



## **Desenvolvimento de territórios resilientes e infraestruturas verdes e azuis: uso e ocupação do território por meio de infraestruturas resilientes**

### **Izabele Colusso**

Arquiteta e Urbanista, Doutora em Planejamento Urbano e Regional, UNISINOS, Brasil  
ICOLUSSO@unisinos.br

<https://orcid.org/0000-0003-1802-6818>

### **Cibele Kunzler**

Arquiteta e Urbanista, UNISINOS, Brasil  
kunzler.cibele@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-7989-8236>

### **Eduarda Elicker Michelin**

Arquiteta e Urbanista, UNISINOS, Brasil  
eduarda.michelon456@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-8243-7280>

### **Rafael Frutuoso da Costa**

Graduando em Arquitetura e Urbanismo, UNISINOS, Brasil  
xrafaelcostax@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-4362-6873>

### **Sabrina da Motta Meller**

Arquiteta e Urbanista, Especialista em Cidades, Mestranda em Design Estratégico, UNISINOS, Brasil  
sabinammeller@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-7887-9759>



## **Desenvolvimento de territórios resilientes e infraestruturas verdes e azuis: uso e ocupação do território por meio de infraestruturas resilientes**

### **RESUMO**

**Objetivo** – O estudo busca investigar a relação entre cidades e suas infraestruturas verdes e azuis, propondo metodologias participativas e estratégias projetuais com soluções baseadas na natureza para promover resiliência urbana frente às mudanças climáticas, especialmente em contextos de escassez de recursos.

**Metodologia** – A pesquisa adota uma abordagem teórica e aplicada, fundamentada em revisão bibliográfica interdisciplinar, análise de casos nacionais e internacionais e aplicação de conceitos de resiliência urbana. Também visa incorporar ferramentas de inteligência artificial para identificação de padrões de uso e ocupação do solo, permitindo a replicabilidade em diferentes territórios.

**Originalidade/relevância** – O trabalho se insere no debate contemporâneo sobre resiliência urbana ao articular conceitos de infraestrutura verde e azul, Soluções Baseadas na Natureza (SBN) e gestão por bacias hidrográficas. Sua relevância reside no potencial de preencher lacunas sobre metodologias replicáveis em países em desenvolvimento, ampliando a compreensão sobre planejamento territorial adaptativo.

**Resultados** – A análise identificou estratégias resilientes consolidadas em diferentes cidades, evidenciando benefícios sociais, ambientais e econômicos. O estudo propõe a Bacia do Rio dos Sinos como território-piloto, cujos resultados poderão ser expandidos para outros contextos urbanos. O estudo faz parte de uma grande pesquisa, envolvendo outras cinco áreas de conhecimento, que visa a criação de um ecossistema inteligente de ação e formação.

**Contribuições teóricas/metodológicas** – A principal contribuição está na integração entre teoria da resiliência urbana, gestão ambiental por bacias hidrográficas e práticas de SBN, estruturando um referencial metodológico que combina análise de casos, participação comunitária e inteligência artificial.

**Contribuições sociais e ambientais** – O estudo aponta soluções de baixo impacto que podem reduzir vulnerabilidades climáticas, melhorar a qualidade de vida e ampliar a equidade socioambiental. Além disso, fortalece a preservação dos ecossistemas locais e incentiva práticas urbanísticas mais inclusivas e sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soluções Baseadas na Natureza. Infraestrutura Verde e Azul. Territórios Resilientes.

## **Development of resilient territories and green-blue infrastructures: land use and occupation through resilient infrastructures**

### **ABSTRACT**

**Objective** – This study seeks to investigate the relationship between cities and their green and blue infrastructures, proposing participatory methodologies and design strategies with nature-based solutions to promote urban resilience in the face of climate change, especially in contexts of resource scarcity.

**Methodology** – The research adopts a theoretical and applied approach, grounded in interdisciplinary literature review, analysis of national and international cases, and the application of urban resilience concepts. It also aims to incorporate artificial intelligence tools to identify patterns of land use and occupation, allowing replicability in different territories.

**Originality/Relevance** – The work is part of the contemporary debate on urban resilience by articulating concepts of green and blue infrastructure, Nature-Based Solutions (NBS), and watershed management. Its relevance lies in its potential to fill gaps regarding replicable methodologies in developing countries, broadening the understanding of adaptive territorial planning.

**Results** – The analysis identified consolidated resilient strategies in different cities, highlighting social, environmental, and economic benefits. The study proposes the Sinos River Basin as a pilot territory, whose results can be expanded to other urban contexts. The study is part of a larger research effort, involving five other fields of knowledge, aimed at creating an intelligent ecosystem for action and training.



**Theoretical/Methodological Contributions** – The main contribution lies in the integration between the theory of urban resilience, watershed environmental management, and NBS practices, structuring a methodological framework that combines case analysis, community participation, and artificial intelligence.

**Social and Environmental Contributions** – The study points to low-impact solutions that can reduce climate vulnerabilities, improve quality of life, and expand social and environmental equity. In addition, it strengthens the preservation of local ecosystems and encourages more inclusive and sustainable urban planning practices.

**KEYWORDS:** Nature-based Solutions. Green and Blue Infrastructure. Resilient Territories.

## **Desarrollo de territorios resilientes e infraestructuras verde-azules: uso y ocupación del territorio mediante infraestructuras resilientes**

### **RESUMEN**

**Objetivo** – El estudio busca investigar la relación entre las ciudades y sus infraestructuras verdes y azules, proponiendo metodologías participativas y estrategias proyectuales con soluciones basadas en la naturaleza para promover la resiliencia urbana frente al cambio climático, especialmente en contextos de escasez de recursos.

**Metodología** – La investigación adopta un enfoque teórico y aplicado, fundamentado en la revisión bibliográfica interdisciplinaria, el análisis de casos nacionales e internacionales y la aplicación de conceptos de resiliencia urbana. También pretende incorporar herramientas de inteligencia artificial para identificar patrones de uso y ocupación del suelo, permitiendo la replicabilidad en diferentes territorios.

**Originalidad/relevancia** – El trabajo se inserta en el debate contemporáneo sobre resiliencia urbana al articular conceptos de infraestructura verde y azul, Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y gestión por cuencas hidrográficas. Su relevancia radica en el potencial de llenar vacíos sobre metodologías replicables en países en desarrollo, ampliando la comprensión de la planificación territorial adaptativa.

**Resultados** – El análisis identificó estrategias resilientes consolidadas en diferentes ciudades, evidenciando beneficios sociales, ambientales y económicos. El estudio propone la Cuenca del Río dos Sinos como territorio piloto, cuyos resultados podrán expandirse a otros contextos urbanos. El estudio forma parte de una investigación más amplia, que involucra otras cinco áreas del conocimiento, destinada a la creación de un ecosistema inteligente de acción y formación.

**Contribuciones teóricas/metodológicas** – La principal contribución radica en la integración entre la teoría de la resiliencia urbana, la gestión ambiental por cuencas hidrográficas y las prácticas de SBN, estructurando un marco metodológico que combina análisis de casos, participación comunitaria e inteligencia artificial.

**Contribuciones sociales y ambientales** – El estudio señala soluciones de bajo impacto que pueden reducir las vulnerabilidades climáticas, mejorar la calidad de vida y ampliar la equidad socioambiental. Además, refuerza la preservación de los ecosistemas locales y fomenta prácticas urbanísticas más inclusivas y sostenibles.

**PALABRAS CLAVE:** *Soluciones Basadas en la Naturaleza. Infraestructura Verde y Azul. Territorios Resilientes.*



## **1 INTRODUÇÃO**

O presente artigo faz parte de uma extensa pesquisa que conta com a participação do grupo e que apesar de ainda não ter sido finalizada, possui um grande potencial para mudar a visão da população a respeito de como as cidades podem ser mais resilientes. Essa pesquisa pretende identificar diferentes situações ocorridas nas cidades e seus padrões de uso e ocupação do território; propor uma metodologia participativa para identificação dos padrões de uso e ocupação do solo e para o desenvolvimento de soluções baseadas na natureza, considerando a escassez de recursos como realidade vivenciada; investigar e propor estratégias projetuais urbanísticas e arquitetônicas que promovam resiliência frente aos eventos climáticos, de modo a reduzir os impactos e promover um desenvolvimento sustentável e qualidade de vida; desenvolver soluções baseadas na natureza, considerando a escassez de recursos como realidade vivenciada especialmente em países em desenvolvimento. A proposta contará ainda com o auxílio de ferramentas de inteligência artificial para realizar a busca por padrões, facilitando assim a identificação de outros territórios semelhantes aos estudados pelo grupo, permitindo que os resultados encontrados aqui possam ser replicados para diversas outras regiões do país.

O ano de 2024 transformou as conversas sobre aquecimento global no Brasil, o país todo acompanhou e prestou alguma forma de auxílio ao Rio Grande do Sul nas enchentes de maio deste mesmo ano. Essa enchente foi histórica, ultrapassou todos os recordes, porém, mesmo que em menor escala, é um problema recorrente nas cidades brasileiras, sejam as enchentes por transbordamento dos cursos d'água ou pelo acúmulo de água pluvial que as ruas das cidades não possuem capacidade de escoar. A World Meteorological Organization (WMO), que faz parte da Organização das Nações Unidas (ONU), expôs os dados alarmantes a respeito das perdas causadas pelas cheias e alagamentos, principalmente das vidas. Chuvas intensas e alagamentos sempre existiram, mas sua frequência tem aumentado ano após ano (2025). A WMO também pontua a respeito das ondas de calor extremo que, além de trazer riscos à população por si só, aumentam as chances e incidências de incêndios florestais (2025), como o ocorrido em Los Angeles no início de 2025. Esse tipo de situação tem afetado uma gama cada vez maior de pessoas e biomas.

A ONU-Habitat estima que 5,9 milhões de jovens e crianças irão enfrentar situação de pobreza, em função da crise climática, até o ano de 2030. Isso porque com eventos climáticos extremos eles são mais vulneráveis a doenças e ferimentos graves, mas também pelo fato de que muitos perdem seus cuidadores e o acesso a fatores básicos para garantir seu pleno desenvolvimento (2025). Sabe-se que este problema é global, entretanto, a presente pesquisa irá concentrar seus estudos na bacia do Rio dos Sinos, em São Leopoldo, no Rio Grande do Sul. Todavia, através das análises feitas, dos dados gerados e com o auxílio de inteligência artificial, a ideia é que se possa replicar as análises em outras bacias para que se encontre soluções semelhantes para os diversos casos do mundo, adaptadas dentro de cada realidade.

O artigo também se propõe a estudar como as políticas públicas brasileiras trabalham as questões ambientais, quais são elas, como foram articuladas e se estão alinhadas com as



questões globais, como por exemplo os planos estratégicos elaborados pelo United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Um grande marco da política urbana brasileira foi a criação do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, 2001), que se tornou referência internacional pela qualidade técnica da sua redação, todavia, o *“texto legal, embora fundamental, não é suficiente para resolver problemas estruturais de uma sociedade historicamente desigual (...)”* (MARICATO, 2010). Problemas estruturais como a falta de moradia adequada acabam culminando em uma expansão territorial em desacordo com as normas urbanas e ambientais, o que acarreta em poluição dos rios, mais pessoas sendo afetadas pelas cheias, ocupação das áreas de mata ciliar, entre diversos outros problemas observados na realidade brasileira. Cuidar do clima não é apenas cuidar do meio ambiente, é cuidar das pessoas e os estudos a respeito de resiliência urbana e soluções baseadas na natureza podem trazer respostas promissoras para estes problemas.

## **2 RESILIÊNCIA URBANA E TERRITÓRIOS RESILIENTES**

Resiliência vem se tornando uma palavra cada vez mais difundida e sua definição, de acordo com o dicionário Oxford, é a habilidade de coisas ou pessoas de se recuperarem rapidamente depois de alguma mudança ou a habilidade de algo a retornar a sua forma original após uma deformação. Desta forma, como aplicar o conceito de resiliência ao contexto de cidades e suas diferentes características? Os autores Merrow et al. (2016) fizeram uma revisão de artigos, com diferentes conceitos para o termo “resiliência urbana”, para entender quais os pontos de convergência entre eles. Foram analisados artigos de 4 décadas e após a revisão, os autores perceberam que o conceito de resiliência foi sendo construído por diferentes áreas do conhecimento, desde a biologia até a engenharia. Eles também chegaram em 6 pontos de tensão conceitual, onde não existe um consenso nos artigos revisados e o debate se torna fundamental para chegar em uma definição mais clara de resiliência urbana.

O primeiro ponto fala a respeito da definição do termo “urbano” e eles abrem este debate porque não é possível atingir um objetivo ou uma meta se não tivermos uma definição clara do que se trata. Portanto, se quisermos alcançar a resiliência urbana, é necessário definir primeiro o que é urbano. Qual é a escala deste urbano, estamos falando de infraestrutura, de bairros, da relação entre as pessoas, um ecossistema complexo? Cada disciplina de estudo vai focar em uma área específica. O segundo ponto fala sobre a definição de “equilíbrio”, que pode ser definido como retornar a um mesmo ponto, retornar a um estado estável, mas não necessariamente igual ao último, ou pode ainda ser o não-equilíbrio, onde o equilíbrio acontece por uma constante mudança. Merrow et al. (2016) perceberam que a maioria dos autores vai mais para esta última abordagem, chegando a um consenso de que uma cidade é um sistema complexo e que sofre constantes alterações. O terceiro ponto é entender se resiliência é algo sempre bom e positivo ou se pode ser neutra ou negativa, a maioria dos artigos considera a resiliência algo desejável, mas questionável. O quarto ponto fala sobre quais são os caminhos para a resiliência que seriam a persistência, a transição e a transformação. O quinto ponto trata sobre adaptação específica e adaptabilidade geral, que seria a diferença entre propor soluções para situações conhecidas versus soluções para situações variadas e desconhecidas e a grande



questão deste ponto, é que se focarmos em apenas um problema conhecido, podemos deixar diversos outros desassistidos ou até prejudicados. E por fim, o sexto ponto discorre sobre a escala de tempo, estamos falando de resiliência em que prazo?

A partir destes 6 pontos, Merrow et al. (2016) propuseram então um novo conceito para resiliência que é o de “voltar para funções desejadas”. Entretanto, o mais importante neste novo conceito é pensar em conjunto com 5 perguntas que vão construir essa definição da resiliência de acordo com o contexto aplicado. Resiliência para quem? Resiliência do que? Ao que? Para quando? Onde? E, por que buscar resiliência? Estas cinco perguntas são a chave para determinar se a resiliência urbana vai ser positiva e não negativa.

Vale (2014) também complementa o assunto trazendo para a pauta de resiliência urbana o debate sobre o que está em jogo quando se fala sobre o assunto, de quem é a resiliência e de quem é a cidade? Por exemplo, se ao criarmos um espaço resiliente para inundações e for criada uma barreira física que protege um local, como a água vai se comportar dali pra frente, quais novos locais serão impactados ou inundados em função dessa barreira? Ao redefinir espaços para se tornarem resilientes, pode-se estar modificando também para quem aquele local é feito, causando a conhecida gentrificação. Isso é um dos pontos que os autores do último parágrafo tentam evitar ao sugerir os 5Ws (do termo em inglês). É necessário fazer um estudo de onde e como implementar essas estruturas resilientes, pois a linha entre melhorar um local para sua população e causar gentrificação é tênue. Isso se aplica também a locais que precisam passar por reconstrução pós desastre climático, por exemplo.

Campanella (2006) falou sobre o assunto logo após o desastre com o furacão Katrina, na cidade de Nova Orleans. Ele questiona o que faz uma cidade ser resiliente, de como recuperar não apenas a parte física da cidade, mas também a parte social, a identidade do lugar. Uma das questões de se manter uma cidade em um local, mesmo depois de ter sido tão devastada é política mesmo, os governos têm interesses em manter aquelas estruturas. Os registros civis, presente dos cartórios (ou o equivalente em outros países), permitem a reconstrução também, pois guardam os registros do que existia anteriormente no local. Entretanto, reconstruir prédios é uma etapa, a outra fala sobre a sociedade como um todo, como reconstruir relações que foram destruídas pelo desastre? É necessário trabalhar em todas as redes de vizinhos, culturais, de educação entre outros. O autor comenta que o tecido social pode ser mais frágil que o físico, pois não adianta levantar as paredes sem as pessoas utilizarem e/ou se sentirem parte daquele espaço.

Utilizando estas definições de resiliência urbana e a ideia de se adaptar ao invés de criar barreiras, como encontrar soluções mais amigáveis e adaptativas? A resposta parece estar nas soluções baseadas na natureza (SBN) e nas infraestruturas verdes e azuis, termos que serão abordados nos próximos tópicos.

## **2.1 Estudos de caso de projetos urbanos resilientes**

Roterdã, localizada na região ocidental dos Países Baixos, é reconhecida mundialmente tanto por seu papel estratégico sendo o maior porto da Europa, quanto por sua vulnerabilidade frente aos riscos ambientais, especialmente as inundações e, sendo assim, vem





se tornando um exemplo de resiliência. Segundo Molenaar e Gebraad (2014, p.43), a estratégia de adaptação de Roterdã busca integrar soluções inovadoras que garantam segurança hídrica e qualidade de vida, ao mesmo tempo em que geram oportunidades econômicas para a região, como uma vitrine de caso.

O Quadro 1 faz um resumo das estratégias utilizadas em diversos projetos ao redor do mundo.

Quadro 1 – Exemplos de soluções resilientes para desastres naturais

<b>Exemplos de países / cidades</b>	<b>Soluções utilizadas</b>	<b>Destaques principais</b>
ONU/Internacional	Marco de Sendai - Cartilha	Marco global para redução de risco de desastres
China, Singapura, Alemanha, EUA	Cidades-esponja (Sponge Cities)	Absorção e armazenamento de chuva, renaturalização urbana
Amsterdã	Telhados blue-green	Redução de calor, captação e reutilização de água
Viena e Tóquio	Canais de alívio e reservatórios	Controle de enchentes por infraestrutura subterrânea
Roterdã e Copenhague	Praças Verdes	Espaços urbanos multifuncionais que atuam como reservatórios
Veneza e Singapura	Barragens móveis	Defesa ativa contra elevação do nível d'água
Rosário (Argentina)	Agricultura urbana	Uso inteligente de áreas de risco para absorção e inclusão social
Bangladesh	Soluções comunitárias e adaptativas	Infraestrutura social, mobilidade elevada e alerta local
Alemanha	Restrições e alertas urbanísticos	Planejamento urbano preventivo e infraestruturas de alerta
Roterdã (Holanda)	Adaptações urbanas, resiliência a enchentes e Delta Works	Adaptações contra enchentes e inundações - correta gestão das águas
Curitiba (Brasil)	Mobilidade urbana sustentável e planejamento integrado	Integração de transporte público e uso do solo
Territórios indígenas e comunidades tradicionais (Brasil)	Práticas resilientes, identidade e direitos	Preservação cultural e direitos territoriais
Medellín (Colômbia)	Parques-Biblioteca, inclusão e desigualdade territorial	Infraestrutura cultural para inclusão social
Nova Orleans (EUA)	Reconstrução resiliente pós-Katrina	Infraestrutura verde e participação comunitária
Pequim, Wuhan, Sanya, Shenzhen, Haikou (China)	Cidades-esponja (Sponge Cities)	Pavimentos permeáveis, jardins de chuva, infraestrutura verde

Fonte: Elaborado pelos autores

Os autores Molenaar e Gebraad (2014) trazem exemplos de implementação ao longo dos anos como praças de água, que podem fazer uma alusão às cidades esponjas, como no caso da China, armazenamentos subterrâneos de água, que em condições normais climáticas servem como estacionamentos e ainda pavilhões com sistemas flutuantes. Roterdã é um caso de cidade que começou a sofrer frequentes inundações e variações da profundidade dessas inundações, onde as soluções citadas na tabela foram necessárias como solução resiliente.

Conforme a cidade vai se sedimentando e compactando, as chances de cheias são ainda maiores, o escoamento das vias fica prejudicado e transbordamentos de rios são cada vez



mais frequentes. Enquanto não houver medidas, ao menos paliativas, o risco e a vulnerabilidade das pessoas aos perigos iminentes de perdas são impactantes. Uma cidade deve ter uma 'dinâmica delta'. Ela deve ser capaz de se adaptar aos efeitos de uma mudança climática em um ambiente urbano em transformação. A dinâmica delta irá consistir em aplicar estratégias de larga escala, porém com medidas de pequena escala, e principalmente, baseadas em SBNs. (Molenaard e Gebraad, 2014).

### **3 INFRAESTRUTURA VERDE E AZUL**

As cidades contemporâneas enfrentam desafios cada vez mais complexos decorrentes da mudança climática e do acelerado processo de urbanização. Fenômenos como aumento das temperaturas, ocorrência de ilhas de calor, enchentes e períodos de estiagem impactam diretamente a qualidade de vida da população urbana e a resiliência dos ecossistemas locais. As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) emergem como uma estratégia inovadora para enfrentar esses desafios, integrando os serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano. De acordo com Kabisch et al. (2017), as NBSs consistem em ações que utilizam ou se inspiram nos processos naturais para responder a questões sociais, ambientais e econômicas de forma custo-efetiva, promovendo simultaneamente a conservação da biodiversidade, a adaptação climática e o bem-estar humano. Exemplos incluem a criação e qualificação de parques urbanos, telhados e paredes verdes, sistemas de drenagem sustentável e a recuperação de áreas de várzea, capazes de reduzir inundações, melhorar a qualidade do ar e regular a temperatura nas cidades.

Além dos benefícios ambientais, as NBS contribuem para a equidade socioambiental, pois possibilitam maior acesso a áreas verdes, fortalecem a saúde pública e estimulam a participação comunitária em processos de governança urbana. A literatura destaca, ainda, seu papel no avanço de transições para a sustentabilidade, ao integrar ciência, política e prática em estratégias que reforçam a resiliência urbana e ampliam a capacidade adaptativa das cidades diante de cenários climáticos incertos (KABISCH et al., 2017). Dessa forma, compreender e aplicar as Soluções Baseadas na Natureza representa não apenas uma resposta imediata aos efeitos da mudança climática, mas também uma oportunidade para repensar o desenvolvimento urbano sob uma perspectiva mais integrada, inclusiva e sustentável.

Costuma-se associar a palavra infraestrutura com elementos construídos, como pontes, estradas e saneamento, mas e se considerarmos ecossistemas vivos como florestas, rios, manguezais também como infraestruturas? O autor Silva (2017) aborda exatamente essa questão, ele interpreta os ecossistemas como base para a infraestrutura de forma geral. Afinal de contas, são os rios que nos fornecem água, por exemplo, uma infraestrutura essencial para a vida. Segundo o autor, o conceito de infraestrutura verde e azul passou por uma evolução, uma construção até chegar neste nome. Inicialmente era chamado de infraestrutura ecológica, depois mudou para corredores ecológicos, focando em conectar fragmentos de áreas verdes. O termo infraestrutura verde é o mais utilizado atualmente, mantendo a ideia de conectar as diferentes redes do conceito de corredores ecológicos, mas focando mais em estratégias urbanas, como os sistemas de drenagem pluvial. Trata-se de uma rede planejada de áreas





naturais e seminaturais, que funciona no campo da cidade, mas também nas áreas rurais e que abrange tanto os sistemas terrestres, quanto os aquáticos, porém os aquáticos depois foram chamados de infraestruturas azuis.

Trazendo a definição de outro autor para complementar a discussão, as infraestruturas verdes, que são um exemplo de SBN, referem-se a redes planejadas de áreas naturais e elementos cobertos por vegetação que fornecem serviços ecossistêmicos, como regulação climática, drenagem, biodiversidade e lazer (Benedict & McMahon, 2006). Os autores também falam sobre a diferença de espaços verdes e infraestruturas verdes, definindo o primeiro como espaços que gostaríamos de ter e o segundo como espaços que devemos ter já que as infraestruturas verdes fornecem uma rede que pode ser usada para guiar o crescimento e desenvolvimento dos territórios, tanto para acomodar a população da expansão das cidades, quanto para preservar os recursos naturais. Também explicam que esse tipo de infraestrutura utiliza planejamento, design e estratégias de implementação semelhantes aos utilizados para construir rodovias, sistemas hidráulicos e outros sistemas urbanos, podendo ser aplicado em diversas escalas.

### **3.1 Estudos de caso de infraestrutura verde e azul**

O Parque Madureira, projetado pelo escritório Ruy Rezende Arquitetos e inaugurado em 2012 na zona norte do Rio de Janeiro, é um dos maiores parques urbanos lineares do Brasil, configurando-se como um caso emblemático de integração entre infraestrutura verde e infraestrutura azul (ARCHDAILY, 2016). Implantado ao longo de uma faixa de aproximadamente 3,5 km sob linhas de transmissão elétrica, o projeto converte uma área antes subutilizada em um espaço público multifuncional que promove lazer, esporte, cultura e bem-estar social, ao mesmo tempo em que incorpora soluções ambientais de alta relevância para a sustentabilidade urbana.

No campo da infraestrutura verde, o parque destaca-se pela implantação de extensa arborização, jardins e áreas permeáveis, que contribuem para a mitigação das ilhas de calor, a melhoria da qualidade do ar e a promoção da biodiversidade (BENEDICT; MCMAHON, 2006). A presença de ciclovias, passarelas e áreas de convivência incentiva a mobilidade ativa e reforça o caráter social do espaço, qualificando o ambiente urbano e ampliando o acesso da população a áreas verdes.

Em relação à infraestrutura azul, o projeto incorpora um sistema de drenagem sustentável composto por lagos, espelhos d'água e canais que desempenham funções de retenção e infiltração das águas pluviais, contribuindo para a redução de alagamentos e a regulação microclimática (EUROPEAN COMMISSION, 2021). Além disso, também utiliza um sistema de irrigação controlado por sensores meteorológicos, sistema de reuso de água, pisos permeáveis e utilização de lâmpadas LED, garantiram ao Parque Madureira a conquista do primeiro certificado de qualidade ambiental AQUA atribuído a um espaço público brasileiro. Esses elementos hídricos não apenas cumprem papel funcional, mas também enriquecem a experiência sensorial dos visitantes, fortalecendo a interação entre cidade e água.



O caso do Parque Madureira ilustra o potencial das soluções baseadas na natureza (SBN) na requalificação de áreas urbanas densamente ocupadas, integrando vegetação e recursos hídricos em um mesmo projeto para promover resiliência climática, inclusão social e benefícios ecossistêmicos. Ao articular soluções verdes e azuis, o parque reafirma a importância de estratégias baseadas na natureza para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e melhorar a qualidade de vida urbana.

Nos Quadros 2 e 3 foi realizada uma relação de exemplos de infraestruturas verdes e azuis, seus elementos principais e os principais benefícios de cada estratégia.

Quadro 2 – Exemplos de soluções de infraestrutura verde

Exemplo / Local	Elementos principais	Benefícios socioambientais	Referência
<b>Plano de Manejo da Várzea - SP</b>	Corredores vegetados, ciclovia, arborização nativa	Redução do efeito de ilha de calor, melhoria da qualidade do ar e do microclima, conectividade ecológica	Benedict & McMahon (2006)
<b>Parque Madureira (RJ)</b>	Grande parque urbano com áreas permeáveis, jardins de chuva, vegetação nativa	Controle de drenagem, lazer, biodiversidade, conforto térmico	European Commission (2021)
<b>Telhados e paredes verdes (Curitiba/Porto Alegre)</b>	Coberturas vegetadas e painéis verticais	Redução da temperatura urbana, aumento da permeabilidade, isolamento térmico de edificações	Benedict & McMahon (2006)
<b>Jardins de chuva (Recife/Campinas)</b>	Bacias de infiltração e canteiros vegetados	Redução de alagamentos, recarga de aquíferos, filtragem de poluentes	European Commission (2021)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3– Exemplos de soluções de infraestrutura azul

Exemplo / Local	Elementos principais	Benefícios socioambientais	Referência
<b>Parque Linear Cantinho do Céu (SP)</b>	Recuperação de várzeas, passarelas, zonas de amortecimento	Redução de enchentes, aumento da biodiversidade aquática, lazer	European Commission (2021)
<b>Projeto Orla do Guaíba (Porto Alegre)</b>	Áreas de retenção de água, vegetação ciliar, espaços de recreação	Proteção contra cheias, melhoria da paisagem urbana, turismo	Benedict & McMahon (2006)
<b>Recuperação de manguezais (Florianópolis/Recife)</b>	Restauração de mangues e restingas	Proteção costeira, sequestro de carbono, habitat de fauna	European Commission (2021)
<b>Parques de infiltração (São Paulo)</b>	Lagos artificiais integrados a áreas verdes	Controle de cheias, recarga de aquíferos, espaços de lazer	Benedict & McMahon (2006)

Fonte: Elaborado pelos autores.



#### **4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E A RELAÇÃO COM OS PLANOS GLOBAIS DA ONU**

O clima é assunto de interesse e responsabilidade global, por isso a ONU, tendo como propósito debater assuntos de interesse comum entre as nações, está à frente dessa discussão no mundo. A Agenda 2030 surgiu justamente como um plano de ações com este propósito, resolver os principais problemas comuns entre os 193 Estados-membros, através dos seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UN, 2015). Este trabalho aborda o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11), que busca tornar as cidades e assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Entre suas principais metas estão o acesso universal à moradia adequada e a preços acessíveis, sistemas de transporte público seguros e sustentáveis, melhoria da urbanização participativa e redução dos impactos ambientais urbanos. O ODS 11 também prioriza a redução da vulnerabilidade a desastres naturais, fortalecendo a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas e a eventos extremos. Este objetivo serve como guia global para a formulação de políticas públicas urbanas, planejamento territorial e ações de desenvolvimento sustentável, incentivando a integração entre governos locais, sociedade civil e setor privado (UNITED NATIONS, 2015).

Ao integrar planejamento urbano e soluções baseadas na natureza, as Infraestruturas Verdes e Azuis apoiam a implementação de políticas públicas que buscam urbanismos mais equitativos, eficientes e ambientalmente responsáveis, fortalecendo a qualidade de vida e a segurança das populações urbanas. Além disso, essas estratégias permitem preservar o patrimônio natural e cultural, reduzir vulnerabilidades sociais e ambientais, e oferecer espaços públicos acessíveis e saudáveis. Dessa forma, o ODS 11 fornece um referencial global que orienta a pesquisa e a aplicação prática de Infraestruturas Verdes e Azuis, promovendo cidades resilientes e sustentáveis frente às mudanças climáticas e aos desafios urbanos contemporâneos (UNITED NATIONS, 2015).

Além do desenvolvimento da Agenda 2030, a ONU também criou um escritório focado em encontrar soluções para desastres climáticos, na sigla em inglês: United Nation Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), e sua principal função é auxiliar os governos locais a entender e implementar melhores ações de prevenção de risco. Dentro deste escritório, o *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, adotado em 18 de março de 2015 durante a Terceira Conferência Mundial de Redução de Riscos de Desastres, representa o principal arcabouço internacional para prevenção e mitigação de desastres. Ele estabelece quatro prioridades de ação: compreender o risco de desastre; fortalecer a governança do risco; investir na redução de risco para promover resiliência; e melhorar a preparação para resposta, recuperação, reabilitação e reconstrução com o princípio de *"Build Back Better"*. Entre seus objetivos centrais estão: diminuir a mortalidade global causada por desastres; reduzir o número de pessoas afetadas; diminuir as perdas econômicas diretas em relação ao PIB mundial; e limitar danos a infraestruturas críticas e interrupções em serviços essenciais, como saúde e educação, fortalecendo sua resiliência (UNISDR, 2015). Na América Latina e Caribe, a implementação do Marco de Sendai tem revelado tanto avanços quanto desafios. A pesquisa de Cabral-Ramírez, Niño-Barrero e DiBella (2025) cita organizações intergovernamentais de redução de risco a



desastres nestes países, incluindo o Brasil. O estudo evidencia que há necessidade de fortalecimento da articulação entre *stakeholders* do âmbito público e privado, a fim de melhorar a medição e implementação efetiva de estratégias como o do Marco de Sendai.

O Estatuto da Cidade (EC) no Brasil, apesar de ter surgido muito antes da Agenda 2030, surgiu com uma demanda em comum, após um processo de urbanização e de um *“planejamento regulatório, fundado na crença de que a formulação da política urbana deveria ocorrer no âmbito de uma esfera técnica da administração pública, ao contrário de reverter esse quadro, acentuou seus defeitos”* (BASSUL, 2010), onde as grandes massas foram segregadas e perderam acesso a bens de consumo essenciais. O EC surgiu então para regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, para trazer as devidas responsabilidades de cada esfera a respeito da política urbana brasileira e regulamentar seus instrumentos de atuação, com a finalidade de regular o território urbano, diminuindo suas desigualdades.

## **5 BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO ESCALA DE PLANEJAMENTO RESILIENTE**

No intuito de encontrar meios de fazer uma divisão territorial para análise mais aprofundada, essa pesquisa se propõe a entender as conexões geradas entre as cidades e seus rios. Conforme Pires et al (2002), uma bacia hidrográfica (BH) corresponde à área de terras que drenam suas águas para um curso principal e seus afluentes, constituindo a escala mais adequada para análises qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos. Segundo os autores, o conceito de bacia hidrográfica (BH) vem ganhando destaque como referência para o planejamento ambiental, sendo amplamente utilizado como unidade de gestão da paisagem, mas podendo ter variações em seu enfoque conforme a abordagem e aplicação de cada estudo.

A BH pode ser utilizada como unidade de gerenciamento, adoção esta que contribui na busca pelo Desenvolvimento Sustentável. Essa aplicação do conceito determina uma espacialidade físico funcional sobre os quais, nessa perspectiva, devem ser aplicados mecanismos de gerenciamento ambiental. A utilização da BH como unidade para gerenciamento da paisagem é mais eficaz por uma série de motivos, dentre os quais pode-se destacar a democratização das decisões, incluindo diversos agentes, e a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção dos ecossistemas naturais (PIRES et al., 2002).

No Brasil existe a Lei 9.433 de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implantação do regulamento. Na interpretação de Carvalho (2014), *“mesmo centralizada no recurso natural água, percebe-se que a legislação em tela já considera a necessidade de gestão de outros componentes naturais da bacia e a integração entre gestão dos recursos hídricos e gestão ambiental”*. Há uma grande complexidade no país no que se refere à rede hidrográfica, graças a sua proporção continental e à grande variedade de ambientes que possui. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), juntamente com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estabeleceu a divisão do país em 12 macrorregiões hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraná, Uruguai, Paraguai, Atlântico Sul e Parnaíba. Essa

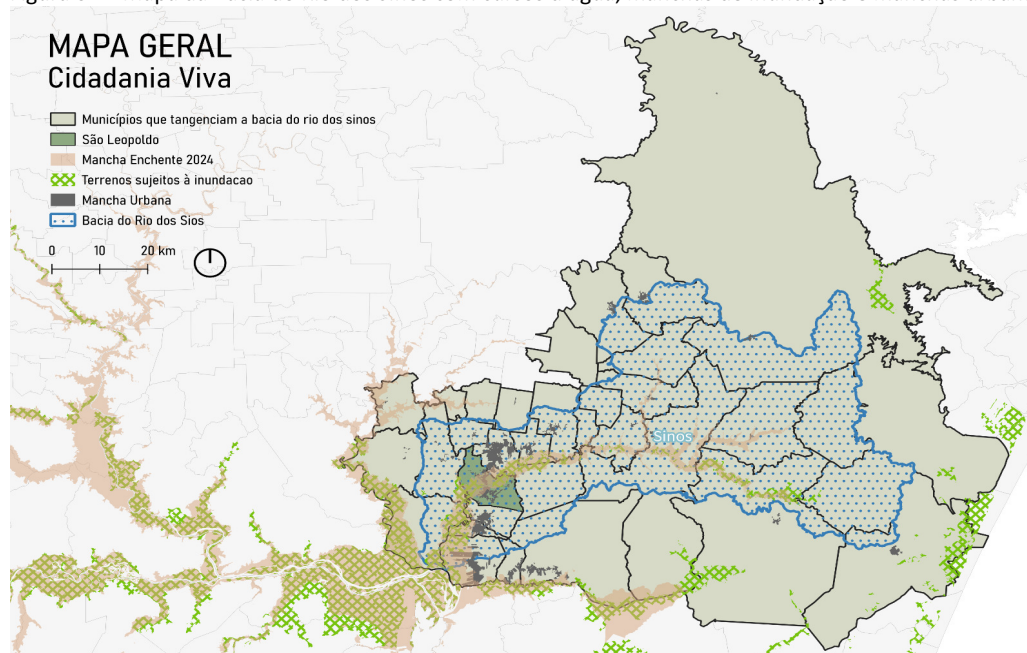
divisão facilita o planejamento integrado, pois considera aspectos fisiográficos, climáticos, sociais e econômicos.

No Rio Grande do Sul, há três principais mesorregiões hidrográficas: Médio Uruguai, Jacuí e Patos/Mirim, as quais abrigam as principais bacias hidrográficas que sustentam os ecossistemas e a economia do estado. Na mesorregião do Jacuí, reúnem-se as seguintes bacias hidrográficas: Alto Jacuí, Baixo Jacuí, Caí, Gravataí, Guaíba, Pardo, Sinos, Taquari/Antas e Vacaí (IBGE, ANA, 2021). A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos destaca-se com especial relevância para a aplicação deste estudo, na definição de uma escala a ser estudada.

### 5.1 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

A bacia hidrográfica do Rio dos Sinos está localizada na parte leste do Rio Grande do Sul, ocupando uma área de 3.694km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 1,3% do território estadual. Ela abrange 30 municípios e uma população de, aproximadamente, 1.440.500 habitantes. Seu principal curso é o Rio dos Sinos, assim chamado devido à sua sinuosidade. Ele possui cerca de 190km de extensão, desde sua nascente em Caraá, até sua foz no município de Canoas. A rede de drenagem formada pelas contribuições de seus corpos d'água tem uma abrangência de 3.471km. (COMITESINOS, s.d.). A Figura 1 demonstra a localização desta bacia, com o perímetro das cidades por onde a bacia passa, as manchas urbanas dos municípios e a sobreposição da mancha de inundação de 2024, já dando uma ideia do impacto que estas cidades sofreram com a enchente.

Figura 01 – Mapa da Bacia do Rio dos Sinos com cursos d'água, manchas de inundação e manchas urbanas



Fonte: Elaborado pelos autores.





Trazendo algumas características da região, trata-se de um clima subtropical que, combinados às características do solo, criam diversos ecossistemas típicos, hoje restritos somente às áreas ainda preservadas. Um ambiente de grande relevância é a mata de galeria, isto é, o corredor florestal dentro o qual corre o rio. Poucos trechos seguem intactos, tendo sido ocupados por cidades e atividades agropecuárias. As populações indígenas que habitavam a região foram expulsas por colonizadores, dentre os quais o grupo mais expressivo foi de alemães agricultores. Ao longo do tempo, pequenas atividades comerciais foram sendo instaladas que, juntamente com a construção da estrada de ferro no início do século XX e a intensificação das atividades industriais, provocaram um rápido desenvolvimento da região. Nos dias atuais, a população tem usufruído do Rio dos Sinos de diferentes maneiras, como fonte de água, lazer e transporte. O que se destaca é a poluição por descarte de esgotos com tratamento ineficiente ou inexistente. A maneira com que a população tem utilizado a Bacia do Rio dos Sinos, tanto no sentido de ocupação do solo quanto com o uso de tecnologias agressivas, tem acarretado numa contaminação das águas e na redução da fauna e da flora locais. (COMITESINOS, s.d.)

## **5.2 São Leopoldo e a relação com o Rio dos Sinos**

O estado do Rio Grande do Sul estabeleceu a organização do território em três grandes regiões hidrográficas: Uruguai, Litoral e Guaíba (FEPAM, s.d.). Nesse recorte estadual, São Leopoldo pertence à bacia do Guaíba, e está inserido na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), instituída pela Lei Complementar Estadual nº 14, de 1973, e composta por 34 municípios que concentram mais de 4 milhões de habitantes, aproximadamente 38,2% da população do estado, configurando-se como um grande polo de atração, de complementaridade funcional e integração das políticas socioeconômicas. (SPGG-RS, 2024).

O município de São Leopoldo, pertencente à RMPA, ocupa uma área de 102 km<sup>2</sup>, com população estimada em 225 mil habitantes (IBGE, 2022), caracterizando-se por forte densidade demográfica e intensa atividade econômica, historicamente vinculada à indústria coureiro-calçadista. Seu desenvolvimento histórico ao longo do rio dos Sinos evidencia a relação direta entre a urbanização, a atividade industrial e a qualidade ambiental do território. (COMITESINOS, 2018). De acordo com o histórico de ocupação da bacia do Rio dos Sinos (MAPBIOMAS, s.d.), é possível identificar o progresso antrópico na cidade ao longo do rio e, consequentemente, a perda de sua mata ciliar nos pontos mais urbanizados.

A bacia do Rio dos Sinos como um todo, bem como a cidade de São Leopoldo, se mostra relevante para a análise da relação entre ocupação do território e desastres naturais por sofrerem recorrentemente com inundações, além de outros eventos climáticos. Recentemente, em maio de 2024, a região sofreu o evento extremo histórico, considerado o mais danoso em comparação a outros registros (ROCHA et al., 2024), o qual atingiu 478 municípios, mais de 2 mil pessoas afetadas e 185 óbitos confirmados (SOS RS, s.d.).





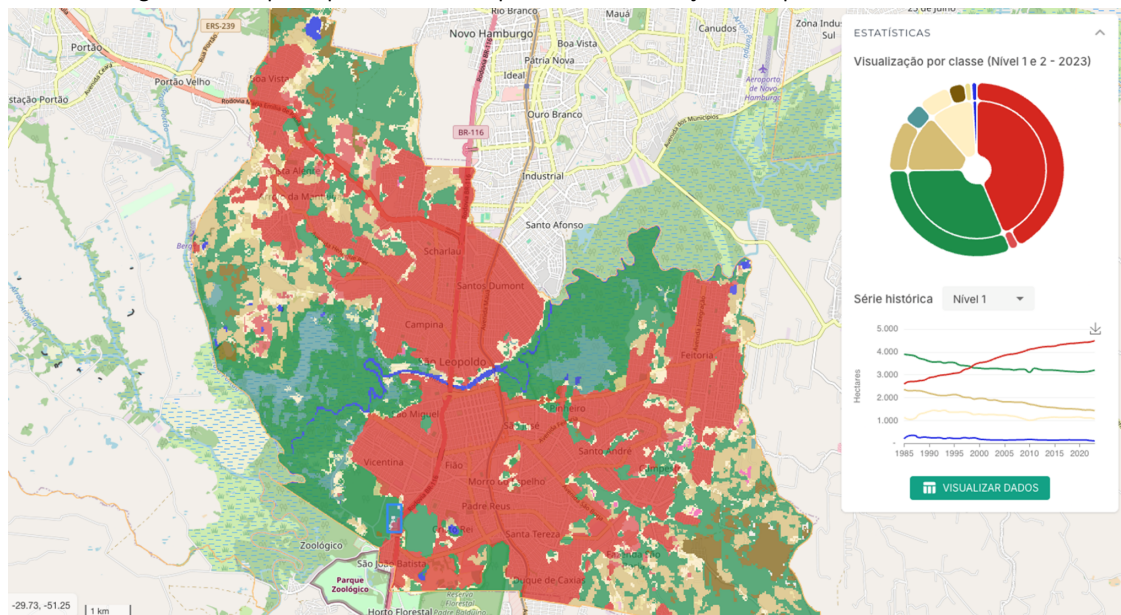
## **6 METODOLOGIA: IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS**

A metodologia da pesquisa está em fase de desenvolvimento, para definição dos critérios de caracterização dos territórios e identificação dos padrões encontrados. Posteriormente será feita também a modelagem do terreno estudado e simulações de riscos com o auxílio de inteligência artificial.

Inicialmente, para uma identificação mais simplificada, serão considerados dois tipos de ocupação ao longo do rio: área preservada e área densificada. Tomando como base os dados fornecidos através do portal MapBiomas, extrai-se o mapeamento da cobertura de solo das cidades da bacia do Rio dos Sinos que fazem interface com o rio. Assim, busca-se fazer uma análise mais completa dos padrões de ocupação, mesmo que posteriormente o estudo seja direcionado à cidade de São Leopoldo. O MapBiomas diferencia a ocupação do solo entre área não vegetada, agropecuária, vegetação herbácea e arbustiva, floresta e água e ambiente marinho, além de suas subclassificações. No caso das cidades da bacia, das áreas demarcadas como “água e ambiente marinho”, serão destacadas as que representam o Rio dos Sinos, isto é, o curso principal da bacia. As áreas de floresta, consideram-se como “áreas preservadas”, enquanto as demais áreas, classificadas como de uso antrópico, consideram-se “áreas densificadas”. A Figura 02 abaixo demonstra como seria o mapa de cobertura do solo da cidade de São Leopoldo sendo a mancha vermelha a mais densificada e a verde a mais preservada e a demarcação em azul é o curso do Rio dos Sinos.



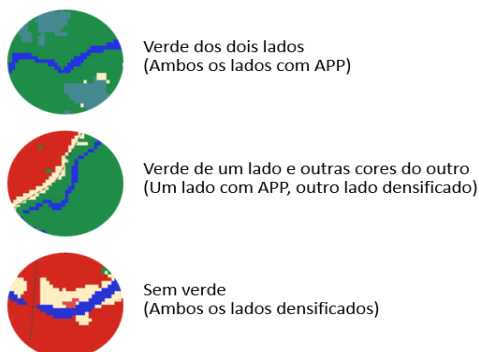
Figura 02 – Mapa ampliado de São Leopoldo com as definições do tipo de cobertura do solo



Fonte: MapBiomias

Serão observados os tipos de ocupação dentro de um perímetro circundante ao rio como, por exemplo, a Área de Preservação Permanente exigida, ou a mancha da enchente de 2024. Dentro desse perímetro, será possível perceber qual o padrão de ocupação predominante de cada lado do rio. A combinação do tipo de ocupação em cada trecho será considerada um tipo de padrão. Prevê-se que haverá, pelo menos, três padrões: ambos os lados preservados, ambos os lados densificados ou um lado preservado e o outro densificado, conforme demonstrado abaixo na Figura 03.

Figura 03 – Definição dos tipos de cobertura encontrados no mapa anterior



Fonte: MapBiomias

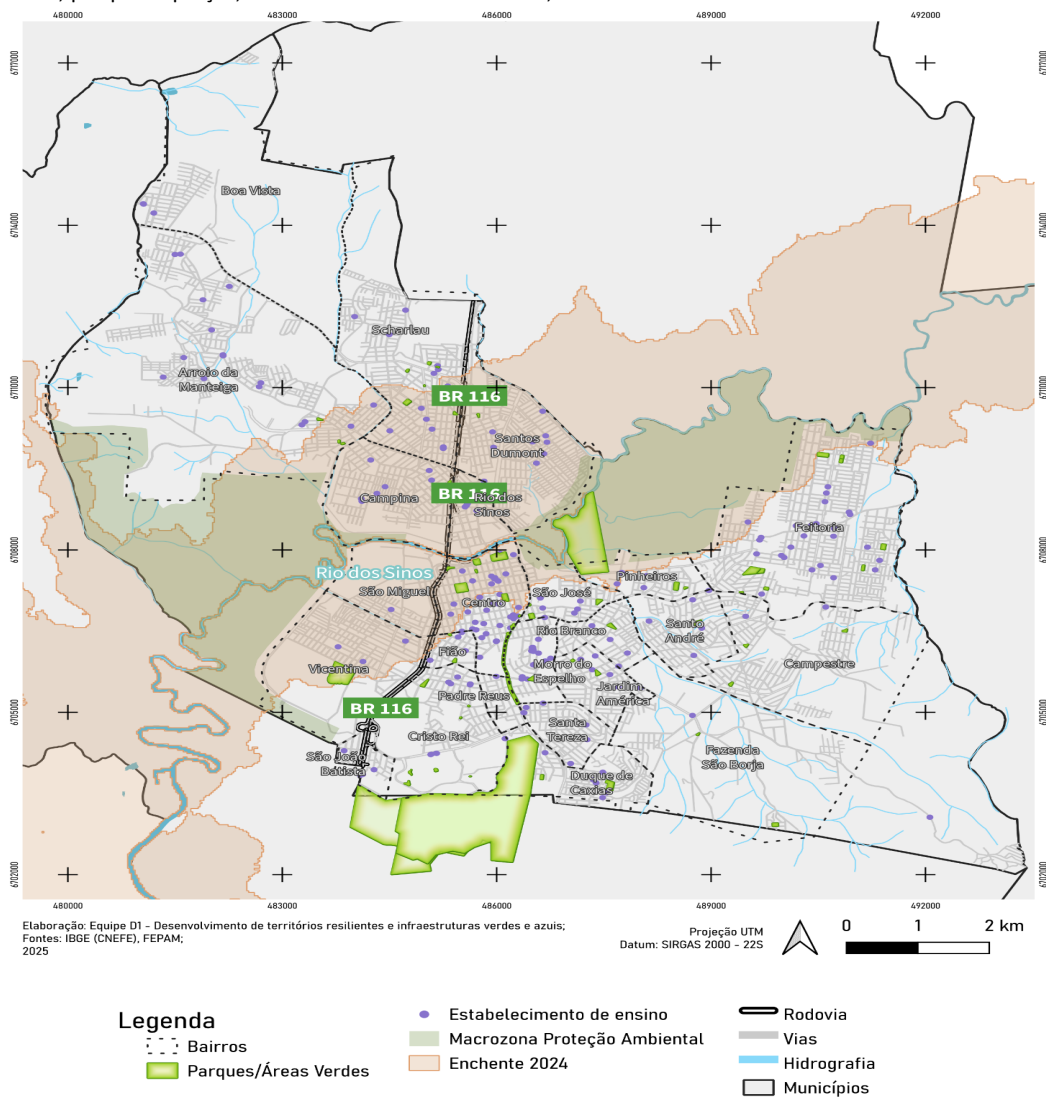
A partir disso, será possível seccionar o rio em diferentes trechos conforme seu padrão. Essa identificação pode contribuir para o uso da inteligência artificial e a aplicação dessa



metodologia para outros locais, além de relacionar o tipo de ocupação com a gravidade dos desastres naturais e propor soluções baseadas na natureza a partir de soluções implementadas em outras cidades em situações semelhantes.

Com o intuito de aprofundar a compreensão acerca da relação entre a dinâmica urbana e os eventos de enchentes ocorridos em 2024, foi elaborado um roteiro metodológico fundamentado em procedimentos de análise espacial e verificação cartográfica. Nesse contexto, realizou-se a coleta sistemática de dados e a construção de variáveis de interesse, com o objetivo de obter evidências que permitissem explicar de forma consistente essa relação. O mapa da Figura 04 demonstra uma das análises iniciais da pesquisa, que teve início com a obtenção de dados referentes aos municípios inseridos na área de influência da bacia hidrográfica do Vale do Rio dos Sinos. Para fins de análise detalhada, delimitou-se como recorte espacial o município de São Leopoldo. A partir do conjunto de informações coletadas, foi estruturado um banco de dados geoespaciais, posteriormente processado e analisado por meio do software QGIS, possibilitando a integração e o tratamento das diferentes camadas de informação espacial.

Figura 04 – Mapa ampliado de São Leopoldo: com todos os cursos d’água, mancha de inundação, divisão de bairros, parques e praças, e estabelecimentos de ensinos;



Fonte: Elaborado pelos autores

## 7 RESULTADOS ESPERADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fortalecimento da resiliência territorial exige mais do que planos e diagnósticos: requer integração efetiva entre políticas públicas, ciência, tecnologia e participação cidadã. Este artigo evidenciou que os territórios resilientes não são apenas resultado de intervenções técnicas, mas de processos contínuos de aprendizagem coletiva e adaptação.



Para que as ações propostas sejam consolidadas, é essencial atualizar periodicamente os dados utilizados no planejamento, implementar sistemas permanentes de monitoramento e incorporar indicadores de resiliência capazes de avaliar resultados de forma transparente.

A pesquisa apresentada faz parte de um grupo e está sendo desenvolvida de forma multidisciplinar, com o intuito de criar um ecossistema inteligente de ação e formação. Serão ao todo 6 etapas de pesquisa, onde o presente artigo representa a primeira etapa, que fala sobre o território e as demais abordam temas socioeconômicos, jurídicos, culturais, de inteligência artificial, educacionais e de meio ambiente. Ao final desta etapa, pretende-se desenvolver estratégias projetuais com proposição de tipologias habitacionais resilientes, diretrizes urbanísticas para adaptação climática e desenvolvimento de soluções baseadas na natureza. Em paralelo, a pesquisa contará com auxílio de tecnologias e inteligência artificial nas próximas etapas de mapeamento e análise de dados, assim como para projeção das estratégias e simulações de risco, implementação de sistemas de monitoramento e desenvolvimento de ferramentas digitais para gestão urbana do território.

Além disso, recomenda-se alinhar as estratégias locais aos marcos nacionais e internacionais – como o Estatuto da Cidade, o Marco de Sendai e a Agenda 2030 – garantindo coerência com as metas globais de desenvolvimento sustentável.

Por fim, a resiliência deve ser entendida como uma construção social e institucional que transcende a resposta a desastres. Trata-se de uma oportunidade para repensar os territórios sob uma perspectiva inclusiva, participativa e inovadora, capaz de antecipar riscos, reduzir vulnerabilidades e promover cidades mais justas e sustentáveis.



## REFERÊNCIAS

- BASSUL, José R.. [Estatuto da cidade: a construção de uma lei]. In: CARVALHO, Celso Santos et al. **O Estatuto da Cidade Comentado (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001)**. Brasília; São Paulo: Ministério das Cidades; Aliança das Cidades, 2010. p. 71 - 88.
- BENEDICT, Mark A.; McMAHON, Edward T. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.
- BRASIL. Lei Complementar nº 14, de 8 de junho de 1973. **Institui a Região Metropolitana de Porto Alegre e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 1973. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp14.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp14.htm). Acesso em: 12 set. 2025.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em: 12 out. 2010.
- CABRAL-RAMÍREZ, Mayleen; NIÑO-BARRERO, Yezid; DIBELLA, José. *Lessons from the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction from Latin America and the Caribbean*. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 16, p. 72-83, 2025.
- CAMPANELLA, T. J. Urban resilience and the recovery of New Orleans. **Journal of the American Planning Association**, v. 72, n. 2, p. 141–146, 2006.
- CARVALHO, Rodrigo Guimarães. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 26-43, 2014.
- COMITESINOS. **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <https://www.comitesinos.com.br/caracterizacao>. Acesso em: 10 set. 2025. s.d.
- EFRAINMAPS. Shapefiles ES: shapefiles geográficos da Espanha. **GitHub**, 2025. Disponível em: <https://github.com/efrainmaps/shapefiles-es>. Acesso em: 13 set. 2025.
- ESRI. **StoryMaps** – A81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/a81d69f4bccf42989609e3fe64d8ef48>. Acesso em: 13 set. 2025.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM). **Banco de Dados Cartográficos RS25**. Disponível em: <https://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/>. Acesso em: 13 set. 2025.
- \_\_\_\_\_. **Regiões hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul: descrições e contexto**. s.d. Disponível em: [http://homologa.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes\\_hidro.asp](http://homologa.fepam.rs.gov.br/qualidade/regioes_hidro.asp). Acesso em: 12 set. 2025.
- GEOFABRIK. Geofabrik Download Server: dados **OpenStreetMap**. Disponível em: <https://www.geofabrik.de/>. Acesso em: 02 set. 2025.
- IBGE; ANA. Bacias e Divisões Hidrográficas do Brasil. **Série Relatórios Metodológicos**, v. 48. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3d87216f-e45e-41d8-9837-074c1608fb1e/attachments/liv101854.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **São Leopoldo (RS)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/sao-leopoldo.html>. Acesso em: 12 set. 2025.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Catálogo de Geoserviços**. Disponível em: <https://inde.gov.br/CatalogoGeoservicos>. Acesso em: 13 set. 2025.





KABISCH, Nadja et al. (ed.). Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: linkages between science, policy and practice. **Cham: Springer, 2017. (Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions)**. DOI: 10.1007/978-3-319-56091-5. Acesso em: 10 ago. 2025.

MAPBIOMAS. Plataforma de Mapas – **Coleção de dados sobre cobertura e uso do solo no Brasil**. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/coverage>. Acesso em: 13 set. 2025.

MARICATO, Ermínia. [O Estatuto da Cidade Periférica]. In: CARVALHO, Celso Santos et al. **O Estatuto da Cidade Comentado (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001)**. Brasília; São Paulo: Ministério das Cidades; Aliança das Cidades, 2010. p. 05 - 22.

MEEROW, Sara et al. Defining urban resilience: a review. **Landscape and Urban Planning**, v. 147, p. 38–49, 2016.

MOLENAAR, Arnoud; GEBRAAD, Corjan. Rotterdam resilient delta city: connecting water and adaptation with opportunities. **Water Governance**, v. 1, p. 43-47, 2014. Baltzer Science Publishers. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/431696>. Acesso em: 30 ago. 2025.

NATURAL EARTH. **Natural Earth Data: free vector and raster map data**. Disponível em: <http://www.naturalearthdata.com/>. Acesso em: 13 set. 2025.

OSF. **Open Science Framework** – Repositório 9wr5c. Disponível em: <https://osf.io/9wr5c/>. Acesso em: 13 set. 2025.

OXFORD UNIVERSITY PRESS. Resilience. In: **Oxford Learner's Dictionaries**. Disponível em: <https://bit.ly/4fODx4E>. Acesso em: 17 ago. 2025.

PIRES, José S. R.; SANTOS, José. E.; DEL PRETTE, Marcos. E. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Santa Cruz: Editora EDITUS - Editora da UESC, 2002.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Áreas de Preservação Permanente (APP). **Dados Abertos POA, 2025**. Disponível em: <https://dadosabertos.poa.br/dataset/areas-de-preservacao-permanente-app/resource/7b3a3090-929c-4541-8832-b7634e4f7e93>. Acesso em: 10 set. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). **Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (G020)**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>. Acesso em: 11 set. 2025.

\_\_\_\_\_. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA). **Limites das Unidades de Conservação**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/limites-das-unidades-de-conservacao>. Acesso em: 01 set. 2025.

ROCHA, R. P., REBOITA, M.S., CRESPO, N.M. Análise do evento extremo de precipitação ocorrido no Rio Grande do Sul entre abril e maio de 2024. **J Health NPEPS**. 2024; 9(1):e12603.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO (SPGG-RS). **Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA)**. Porto Alegre: SPGG-RS, 2024. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-rmpa>. Acesso em: 12 set. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). **GeoSGB: Downloads de dados geológicos**. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 02 set. 2025.

SILVA, José Maria Cardoso da; WHEELER, Emily C. Ecosystems as infrastructure. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 32-35, jan./mar. 2017.

SOS RIO GRANDE DO SUL. **Situação nos municípios – balanço das enchentes de maio de 2024 no Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://sosenchentes.rs.gov.br/situacao-nos-municipios#:~:text=Balan%C3%A7o%20das%20enchentes%20de%20maio%20de%202024%20no%20Rio%20Grande>



[%20do%20Sul&text=Munic%C3%ADpios%20afetados%3A%20478,Desaparecidos%3A%2023](#). Acesso em: 13 set. 2025.

TAKEMOTO, K. Urban Flood Control Measures in Tokyo: Underground Reservoirs and Diversion Tunnels. *Hydrological Research Letters*, v. 9, p. 1-6, 2015. Disponível em: <https://www.g-nets.metro.tokyo.lg.jp/en/insights/202503-case-study.html>. Acesso em: 10 set. 2025.

TALEB, Nassim Nicholas. **Antifragile: Things That Gain from Disorder**. New York: Random House, p. 11-47, 2012.

UNISDR. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. **Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction**, 2015. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 30 ago. 2025.

UNITED NATIONS. **Deadly floods show need for faster, wider warnings, UN agency says**. 27 jul. 2025. Disponível em: <http://bit.ly/4mXBQo0>. Acesso em: 2 set. 2025.

\_\_\_\_\_. **Latin America and Caribbean: Millions more children could face poverty due to climate change**, 8 ago. 2025. Disponível em: <http://bit.ly/4mdxHvb>. Acesso em: 2 set. 2025.

\_\_\_\_\_. **Sustainable Development Goal 11: Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals/goal11>. Acesso em: 20 set. 2025.

\_\_\_\_\_. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Resolution A/RES/70/1. New York: United Nations, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS) – LabGeo. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – Escala 1:50.000**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/downloads/dados-geoespaciais/base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-150-000/>. Acesso em: 12 set. 2025.

\_\_\_\_\_. **Downloads de dados geoespaciais**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/downloads/dados-geoespaciais/>. Acesso em: 13 set. 2025.

VALE, L. J. The politics of resilient cities: whose resilience and whose city? *Building Research & Information*, v. 42, n. 2, p. 191–201, 2014.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Extreme heat impacts millions of people**. 07 ago. 2025. Disponível em: <http://bit.ly/3KdZT3w>. Acesso em: 2 set. 2025.

YU, Kongjian. Sponge City: Theory and Practice. *Water International*, v. 43, n. 6, p. 829–844, 2018. Disponível em: <https://www.turenscape.com/topic/en/spongecity/index.html>. Acesso em: 10 set. 2025.

ZENODO. Comunidade RECRIARS – Registros de dados geoespaciais. **Zenodo**, 2025. Disponível em: <https://zenodo.org/communities/recriars/records>. Acesso em: 13 set. 2025.

\_\_\_\_\_. **Dados geoespaciais – registro nº 14617475**. **Zenodo**, 2025. Disponível em: <https://zenodo.org/records/14617475>. Acesso em: 13 set. 2025.



## **DECLARAÇÕES**

---

### **CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR**

- **Concepção e Design do Estudo:** Izabele Colusso.
  - **Curadoria de Dados:** Izabele Colusso, Cibele Kunzler, Eduarda Elicker Michelin, Rafael Frutuoso da Costa e Sabrina da Motta Meller.
  - **Análise Formal:** Izabele Colusso.
  - **Aquisição de Financiamento:** Izabele Colusso.
  - **Investigação:** Cibele Kunzler, Eduarda Elicker Michelin e Rafael Frutuoso da Costa.
  - **Metodologia:** Izabele Colusso, Sabrina da Motta Meller e Eduarda Elicker Michelin.
  - **Redação - Rascunho Inicial:** Izabele Colusso e Sabrina da Motta Meller.
  - **Redação - Revisão Crítica:** Izabele Colusso e Sabrina da Motta Meller.
  - **Revisão e Edição Final:** Eduarda Elicker Michelin.
  - **Supervisão:** Izabele Colusso.
- 

### **DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE**

Nós, **Izabele Colusso, Cibele Kunzler, Eduarda Elicker Michelin, Rafael Frutuoso da Costa e Sabrina da Motta Meller**, declaramos que o manuscrito intitulado “**Desenvolvimento de territórios resilientes e infraestruturas verdes e azuis: uso e ocupação do território por meio de infraestruturas resilientes**”:

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).
  2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados. Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
  3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito. Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
-