantir segurança; - Fortalecimento da capacidade financeira para lidar com impactos econômicos.
Operativos	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento urbano baseado na resiliência; - Preservação de ecossistemas naturais como barreiras protetoras; - Fortalecimento das instituições para atuar de forma eficaz; - Promoção de uma cultura social de ajuda mútua; - Aumento da resiliência da infraestrutura.
Reconstrução	<ul style="list-style-type: none"> - Garantia de resposta eficiente a catástrofes; - Planejamento preventivo para melhorar a reconstrução pós-desastre.

Fonte: UNDRR ([2021?])

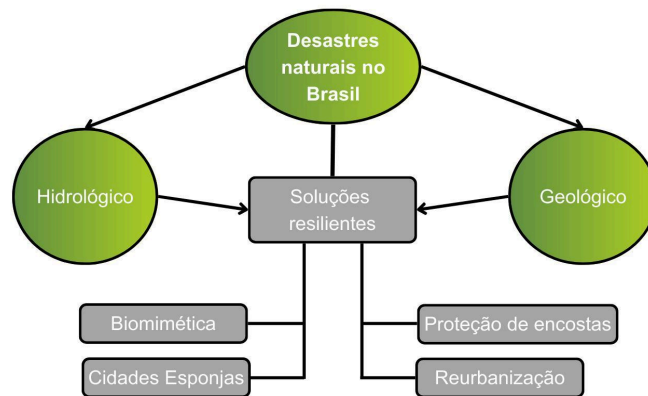
Como observado no Quadro 1, para atingir uma boa eficiência da resiliência urbana deve-se considerar desde a fase preparatória, que envolve reconhecer os riscos e garantir meios financeiros para enfrentá-los, até a resposta pós-desastre, planejada com antecedência para possibilitar uma reconstrução segura e eficiente. Isso demonstra que a arquitetura resiliente vai além de soluções técnicas, configurando-se como uma abordagem estratégica e integrada, que articula um bom planejamento urbano, envolvimento social e gestão de riscos.

Sua atuação combina adaptação ambiental e valorização dos ecossistemas, sendo responsabilidade tanto do poder público quanto da sociedade, com a promoção de uma cultura de cooperação, ao entender essa necessidade. A preparação adequada e a compreensão dos riscos são elementos centrais para mitigar danos futuros, enquanto a reconstrução pós-desastre surge como oportunidade para corrigir fragilidades e promover melhorias estruturais locais. Trata-se, portanto, de um processo contínuo e sistêmico de adaptação e fortalecimento urbano (Cunha, 2023).

4.3 Práticas resilientes ao redor do mundo que podem ser aplicadas à realidade brasileira

A partir da análise realizada, pôde-se identificar práticas resilientes ao redor do mundo e observar sua aplicação aos principais tipos de desastres naturais ocorridos no Brasil nos últimos anos, como apresentado pelo CEMADEN. Na Figura 3, estão evidenciadas as categorias principais dessas soluções, baseadas no princípio da resiliência frente à desastres naturais.

Figura 3 – Principais soluções resilientes por tipos de desastres



Fonte: dados da pesquisa

4.3.1 Biomimética

Entre as abordagens promissoras voltadas à melhoria da coexistência entre o ser humano e o meio ambiente, destaca-se a biomimética. Trata-se de uma abordagem que procura compreender o funcionamento dos organismos naturais a partir da observação, associando-os ao conhecimento tecnológico produzido pelo homem. Esse sistema vem se consolidando como uma abordagem recorrente ao redor do mundo, visando trazer um novo olhar sobre o ecossistema e a natureza, de modo a adotar o princípio de coexistência com o ambiente natural, contribuindo para otimização de recursos e para maior sustentabilidade do planeta (Araújo, 2021).

Através do estudo da organização e funcionalidade das estruturas biológicas, dos sistemas e das inter-relações, a natureza pode tanto contribuir para solucionar os aspectos técnicos, estruturais, funcionais ou formais, quanto para integrar intervenções humanas ao meio ou mitigar seus impactos, reforçando sua presença no espaço urbano (Araujo *et al.*, 2018). Ao adotar a natureza como mentora e modelo projetual, suas estratégias e soluções inspiram a criação de tecnologias, produtos, processos e sistemas mais duráveis, funcionais e eficientes (Oliveira; Ramos, 2019).

Segundo Benyus (1997 *apud* Araújo, 2021), após um extenso período de análise, os ecologistas identificaram um conjunto de características recorrentes em diversos sistemas de vida, conforme demonstrado na Figura 4, que estando interligados ou não, podem ser compreendidos como padrões de sucesso do design da natureza.

Figura 4 – Resultados do estudo sobre a natureza

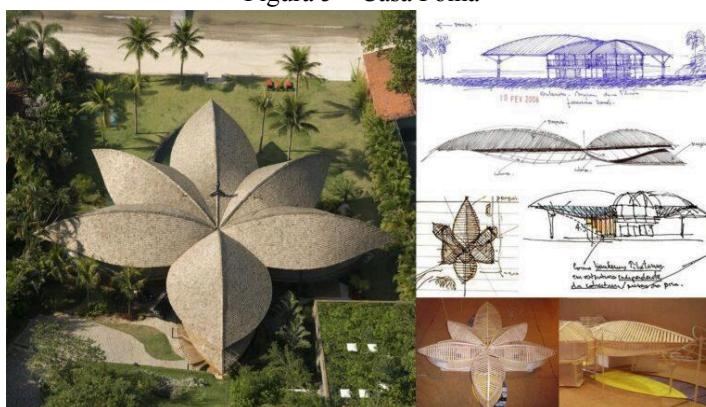


Fonte: adaptado de Araújo (2021)

Dessa forma, a partir dos princípios extraídos da observação do mundo natural – como os modos de proteção dos animais, a vida em comunidade, os meios de comunicação da natureza, as estratégias de sobrevivência, a regeneração de materiais e a colaboração entre plantas –, a biomimética revela-se capaz de promover o uso de materiais ecológicos, a eficiência energética e o design circular. Assim, busca-se reduzir o impacto ambiental ao imitar a capacidade da natureza de empregar o mínimo de energia para alcançar os melhores resultados (Ugreen, [2023]).

A arquitetura deve, então, promover relações cooperativas e replicar os ciclos de retroalimentação da natureza para otimizar a eficiência e reduzir o desperdício. O uso de um design modular, inspirado em estruturas naturais, amplia a flexibilidade e facilita adaptações incrementais das edificações, pois a modularidade permite adaptações incrementais, favorecendo a resiliência e a eficiência no uso de recursos. Essa capacidade de reestruturação favorece a resiliência e o uso eficiente de recursos, permitindo que a arquitetura evolua com base em falhas passadas e se prepare melhor para desastres inesperados (Gattupalli, 2023).

Figura 5 – Casa Folha



Fonte: Patalano Arquitetura (2009)

Figura 6 – Estádio Nacional de Pequim (Ninho do Pássaro)



Fonte: Gattupalli (2023)

4.3.2 Cidade-esponja

Outra estratégia dentro da arquitetura resiliente é a denominada cidade-esponja, que propõe a adoção de medidas sustentáveis voltadas à mitigação das inundações urbanas – associadas às mudanças climáticas e à impermeabilização do solo. O conceito ganhou maior destaque em 2014, com a implementação de um programa na China que destinou grandes áreas verdes em 30 cidades, como estratégia para enfrentar os desafios da gestão das águas pluviais do país (Brilhante, 2020).

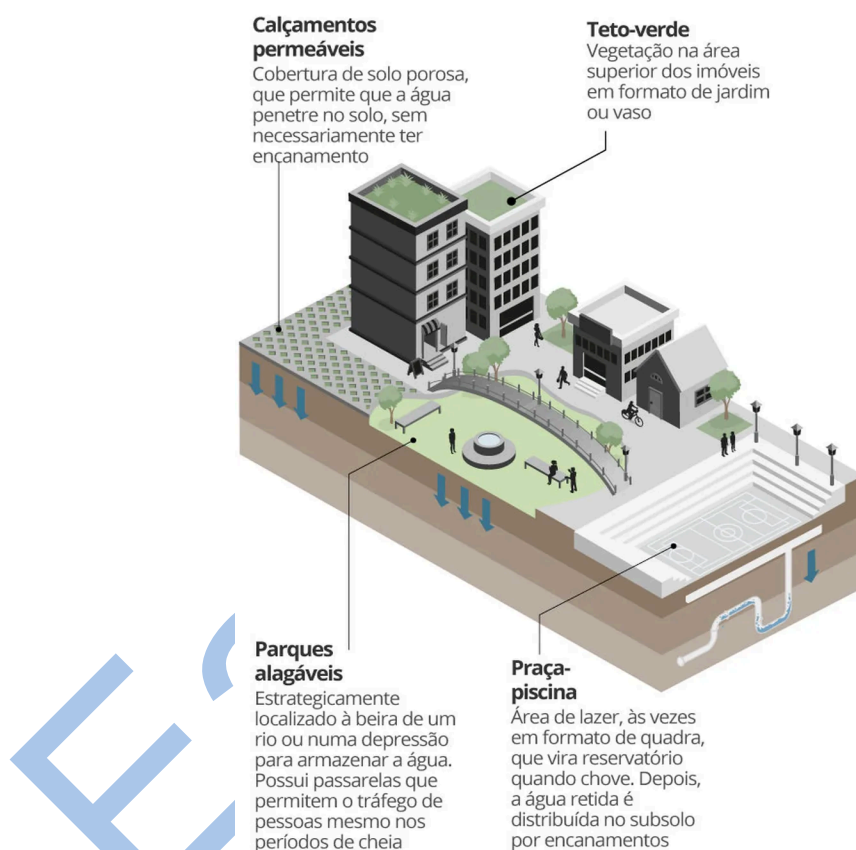
O objetivo da cidade-esponja está centrado na implementação de infraestrutura verde, voltada a reverter os impactos negativos da impermeabilização do solo nas áreas urbanas, por meio do tratamento, armazenamento e gestão integrada dos recursos hídricos. Dessa forma, sua abordagem não se restringe à aplicação de técnicas pontuais de drenagem, envolvendo também medidas ligadas a um

planejamento urbano sustentável, fundamentado em estratégias como o *Low Impact Development* (LID), técnicas compensatórias e soluções baseadas em infraestrutura verde (Brilhante, 2020).

Além dos benefícios relacionados à gestão hídrica, as cidades-esponja contribuem para a redução do efeito de ilha de calor, a conservação da biodiversidade e a valorização da paisagem urbana, tornando-a mais recreativa e saudável. Esse modelo amplia as funções em comparação aos sistemas tradicionais de drenagem, ao mesmo tempo em que aprimora as já existentes por meio de soluções inovadoras voltadas à resiliência urbana e à descentralização do reuso de águas residuais (Brilhante, 2020).

As principais estratégias aplicadas nesse contexto – como fachadas, muros e coberturas verdes, hortas urbanas, pavimentos permeáveis, jardins de chuva, áreas alagáveis construídas, reservatórios de retenção e detenção, corredores verdes, parques lineares e parques alagáveis –, visualizadas a partir da Figura 7, podem reduzir o escoamento pluvial em cerca de 40% e ainda contribuir para a mitigação de inundações, bem como períodos de seca, contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade da água, a priorização do seu abastecimento e infiltração do solo urbano (Brilhante, 2020; Caldas, 2020).

Figura 7 – Estratégias das cidades-esponja



Fonte: G1 (O que são..., 2025)

● Pavimentos permeáveis

Ainda que seja crescente a necessidade de desenvolver infraestrutura para mobilidade urbana e áreas de uso público nas grandes cidades, é comum o uso de materiais impermeáveis para pavimentação, o que resulta em maior escoamento superficial e sobrecarga das redes de drenagem, aumentando o risco de desastres hidrológicos (Luo *et al.*, 2022). Nesse contexto, o estudo realizado por Gran (2022) em Barcelona, Espanha, identificou áreas com risco de inundação. Para mitigar esses riscos, foram realizados estudos por meio de softwares que simularam diferentes cenários de pavimentação, seja concreto poroso, asfalto poroso ou grelhas de concreto com grama em ciclovias.

Os resultados indicaram que, em todos os cenários analisados, exceto um, houve redução de pelo menos 65% no risco de inundação da área.

Pisos permeáveis, geralmente de concreto, são projetados para drenar a água, reduzindo o escoamento superficial e podendo atuar através de suas juntas ou poros, sendo mais eficazes quando drenam pelos poros. Utilizados em calçadas, estacionamentos e parques, esses pisos ajudam na recuperação da capacidade filtrante do solo e na recarga de aquíferos, além de diminuir a necessidade de sistemas de drenagem mais complexos. Para seu sucesso, é essencial considerar o tráfego local para escolher a resistência adequada, avaliar o tipo de solo e suas propriedades, e realizar a manutenção regular para evitar a obstrução dos poros, conforme as orientações do fabricante (Caldas, 2020).

Além das técnicas consolidadas na construção civil, destacam-se inovações em materiais voltadas à drenagem urbana, como o estudo de Luo *et al.* (2022), que avaliou o desempenho hidráulico e estrutural de blocos de concreto poroso com tubos condutores para escoamento da água. Polímeros Superabsorventes (*Super Absorbent Polymers – SAP*) foram incorporados ao concreto para aumentar a capacidade de absorção e reduzir a sobrecarga do solo. Testes utilizando o *Storm Water Management Model* (SWMM) mostraram que os blocos absorviam entre 311 e 376 l/m³, superando os blocos permeáveis tradicionais. Entretanto, a resistência à compressão variou de 1,05 a 2,20 MPa, insuficiente frente à exigência da NBR 9781:2013, de 35 MPa para áreas de tráfego de pedestres e veículos leves. Assim, a aplicação de pavimentos drenantes requer estudos específicos para cada região, considerando solo, relevo, uso do espaço urbano e condições climáticas (Gran, 2022).

- **Corredores verdes**

A presença de vegetação e biodiversidade possui grande importância para o desenvolvimento da resiliência das cidades. Além de contribuir para a preservação ambiental, tais recursos contribuem para a regulação da umidade e temperatura, bem como o aumento da permeabilidade do solo. Essas funções se configuram como características resilientes fundamentais na mitigação dos danos causados pelas mudanças climáticas (Eckert, 2016). Nesse contexto, os Corredores Verdes Urbanos (CVUs) assumem uma proposta de relevância no contexto brasileiro, uma vez que promovem a integração entre ambientes naturais e urbanos onde cidades de pequeno e médio porte e frequentemente se desenvolvem em proximidade com áreas naturais, favorecendo a coexistência e a interconexão desses espaços (Ferreira; Machado, 2010), como observado na Figura 8.

Figura 8 – Corredores verdes em Medellín (Colômbia)



Fonte: CicloVivo (2019)

No estudo feito por Matana Júnior, Mascaró e Carasek (2023) na cidade de Passo Fundo-RS a partir da utilização da ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG), verificou-se a viabilidade de implantar um corredor verde na região central da cidade, permitindo posteriormente sua expansão e conexão com outras áreas urbanas. A experiência evidencia o potencial de replicação da metodologia em diferentes municípios brasileiros, ressaltando a necessidade de gerar e disponibilizar

dados consistentes para embasar políticas públicas. Assim, a consolidação de CVUs pode servir como ferramenta relevante para o planejamento territorial, incentivando a resiliência e a sustentabilidade das cidades diante dos desafios climáticos contemporâneos.

- **Jardins de chuva**

Com finalidade de ampliar a permeabilidade do solo, os jardins de chuva são caracterizados por sistemas de drenagem naturais implantados em áreas escavadas, seja em passeios públicos ou áreas comuns. São compostos por camadas de materiais de alta permeabilidade, manta geotêxtil e uma cobertura vegetal na superfície externa (Melo *et al.*, 2014). Sua aplicação é observada em diversas regiões do mundo, como demonstra a Figura 9.

Figura 9 – Jardim de chuva em Nova York



Fonte: Souza (2021)

Em estudo conduzido por Barros *et al.* (2024), um jardim de chuva foi implantado em uma área ociosa, considerando as características do solo, materiais empregados e espécies vegetais utilizadas. Posteriormente, o sistema foi submetido a testes de precipitação com diferentes intensidades, variando de 1 a 5 m³ de água. Mesmo na condição mais extrema, não foi atingida sua capacidade máxima e verificou-se significativa contribuição na redução dos riscos de inundações na região, além da criação de um espaço de convivência.

Dessa forma, observa-se que os jardins de chuva possuem potencial não apenas para o fortalecimento da resiliência urbana, mas também para a melhoria da qualidade de vida da população local. Sua inclusão em planos de desenvolvimento sustentável mostra-se promissora, desde que acompanhada de pesquisas experimentais que considerem as especificidades climáticas e territoriais de cada região, assegurando maior eficácia de sua aplicação.

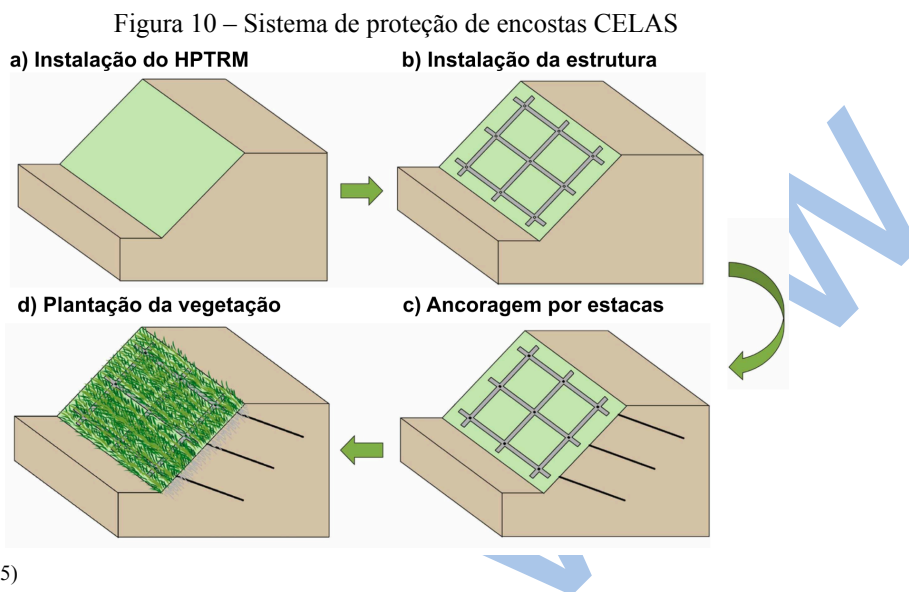
4.3.3 Proteção de encostas

Sabe-se também que outro problema recorrente no Brasil são os deslizamentos de encostas, frequentemente causados pela remoção da cobertura vegetal ou pelas características do solo. Nesse sentido, Passos (2018) apresenta diversas técnicas de contenção com boa eficácia e baixo custo, aplicadas na estabilização de taludes em uma comunidade de João Pessoa-PB. Entre elas, destacam-se os muros de gravidade construídos com sacos de solo-cimento ou pneus, que oferecem contenção superficial e resistência ao cisalhamento.

Além disso, a utilização de materiais geossintéticos, como geogrelhas e mantas geotêxteis, que desempenham funções de drenagem, filtragem, impermeabilização e resistência à tração, podem contribuir para a prevenção da erosão superficial. Outras soluções incluem o retaludamento, o

grampeamento com face vegetada e os muros de gabiões. A escolha e a combinação dessas técnicas dependem de fatores como tipo de solo, morfologia do talude e disponibilidade orçamentária.

Huang *et al.* (2025) desenvolveram uma técnica que combina sistemas estruturais e ecológicos, integrando soluções superficiais e profundas. O sistema desenvolvido foi nomeado como sistema ecológico composto de ancoragem em treliça (*Composite Ecological Lattice Anchorage System – CELAS*), exemplificado na Figura 10, o qual é composto por uma camada denominada de *High Performance Turf Reinforcement Mat* (HPTRM) que se classifica como um tipo de geogrelha, treliças compostas, vegetação superficial e ancoragem profunda que abrange diversas técnicas.



Fonte: Huang *et al.* (2025)

Para avaliar o desempenho, foram simuladas condições de precipitação em solos com alta capacidade de absorção e expansão, semelhantes aos argilosos encontrados em várias regiões do Brasil. Os resultados mostraram que o sistema reduz a deformação do talude e controla o escoamento superficial, pois a grelha integrada à ancoragem distribui a carga para camadas mais profundas do solo, diminuindo o risco de erosão.

Como alternativa sustentável, Rahayu *et al.* (2024) propuseram o uso de concreto reciclado proveniente de resíduos de demolição para a construção de barreiras capilares. Esse tipo de barreira é composto por duas camadas sobrepostas – uma de granulometria menor e outra maior – que impedem a permeabilidade da água em encostas, reduzindo o risco de deslizamentos. A comparação de índices de segurança, realizada pelo teste Slope/W, mostrou que após chuvas o índice de estabilidade diminui significativamente menos nos taludes protegidos, evidenciando a eficácia da barreira.

4.3.4 Reurbanização

A reurbanização surge como um elemento fundamental para o desenvolvimento de cidades resilientes, especialmente no contexto brasileiro, levando em consideração o histórico de ocupação e crescimento urbanístico do país. Diante disso, Queiroga, Filgueira e Cunico (2024) realizaram um levantamento utilizando um sistema descritor de terreno para identificar áreas de risco de inundações em um município da Paraíba, identificando que grande parte da população reside próxima a bacias hidrográficas, o que aumenta significativamente a vulnerabilidade frente a desastres hidrológicos potencializados pelas mudanças climáticas. Observou-se também que algumas bacias vêm se expandindo, atingindo novas áreas, reforçando a importância de análises contínuas para avaliar os riscos aos quais as comunidades locais estão expostas e orientar intervenções urbanísticas mais seguras.

Com isso, ressalta-se a importância de seguir os parâmetros estabelecidos por órgãos internacionais, considerando que, entre as recomendações da ONU, encontram-se medidas básicas que

incluem a análise de riscos com a integração de autoridades, profissionais competentes, universidades e a população. Um exemplo dessa cooperação pode ser observado em Juiz de Fora-MG, onde Oliveira *et al.* (2020) relatou a parceria entre o 3º Comando Operacional de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG/3º COB) e a Universidade Federal de Juiz de Fora, com o desenvolvimento de uma ferramenta que identifica áreas de risco e aplica uma categorização para apoiar a tomada de decisão por outros órgãos. Medidas como essa, juntamente com a reformulação de planos diretores, códigos de obras e outras ferramentas de urbanização, devem ser implementadas visando à mitigação dos riscos associados às mudanças climáticas (Arruda Filho; Jacobi, 2024).

4.4 Desafios na implementação das práticas resilientes no Brasil

Apesar do avanço conceitual e das experiências internacionais, que geram grandes oportunidades para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras, a implementação das práticas resilientes no país ainda enfrenta barreiras significativas. Modelos como o de cidades-esponja, embora reconhecidos como estratégias inteligentes para mitigar inundações e otimizar a gestão hídrica urbana, esbarram em entraves relacionados às incertezas no planejamento, lacunas técnicas e limitações financeiras (Nguyen *et al.*, 2019). Soma-se a isso, a necessidade de adequação da legislação e normatização vigente com relação a infraestrutura, meio ambiente, saneamento e segurança, além da falta de integração entre órgãos governamentais, e a escassez de mecanismos de financiamento que permitam estruturar políticas de longo prazo (Caldas, 2020).

No campo da biomimética, outro desafio se refere ao acesso desigual às tecnologias necessárias para transformar soluções inspiradas na natureza em práticas aplicáveis. Embora muitas respostas naturais sejam simples e elegantes do ponto de vista físico e de engenharia, percebê-las e reproduzi-las muitas vezes exige equipamentos de alta complexidade, inacessíveis em contextos com restrições financeiras e de infraestrutura (Gruber, 2011 *apud* Oliveira; Ramos, 2019). Isso limita a difusão dessas soluções no Brasil, especialmente em regiões mais vulneráveis.

Já no que diz respeito à proteção de encostas, os obstáculos se concentram na adaptação das técnicas às condições locais – como tipo de solo, regime de chuvas e densidade populacional – e, sobretudo, na dificuldade de integrar medidas estruturais com soluções ecológicas (como revegetação e drenagem natural), que entretanto, podem ser mitigadas com o desenvolvimento de pesquisas. Em muitas cidades, a ocupação irregular de áreas de risco agrava ainda mais o problema, exigindo intervenções complexas que envolvem tanto engenharia quanto políticas de reassentamento.

A reurbanização de áreas vulneráveis também representa um grande desafio. Frequentemente, projetos de resiliência esbarram em paradigmas sociais e na resistência de populações residentes em áreas de risco, fruto da ausência de um planejamento prévio. De acordo com Arruda Filho e Jacobi (2024), a falta de integração entre as políticas públicas relacionadas às mudanças climáticas e a gestão de riscos no Brasil compromete a efetividade de medidas sustentáveis e resilientes no território, uma vez que a análise de riscos constitui um elemento central para o desenvolvimento de soluções adequadas a contextos específicos.

Além disso, as mudanças necessárias para tornar as cidades brasileiras mais resilientes exigem tanto medidas pontuais quanto estratégias de longo prazo, que demandam recursos financeiros elevados e uma governança integrada, que muitas vezes não se concretiza. Ademais, a ausência de continuidade nas políticas públicas aliada a mudanças de gestão e de prioridades políticas, compromete a efetividade de medidas de médio e longo prazo.

Assim, a comparação da realidade brasileira com a literatura científica internacional torna-se fundamental, permitindo identificar lacunas e alinhar os parâmetros nacionais às principais diretrizes estabelecidas globalmente. Nesse sentido, o Quadro 2 apresenta as principais categorias extraídas, com base na análise dos resultados encontrados acerca da arquitetura resiliente, demonstrando os desafios identificados na implementação das práticas resilientes no Brasil.

Quadro 2 – Desafios para a implantação da arquitetura resiliente no Brasil

Categoria	Desafios
-----------	----------

Técnico e físico	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de uma ampla base de dados sobre drenagem, topografia, geografia, ecologia, uso do solo e hidrologia dos mais diversos estados para avaliação de viabilidade técnica e para a implementação de novas normas técnicas e uso de novos materiais; - Falta de profissionais (arquitetos, urbanistas, engenheiros hidráulicos e ambientais, geólogos, agrônomos) especializados em sistemas de drenagem sustentáveis, técnicas compensatórias e estratégias de longo prazo.
Financeiro	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de financiamento alto para a infraestrutura resiliente (drenagem, contenção de encostas, urbanização) e custos de manutenção e operação desconhecidos; - Dados insuficientes para avaliação da viabilidade econômica da transição para medidas mais sustentáveis, bem como necessidade de terrenos para implementação; - Necessidade de instituições financeiras públicas ou privadas dispostas a financiar inovações e adaptação climática.
Legal	<ul style="list-style-type: none"> - Escassez de normas e políticas sustentáveis de manejo da água urbana que contemplem as mudanças climáticas; - Falta de integração entre políticas de uso do solo urbano – que não permitem ocupações irregulares em áreas de risco (encostas, margens de rios) –, dificultando reurbanização segura, manejo de água urbana e construção de edifícios; - Pouca integração entre os diferentes órgãos do governo (infraestrutura, meio ambiente, saneamento) e falta de incentivos legais ou políticas públicas que estimulem o uso de soluções resilientes; - Burocracia para aprovações, licenças ambientais, regularização fundiária.
Social/cultural	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de conhecimentos gerais acerca do conceito e da importância dos sistemas resilientes; - Resistência/baixo engajamento das comunidades locais para mudança de hábitos: uso do solo, modos de ocupação, uso de práticas tradicionais e apoio pequeno ou nulo de setores público-privados; - Problemas com as governanças locais (falta de transparência e de participação pública nos projetos e desigualdade de recursos).

Fonte: dados da pesquisa

No primeiro aspecto, observa-se a existência de lacunas a serem superadas no que diz respeito ao acervo técnico que subsidia a compreensão do espaço geográfico brasileiro de forma específica, bem como à escassez de profissionais dedicados ao estudo da inovação e da viabilidade de técnicas resilientes. Ressalta-se que as universidades, por meio de seus pesquisadores, desempenham papel essencial nesse processo, sendo fundamental a articulação entre essas instituições e os órgãos públicos para o desenvolvimento de soluções eficazes e consistentes.

As categorias relacionadas às questões financeiras e jurídicas apresentam estreita inter-relação, conforme evidenciado pelos resultados supracitados. Nesse sentido, torna-se necessária uma mobilização em âmbito nacional para a adoção de medidas dessa natureza, com o objetivo de impulsionar avanços nos demais aspectos analisados, considerando que, embora existam soluções pontuais implementadas em alguns municípios, estas ainda ocorrem de forma isolada. Assim, faz-se indispensável a promoção de maior homogeneidade nos dispositivos legais, de modo a possibilitar a formulação de iniciativas mais abrangentes e detalhadas, capazes de mitigar as problemáticas identificadas no Quadro 2. Ademais, destaca-se a importância do engajamento e da conscientização da população nesse processo, a fim de ampliar a visibilidade e o incentivo a pautas relacionadas à temática, fortalecendo a efetividade das ações propostas.

Percebe-se, conforme evidenciado, que os desafios da implementação da arquitetura resiliente no Brasil não se restringem a questões técnicas, mas envolvem também barreiras institucionais, financeiras, sociais e culturais. Superá-las exige não apenas inovação em materiais e tecnologias, mas sobretudo uma mudança no planejamento urbano, bem como integrar ciência, engenharia e participação comunitária em estratégias verdadeiramente sustentáveis e inclusivas.

5 Considerações finais

Os dados demonstraram um cenário crescente de eventos climáticos extremos no território brasileiro no período analisado devido às mudanças climáticas globais e à ampliação de monitoramento por parte dos órgãos competentes, que é fundamental para o reconhecimento de vulnerabilidades e prevenção de desastres no decorrer de todo o território. Foi comprovado também a concentração de ocorrências de natureza hidrológica e geológica, com predominância da hidrológica. Portanto, nota-se a importância de uma análise mais profunda desses dados por parte do poder público, órgãos de defesa civil, instituições de planejamento urbano e ambiental, para tomada de iniciativas que correspondam ao risco crescente de ocorrências, principalmente em áreas de risco e não devidamente preparadas.

Além disso, os resultados expostos permitiram constatar a arquitetura resiliente como uma potencial ferramenta estratégica para mitigar os impactos dos desastres naturais no país, por meio da execução de técnicas e conceitos como biomimética, cidades esponjas, proteção de encostas e reurbanização, visto que as contribuições proporcionadas por essas soluções como sustentabilidade, aumento da permeabilidade do solo, diminuição de risco de deslizamentos de terra, redistribuição e planejamento urbano focado nas mudanças climáticas, contribuem na prevenção dos principais fatores que impulsionam a ocorrência de desastres e diminuição da qualidade de vida populacional.

Entretanto, a implementação de tais medidas ainda encontra limitações no contexto brasileiro como falta de amparo jurídico e de planejamento visando o desenvolvimento de cidades resilientes, implicando em limitações orçamentárias e integração de gestões e planos de ação, resistência das populações devido a paradigmas e lacunas técnicas. Para introduzir conceitos e técnicas como os expostos anteriormente, torna-se necessário o incentivo de pesquisas em diversos cenários utilizando soluções adequadas, para ampliar o conhecimento, quebrar paradigmas e aumentar a disposição de dados por parte das autoridades competentes para tomadas de decisões.

Portanto, conclui-se que o conceito de arquitetura resiliente contempla diversas soluções com potencial para mitigação dos riscos encontrados no território brasileiro, evidenciando a importância da colaboração entre pesquisadores, universidades, profissionais competentes e órgãos públicos para à identificação e mapeamento dos riscos associados a aplicação de técnicas eficazes e também desenvolvimento de pesquisas futuras aprofundando os conceitos apresentados e desenvolvendo meios de conscientização da sociedade e poder público, com foco na melhoria da qualidade de vida e segurança da população brasileira.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba pelo apoio técnico e científico durante o desenvolvimento deste estudo.

Financiamento

Esta pesquisa foi fomentada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), no edital nº 32/2024.

Nota

Este artigo é derivado de trabalho de conclusão do curso Técnico em Edificações integrado ao ensino médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), disponível em:

https://ifpb-suap.s3.sa-east-1.amazonaws.com/media/edu/projeto_final/0f9448f6d32b4c19b82c546f6af14fd8.pdf?AWSAccessKeyId=AKIATK7PA3ZCSD745UZB&Signature=mS7LvghEnf7pU%2FR4hZcRN7dPtAU%3D&Expires=1777781466.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Contribuições ao artigo

FARIAS, R. F.: concepção ou desenho do estudo/pesquisa; coleta, análise e/ou interpretação dos dados, redação inicial ou revisão substantiva do manuscrito. **ARAÚJO, J. V. D.:** concepção ou desenho do estudo/pesquisa; coleta, análise e/ou interpretação dos dados, redação inicial ou revisão substantiva do manuscrito. **RODRIGUES, J. C. S. S.:** coleta, análise e/ou interpretação dos dados, revisão crítica com contribuição intelectual relevante. **RIBEIRO, W. L. B.:** Supervisão geral do projeto ou coordenação técnica. Todos os autores participaram da escrita, discussão, leitura e aprovação da versão final do artigo.

Referências

ALMEIDA, I. F. G. **Desigualdades e políticas públicas de habitação no Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/8907/1/Isaura%2520Almeida.pdf>. Acesso em: 7 set. 2024.

ARAÚJO, A.; LIRA, P.; MACHADO, M.; XIMENES, J. Inspiração na natureza muito além da forma: a biomimética na arquitetura. **ArchDaily**, 19 set. 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/902325/inspiracao-na-natureza-muito-alem-da-forma-a-biomimetica-na-arquitetura>. Acesso em: 2 set. 2025.

ARAÚJO, G. M.; VILLA, S. B. A relação entre bem-estar e resiliência na habitação social: um estudo sobre os impactos existentes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 141-163, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300422>.

ARAÚJO, M. L. M. **A biomimética como ferramenta para o desenvolvimento de edificações resilientes e produção de abrigos para os refugiados climáticos**. 2021. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Sustentabilidade de Cidades, Edificações e Produtos) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/45203>. Acesso em: 2 set. 2025.

ARRUDA FILHO, M. T.; JACOBI, P. R. A urgência de um urbanismo climático no Brasil. **GV-EXECUTIVO**, v. 23, n. 3, e91906, 2024. DOI: <https://doi.org/10.12660/gvexec.v23n3.2024.91906>.

AZEVEDO, D. P. M. **Arquitetura Japonesa: um estudo sobre resiliência**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Universitário UNDB, São Luís, 2023. Disponível em: <https://repositorio.undb.edu.br/jspui/handle/areas/970>. Acesso em: 7 set. 2024.

BARROS, E. N.; CABRAL, J. J. S. P.; PALECHOR, E. U. L.; TAVARES, P. R. L.; MENEZES, L. A. A.; SILVA, M. A. B. Jardins de chuva para mitigação dos alagamentos urbanos: análise de um projeto piloto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 2, p. 1396-1411, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.2.p1396-1411>.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Cemaden registra recorde de alertas e mais de 1,6 mil ocorrências de desastre no Brasil em 2024. **Gov.br**, Brasília, 13 jan. 2025a Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/noticias/cemaden-registra-recorde-de-alertas-e-mais-de-1-6-mil-ocorrencias-de-desastre-no-brasil-em-2024>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Defesa Civil Nacional reforça monitoramento no Nordeste. **Gov.br**, Brasília, 6 fev. 2025b. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/defesa-civil-nacional-reforca-monitoramento-no-nordeste>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRILHANTE, A. K. V. C. **Transição para cidade-esponja**: desafios e oportunidades para a cidade de João Pessoa-PB. 2020. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25096>. Acesso em: 2 set. 2025.

CALDAS, L. R. Enfrentando inundações urbanas: 7 soluções para cidades-esponja. **ArchDaily**, 25 maio 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/940139/enfrentando-inundacoes-urbanas-7-solucoes-para-cidades-esponja>. Acesso em: 2 set. 2025.

CICLOVIVO. Medellín cria 30 corredores verdes para combater aquecimento urbano. **ArchDaily**, 20 jul. 2019. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/921486/medellin-cria-30-corredores-verdes-para-combater-aquecimento-urbano>. Acesso em: 25 set. 2025.

CORDOVIL, C. Como a mudança do clima é relacionada com o desenvolvimento sustentável? **DSSBR – Determinantes Sociais da Saúde**, 24 out. 2020. Disponível em: <https://dssbr.ensp.fiocruz.br/faqonc/como-a-mudanca-do-clima-e-relacionada-com-o-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 11 set. 2024.

CUNHA, A. S. **A Gestão de risco para redução de desastres naturais e a construção de cidades resilientes**. 2023. 144 f. Dissertação (Mestrado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <http://www.btdt.uerj.br/handle/1/19473>. Acesso em: 7 set. 2024.

ECKERT, N. H. **O papel ambiental dos corredores verdes urbanos como elementos integradores da infraestrutura verde**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016. Disponível em: <https://repositorio.upf.br/handle/123456789/2725>. Acesso em: 18 set. 2025.

FERREIRA, J. C.; MACHADO, J. R. Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável: o contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. **Revista LABVERDE**, v. 1, p. 69-90, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p69-90>.

GATTUPALLI, A. O papel da biomimética para a resiliência da arquitetura a desastres. **ArchDaily**, 26 nov. 2023. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/1009374/o-papel-da-biomimetica-para-a-resiliencia-da-arquitetura-a-desastres>. Acesso em: 2 set. 2025.

GENADT, A. Three Lessons from Japan on Architectural Resilience. **Architectural Histories**, v. 7, n. 1, 16, 2019. DOI: <http://doi.org/10.5334/ah.393>.

GONZALEZ, A. C.; PEREIRA, V. A.; CARNIATTO, I.; VALLE, A. C. D. Impacto dos desastres naturais em uma população do Sul do Brasil e a importância da Educação Ambiental para redução dos riscos. **REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 40, n. 1, p. 53-73, 2023. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v40i1.13935>.

GRAN, D. F. **Análisis de la capacidad de reducción del riesgo de inundación en zona urbana mediante el uso de pavimentos drenantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estradas,

Canais e Portos) – Universidad Politécnic de Cataluña, Vilanova i la Geltrú, 2022. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2117/377838>. Acesso em: 18 set. 2025.

GUITARRARA, P. Enchentes no Rio Grande do Sul. **Brasil Escola**, 2024. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/enchentes-no-rio-grande-do-sul.htm>. Acesso em: 22 mar. 2025.

HUANG, Z.; LIANG, Y.; XU, Y.; TANG, H.; JIAO, W. Study on the protection of expansive soil slope by composite ecological lattice anchoring system under rainfall. **Cases Studies in Construction Materials**, v. 22, e04604, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04604>.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Organic Trading, 2006.

LUO, P.; LIU, L.; WANG, S.; REN, B.; HE, B.; NOVER D. Influence assessment of new Inner Tube Porous Brick with absorbent concrete on urban floods control. **Case Studies in Construction Materials**, v. 17, e01236, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01236>.

MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Caderno Didático**, Santa Maria, n. 1, 2008. Disponível em: <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 7 set. 2024.

MATANA JÚNIOR, S.; MASCARÓ, J. J.; CARASEK, M. Corredores verdes urbanos: possibilidades de infraestrutura verde para uma cidade de médio porte no sul do Brasil. **Scientific Journal ANAP**, v. 1, n. 8, p. 222-234, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/4398>. Acesso em: 25 set. 2025.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 147-165, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400011>.

MORAIS, G. S. **Mapeamento de área em risco de deslizamento e análise de estabilidade de encosta na cidade de João Pessoa-PB**. 2017. Trabalho e conclusão de Curso (Engenharia Civil e Ambiental) –Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24850>. Acesso em: 13 mar. 2025.

NELLES, D.; SERRER, C. **Mudança climática: os fatos como você nunca viu antes**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2020.

NGUYEN, T. T.; NGO, H. H.; GUO, W.; WANG, X. C.; REN, N.; LI, G.; DING, J.; LIANG, H. Implementation of a specific urban water management: Sponge City. **Science of The Total Environment**, v. 652, p. 147-162, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>.

OLIVEIRA, B. F. M. B.; RAMOS, R. C. L. A resiliência na arquitetura biomimética de Marko Brajovic: como um projeto bio-inspirado pode absorver impactos ambientais e sociais. *In: Jornada de Iniciação Científica, 15.; Mostra de Iniciação Tecnológica, 9., 2019, São Paulo. Anais [...].* São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2019. p. 1-10. Disponível em: <http://eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xvjornada/paper/view/1487/925>. Acesso em: 2 set. 2025.

OLIVEIRA, G. G. G.; SANTOS, G.; SOUZA, J. H.; MOREIRA, R. S. R. A construção de cidades resilientes por meio da gestão integrada de riscos: uma cooperação entre Universidade e Órgãos Públicos. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INVESTIGAÇÃO EM URBANISMO*, 12., 2020, São Paulo/Lisboa. **Anais** [...]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; Lisboa: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, 2020. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2117/336508>. Acesso em: 18 set. 2025.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. OMM: sequência recorde de temperaturas globais continuou em junho. **ONU News**, 8 jul. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/07/1834206>. Acesso em: 11 set. 2024.

O QUE SÃO CIDADES-ESPONJA: conceito criado por arquiteto chinês morto em acidente aéreo no Pantanal. **G1 (Meio Ambiente)**, 24 set. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2025/09/24/o-que-sao-cidades-esponja-conceito-criado-por-arquiteto-chines-morto-em-acidente-aereo-no-pantanal.ghtml>. Acesso em: 25 set. 2025.

PASSOS, D. D. **Alternativas de baixo custo para estabilização de taludes em áreas de risco e estudo de caso na Comunidade do Roger, em João Pessoa - PB**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13627>. Acesso em: 18 set. 2025.

PATALANO ARQUITETURA. **Residência Casa Folha**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://www.patalanoarq.com.br/portfolio/casa-folha/>. Acesso em: 25 set. 2025.

QUEIROGA, A. A.; FILGUEIRA, H. J. A.; CUNICO, C. Correlação entre crescimento urbano e áreas sujeitas a inundação no município de João Pessoa-PB. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 98, p. 284-298, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG259869966>.

RAHAYU, W.; RAMADHAN, R. I.; ADINEGARA, A. W.; ADIGUNA, G. A.; HAMDANY, A. H.; WIJAYA, M.; PRAKOSO, W. A.; SAGITANINGRUM, F. H.; SATYANAGA, A. Effect of slope protection using concrete waste on slope stability during rainfall. **Results in Engineering**, v. 24, 103244, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103244>.

SILVA JÚNIOR, F. P.; CHAVES, S. V. V. Desastres naturais no Brasil: um estudo acerca dos extremos climáticos nas cidades brasileiras. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 2, n. 2, p. 47-62, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/261865.2.2-4>.

SILVEIRA, S. J.; SCHUCH, F. S.; OLIVEIRA, F. H.; HASENACK, M.; CABRAL, C. R. Área mínima permeável de solo em loteamento sustentável. *In: LADWIG, N. I.; CAMPOS, J. B. (org.). Planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o urbano e o rural*. Criciúma: UNESC, 2019. p. 277-305. DOI: <https://doi.org/10.18616/pgtur10>.

SOUSA, M. B. B.; SILVA, J. I. A. O. Crise climática e a importância dos planos diretores e setoriais de mudanças climáticas. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 16, n. 46, p. 118-140, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8408738>.

SOUZA, C. V. **Por uma cidade mais resiliente: redesenhando espaços na Brasilândia para adaptação aos eventos extremos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003037162>. Acesso em: 25 set. 2025.

UGREEN. Por que a biomimética é o futuro do design sustentável. **UGREEN**, [2023]. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/porque-a-biomimetica-e-o-futuro-do-design-sustentavel/>. Acesso em: 2 set. 2025.

UNDRR – UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Campanha Mundial “Construindo Cidades Resilientes”: Sobre a campanha. **UNDRR**, [2021?]. Disponível em: <https://www.eird.org/camp-10-15/port/sobre-a-campanha.html>. Acesso em: 26 set. 2025.

Early View