

CRISE CLIMÁTICA E RENATURALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS: o caso de Bagé, RS, Brasil

CLIMATE CRISIS AND RENATURALIZATION OF URBAN RIVERS: the case of Bagé, RS, Brazil

Gabriel Delpino da Silveira¹
gabriel_ds@icloud.com

Sarah Juliane Dorneles da Silva²
sarahjulianedorneles@gmail.com

Maurício Polidori³
mauricio.polidori@gmail.com

Liara Dalsoto Callegaro⁴
liaradalsoto@hotmail.com

Resumo: A urbanização acelerada e a crise climática têm intensificado os problemas ambientais nas cidades, especialmente em relação à gestão das águas e ao aumento das inundações urbanas, o que representa um desafio para o desenvolvimento sustentável e para a resiliência urbana. O objetivo deste artigo é identificar as áreas de maior potencial para a renaturalização de rios e adaptação urbana, sendo utilizado o estudo de caso na cidade de Bagé, RS. Para isso, utilizou-se o Modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage), uma ferramenta hidrológica que permite mapear zonas de risco e áreas suscetíveis a inundações, com base no modelo digital de elevação e ferramentas de geoprocessamento. Os resultados revelaram que as bordas urbanas, onde há maior concentração de espaços abertos, são as mais indicadas para intervenções de renaturalização, permitindo restaurar funções ecológicas e fortalecer a conectividade ambiental. Conclui-se que priorizar a renaturalização nessas áreas é fundamental para mitigar os efeitos da crise climática, promover a adaptação urbana e contribuir para cidades mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-chave: crise climática; renaturalização; rios urbanos.

¹ Doutorando|Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (PROGRAU/UFPEL).

² Mestranda|Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (PROGRAU/UFPEL).

³ Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (PROGRAU/UFPEL).

⁴ Mestranda|Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (PROGRAU/UFPEL).

Abstract: Accelerated urbanization and the climate crisis have intensified environmental problems in cities, especially regarding water management and the increase in urban floods, which poses a challenge to sustainable development and urban resilience. The aim of this article is to identify areas with the greatest potential for river renaturalization and urban adaptation, using the city of Bagé, RS, as a case study. For this purpose, the HAND Model (Height Above the Nearest Drainage) was used, a hydrological tool that allows mapping risk zones and areas susceptible to flooding, based on the digital elevation model and geoprocessing tools. The results revealed that urban edges, where there is a higher concentration of open spaces, are the most suitable for renaturalization interventions, enabling the restoration of ecological functions and strengthening environmental connectivity. It is concluded that prioritizing renaturalization in these areas is essential to mitigate the effects of the climate crisis, promote urban adaptation, and contribute to more resilient and sustainable cities.

Keywords: climate crisis; renaturalization; urban rivers.

1. Introdução

A intensificação do processo de urbanização, o agravamento da crise climática e a insuficiência de políticas de planejamento urbano voltadas para soluções que dialoguem com a natureza, tem colocado as cidades diante de desafios ambientais sem precedentes, especialmente no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos em bacias e sub-bacias urbanas. A expansão das áreas urbanizadas, muito pautada em intervenções que impermeabilizam as superfícies naturais, tem provocado um impacto direto na dinâmica hídrica de ambientes urbanos e resultando em agravamento do risco de inundações, que comprometem também a qualidade e a disponibilidade de água. Esses impactos são ainda mais agravados pelo aquecimento global, que intensifica eventos extremos e demanda respostas urgentes no planejamento urbano e ambiental, buscando promover a sustentabilidade ambiental e a resiliência urbana.

Nesse contexto, a busca por soluções para a gestão das águas pluviais e adaptação das cidades torna-se fundamental. Entre alternativas, a renaturalização de rios urbanos apresenta-se como uma estratégia que integra a cidade e a natureza, promovendo uma restauração ecológica de áreas degradadas e a adaptação entre ambiente natural e urbano.

Para tanto, compreender as dinâmicas da paisagem é fundamental no contexto urbano, onde os processos ecológicos e as transformações espaciais impactam diretamente na qualidade ambiental e na resiliência das cidades frente ao aquecimento global. Isso pode ser observado especialmente em cidades médias brasileiras, que vêm

apresentando crescimento demográfico expressivo e enfrentam problemas ambientais típicos das grandes metrópoles (IPEA, 2021; IBGE, 2022). Dentre estes impactos, as inundações urbanas e os períodos de estiagem extrema, são reconhecidamente agravados pelas transformações que a cidade, ou o ecossistema urbano, provoca nas bacias hidrográficas dos rios (Tucci, 2005; Canteiro *et al.*, 2024).

A abordagem da Ecologia de Paisagem pode ajudar a reconhecer espaços viáveis para a renaturalização, visualizando rios e cidades como ecossistemas constituintes da mesma paisagem, buscando devolver ao curso d'água as suas funções ecossistêmicas originais, essenciais na promoção de benefícios ambientais, sociais e econômicos para as cidades. Neste mesmo cenário, denota-se a importância das bordas urbanas como local potencial para a renaturalização de rios e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, o que em áreas densamente urbanizadas torna-se um desafio significativo, principalmente pela escassez de espaços abertos.

Considerando a tendência de avanço das áreas urbanas sobre regiões inundáveis e o crescente interesse da população pelas cidades médias, este artigo apresenta um estudo de caso aplicado à cidade de Bagé (RS), que visa identificar as áreas de maior potencial para a renaturalização de rios e adaptação urbana, caracterizando-se então como uma ação oportuna para a promoção de cidades mais resilientes e sustentáveis, em uma perspectiva de planejamento urbano abrangente que integre práticas de construção de cidades que dialoguem com o ecossistema.

2. Crise climática, urbanização e sub-bacias

As relações entre urbanização, crise climática e a necessidade de planejamento eficaz em bacias e sub-bacias hidrográficas urbanas representam uma área crucial de estudo na gestão ambiental contemporânea, sendo que a urbanização vem trazendo mudanças significativas no uso do solo e na dinâmica hídrica em ambientes urbanos. Essas mudanças vêm resultando em desafios profundos, principalmente em relação à qualidade e à disponibilidade da água, à medida que as paisagens naturais são substituídas por superfícies impermeáveis, que modificam o ciclo hidrológico natural e

agravam os riscos de inundações (Alberti, 1999; Tucci, 2005; Gorski, 2010; Canteiro *et al.*, 2024).

A crise climática é um fator que potencializa ainda mais a dificuldade de enfrentamento desses desafios, com áreas urbanas contribuindo com grande parte das emissões globais de CO₂, incluindo o aumento de eventos climáticos extremos, inundações e aumento do nível do mar, implicando numa necessidade urgente de planejamento urbano abrangente que integre práticas de construção da cidade com gestão das águas (Bucchin e Tuley, 2024).

Por meio da ação antrópica, há uma significativa alteração dos sistemas naturais, sendo um dos elementos principais para explicar o colapso climático, que é marcada pelo aumento da temperatura global. O Serviço de Mudanças Climáticas Copernicus (C3S) indicou que a temperatura média global em 2024 excedeu 1,5 °C acima do seu nível pré-industrial, tornando-se o ano mais quente já registrado (Copernicus, 2025). O aquecimento global registrado é fator desencadeante de uma série de outras consequências, como os eventos climáticos extremos, que têm apresentado aumento de intensidade e frequência nos últimos anos (IPPC, 2023).

Controvérsias em torno do tema da gestão ambiental dizem respeito à eficácia dos sistemas tradicionais de gestão de águas pluviais, em comparação com soluções inovadoras baseadas na natureza, que priorizam a restauração ecológica e o bem-estar das comunidades. Enquanto as abordagens convencionais tendem a focar no escoamento rápido das águas, estratégias emergentes propõem uma gestão integrada das bacias hidrográficas, tratando a água como um bem comum, buscando promover a sustentabilidade ambiental e a resiliência urbana a longo prazo (Costa e Campos, 2020).

Como será tratado neste artigo, a renaturalização de rios urbanos é uma das possibilidades importantes, nesse esforço para encontrar meios que conectem o ambiente urbano e a natureza. De acordo com o Relatório AR6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), houve um aumento do risco enfrentado pelas pessoas em todas as cidades e áreas urbanas, provocado pela crise climática, considerando que os processos de urbanização desconectados do

ambiente natural, expõe a população ao risco e aos impactos proporcionados pela ocorrência de eventos extremos.

Denota-se ainda que as comunidades são afetadas de forma desproporcional pelos efeitos do aquecimento global, onde comunidades marginalizadas são particularmente vulneráveis, experimentando disparidades intensificadas no acesso a recursos e maior exposição a riscos à saúde relacionados ao clima, ressaltando a necessidade de soluções equitativas que priorizem o engajamento da comunidade e a colaboração das partes interessadas (Mohnot *et al.*, 2019).

A busca por soluções sustentáveis para a adaptação e mitigação dos efeitos do colapso climático torna-se ainda mais relevante diante do atual cenário de urbanização no Brasil. Os resultados do censo de 2022 têm demonstrado o crescente interesse da população pelas cidades médias, já que nos últimos 12 anos, estas cidades, que variam entre 100 e 500 mil habitantes, obtiveram um crescimento demográfico relativo superior ao das grandes cidades, com mais de 500 mil habitantes (IBGE, 2022). As cidades médias muitas vezes constituem centros regionais para cidades menores do entorno, dispondo de serviços especializados e indústrias (IPEA, 2021; IBGE, 2022). Entretanto, essas localidades também sofrem com problemas ambientais típicos das metrópoles, onde o estudo do MapBiomass (Pedrassoli, 2023) demonstrou que, nos últimos 38 anos, um quarto das expansões urbanas nas cidades brasileiras ocorreu sobre áreas com risco de inundação.

3. Ecologia de paisagem: interações espaciais entre sistemas fluviais e urbanos

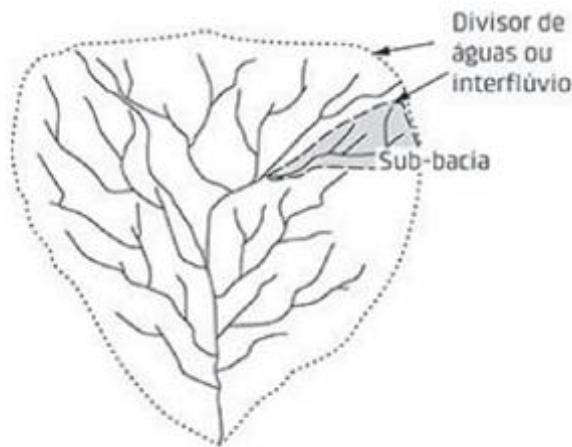
A Ecologia de Paisagem é reconhecida como campo científico que estuda a interação entre os ecossistemas que compõem a paisagem (Forman e Gordon, 1986). Em 1939, o biogeógrafo Carl Troll (1971), motivado pelas novas perspectivas oferecidas pelas fotografias aéreas, introduziu pela primeira vez o termo Ecologia de Paisagem, unindo a abordagem espacial da geografia e a abordagem funcional da ecologia (Turner *et al.*, 2001; Burel e Baudry, 1999; Metzger, 2001). Neste campo científico, comprehende-se a paisagem como uma área que engloba diferentes ecossistemas, representados por

manchas, compondo um mosaico heterogêneo que está em constante mutação (Forman e Gordon, 1986, Turner et al, 2001; Burel e Baudry, 1999; Metzger, 2001).

Reconhecer as estruturas e padrões espaciais aos quais os sistemas fluviais e urbanos estão submetidos pode ser útil para direcionar a adaptação urbana, focada na renaturalização. Nessa leitura, os rios e as áreas urbanizadas podem ser vistos como manchas que desenvolvem uma variabilidade espacial, modificando a paisagem constantemente. Enquanto a espacialidade dos rios é influenciada por fatores essencialmente físicos, como a configuração do relevo, tipos e usos do solo (Santos, 2004; Tucci, 2005; Stevaux e Latrubesse, 2017), no mesmo locus, as cidades evoluem com base em fatores sociais e econômicos, desenvolvendo um padrão espacial distinto e que muitas vezes se sobrepõem à forma dos rios (Peres e Polidori, 2010).

A estrutura dos rios pode ser lida a partir da sua bacia hidrográfica, a qual forma cursos d'água naturais que se dirigem a um corpo de água central (rio) em um desenho ramificado que se configura em múltiplas escalas na superfície (Santos, 2004). A bacia hidrográfica de um rio pode ser dividida em sub-bacias a partir dos divisores de águas, que são formados pelos pontos mais altos entre dois canais de drenagem, conforme exemplificado na Figura 1, a seguir. As mudanças espaciais que ocorrem nos rios se desenvolvem em movimentos de retração e expansão dos cursos d'água, influenciados pela configuração do relevo e pelos fluxos do ciclo hidrológico (Costa, 2006; Tucci, 2005). Esses movimentos são considerados naturais dos sistemas fluviais, sendo fundamentais para a manutenção da cobertura vegetal da margem, que por sua vez, tem a função de sustentar a forma côncava do leito, segurando os sedimentos e garantindo a estabilidade e condutibilidade do canal (Gorski, 2010).

Figura 1: divisão de uma bacia em Sub-bacias.



Fonte: Stevaux e Latrubesse (2017).

Na mesma paisagem, a forma urbana se desenvolve, estruturada por um plano urbano (Conzen, 1960), que é constituído pelo sistema de circulação (ruas), espaços construídos (volume edificado) e espaços abertos (áreas não edificadas), submetidos aos limites de lotes e quadras. O ambiente urbanizado, especialmente nos centros urbanos, provoca transformações drásticas na dinâmica natural da bacia hidrográfica, através da impermeabilização de superfícies, inserção de sistemas de drenagem artificial e redução da cobertura vegetal (Alberti, 1999; Tucci, 2005 Gorski, 2010; Canteiro *et al.*, 2024). Neste contexto, os espaços abertos desempenham um papel fundamental para o equilíbrio térmico e hidrológico das cidades, aumentando os movimentos de evapotranspiração e diminuindo a velocidade de escoamento superficial e infiltração das águas no solo.

A forma urbana, especialmente nas cidades brasileiras, tem sido caracterizada pela existência simultânea de áreas de concentração nos centros urbanos e áreas de fragmentação, com presença de vazios urbanos e espaços abertos, especialmente nas periferias ou nas bordas da cidade (Peres e Polidori, 2010). Certos ideais do urbanismo, muito corroborados em um passado recente, consideram a fragmentação urbana, como um aspecto negativo, “patológico”, da urbanização, sob o argumento de que a forma

fragmentada gera custos adicionais com infraestrutura e excessivos deslocamentos (Rossi, 1995). Em contraponto, outras vertentes podem visualizar um potencial nesta característica, especialmente quando os espaços abertos e vazios urbanos se encontram sobrepostos ou próximos aos cursos d'água naturais (Alberti, 1999; Peres e Polidori, 2010), sendo esse um argumento central para a renaturalização. Entretanto, quando as lógicas econômicas de produção do espaço urbano se sobrepõem às leis de ordenamento e planejamento das cidades, elas podem induzir tanto a ocupação de áreas inadequadas quanto ao adensamento de centros urbanos, gerando enormes impactos no ciclo natural dos rios em áreas urbanas (Maricato, 2011).

Na contemporaneidade, com o exponencial avanço das tecnologias aeroespaciais e a grande quantidade de dados disponibilizados, além do desenvolvimento de ferramentas computacionais capazes de processar e cruzar diferentes variáveis ambientais, a leitura da ecologia da paisagem pode alcançar novas possibilidades práticas no planejamento das cidades. Nesse âmbito, os modelos digitais de elevação e os softwares de geoprocessamento podem constituir importantes ferramentas para o mapeamento de áreas potenciais para renaturalização, sobrepondo os padrões espaciais dos rios aos da cidade.

4. Renaturalização

A renaturalização de rios tem como objetivo principal a restauração, o mais próximo possível da condição natural, do ambiente degradado (Alves, 2003; Silva e Porto, 2020). Esse termo, traduzido para o contexto da ecologia da paisagem e, principalmente, dos cursos de água urbanos, refere-se ao conjunto de políticas, ferramentas e ações que visam o reaparecimento de áreas naturais nos centros urbanos, bem como a sua preservação, para evitar a perda desses ambientes durante a expansão das cidades para o ambiente natural, tornando-as inexistentes ou áreas degradadas.

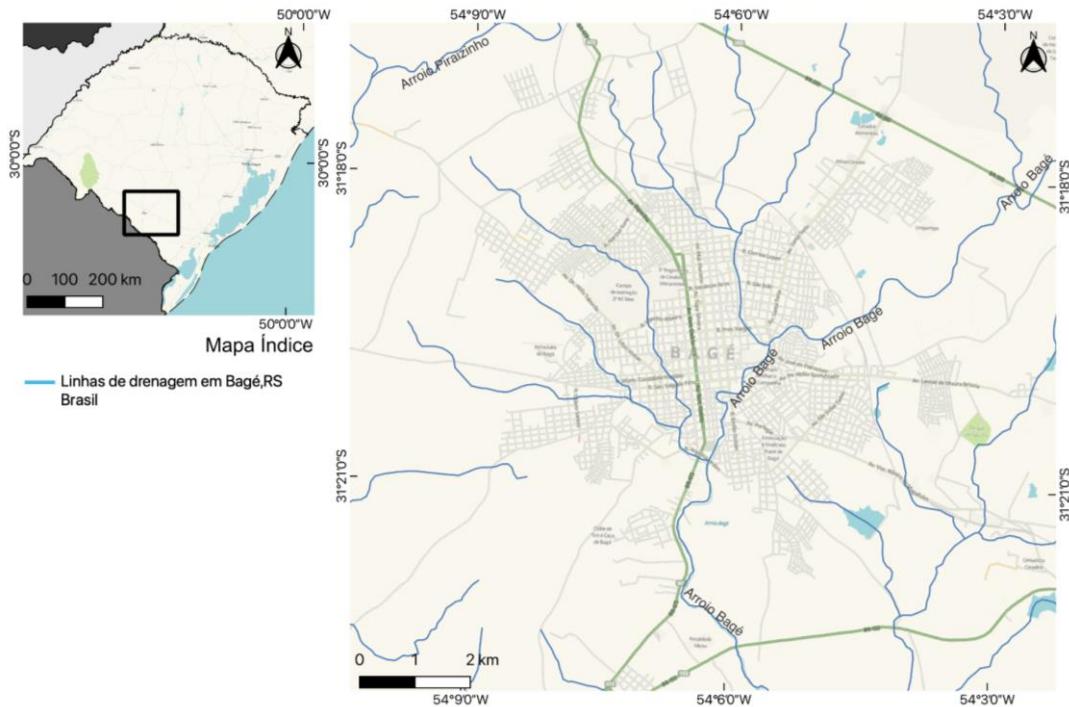
Ao discutir o conceito de condição natural na renaturalização, estudiosos como Muhar *et al.* (1995) argumentam que essa referência deve ser baseada em um período anterior às degradações frequentes dos ambientes naturais, mas não tão remoto quanto

épocas pré-históricas como a Era do Gelo. Para exemplificar, nos Estados Unidos, Shields *et al.* (2003) apontam que essa condição remete ao período anterior à colonização europeia. Além disso, os autores destacam que a replicação com exatidão do ambiente natural original é inviável, por isso as intervenções buscam alcançar a condição mais próxima possível, através de uma abordagem holística, que envolve a manipulação de diversos elementos que possibilitam restaurar a estrutura, a dinâmica sustentável e a funcionalidade do ecossistema.

5. O estudo de caso em Bagé/RS

Diante desse cenário, a identificação de áreas prioritárias para a renaturalização torna-se essencial. Para ilustrar essa abordagem, este artigo apresenta o estudo de caso de Bagé/RS (Figura 2, adiante), onde a aplicação de ferramentas de geoprocessamento permitiu mapear áreas suscetíveis a inundações e potenciais para a renaturalização. O município está localizado na região sul do Estado do Rio Grande do Sul (RS), a aproximadamente 375 km de distância da capital, Porto Alegre. Suas coordenadas geográficas, de acordo com o sistema WGS 84 (*World Geodetic System*) são: latitude 31º 19' 53" Sul e longitude 54º 06' 25" Oeste. Dentre algumas cidades da região, como Dom Pedrito, Hulha Negra, Candiota e Pinheiro Machado, o Município tem maior quantidade de habitantes (121.518 hab.) de acordo com dados do IBGE (2021).

Figura 2: localização da cidade de Bagé/RS.



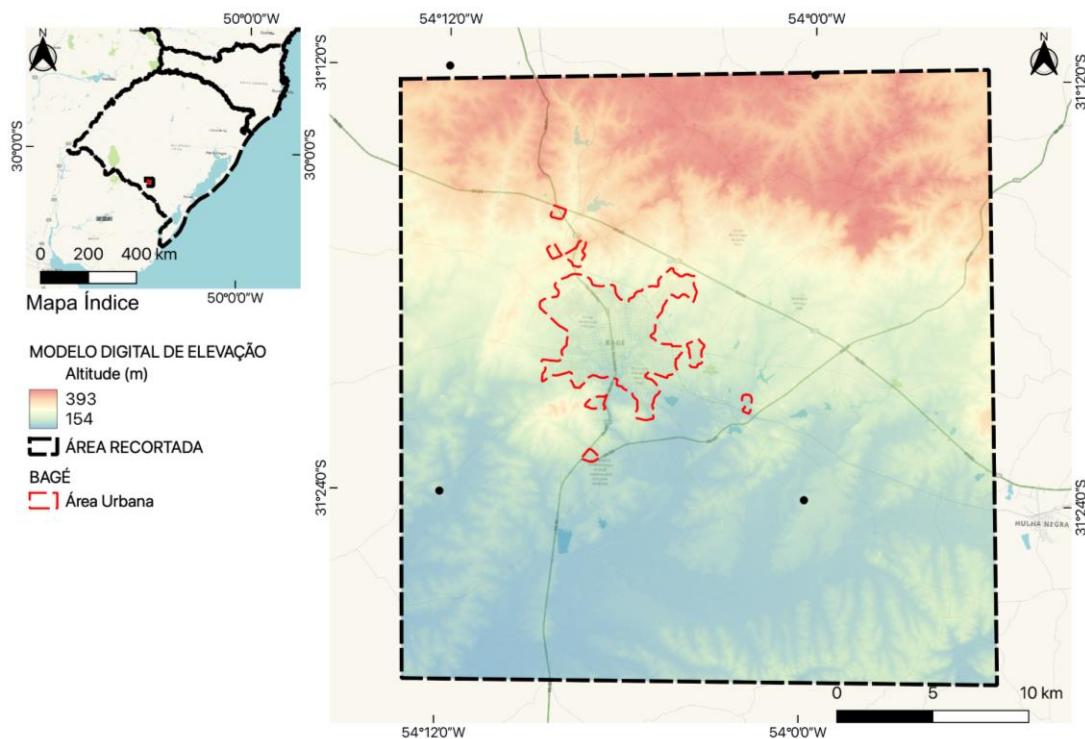
Fonte: Silveira (2024).

O desenvolvimento urbano de Bagé, segundo Neutzling (2009), foi historicamente delimitado pelos arroios Gontam e Bagé, que circundam a cidade. No entanto, a partir da década de 1930, impulsionado principalmente pela expansão da malha ferroviária, o processo de urbanização ultrapassou os limites naturais impostos pelos cursos d'água. Esse avanço resultou na ocupação de áreas originalmente sujeitas a inundações, elevando a vulnerabilidade da população residente nessas regiões. Como consequência, episódios de enchentes tornaram-se mais frequentes, evidenciando a necessidade de políticas públicas voltadas à gestão do uso do solo e à mitigação dos riscos associados às áreas de inundação.

Para delimitar as áreas suscetíveis a inundação em Bagé e, consequentemente, as áreas de renaturalização dos arroios, foi utilizado o Modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage), desenvolvido por Rennó *et al* (2008). Esse modelo hidráulico representa uma abordagem inovadora para a identificação de áreas suscetíveis a

inundações, ao analisar a relação entre a topografia do terreno e a rede de drenagem. O método baseia-se no cálculo da diferença vertical entre a altitude do terreno, obtida a partir de um modelo digital de elevação (MDE), e a altitude da rede de drenagem mais próxima, gerando um novo modelo denominado HAND. Essa altura relativa está diretamente associada à profundidade do lençol freático e à dinâmica de inundação, permitindo o mapeamento de zonas de risco sem a necessidade de dados hidrométricos convencionais. O MDE utilizado foi obtido através do satélite *Alos Palsar*, com resolução espacial interpolada de 12,5x12,5 m, mostrado na Figura 3, a seguir.

Figura 3: modelo digital de elevação para a cidade de Bagé/RS.



Fonte: Silveira (2024), produzido a partir do MDE disponibilizado pelo satélite *Alos Palsar* (2011).

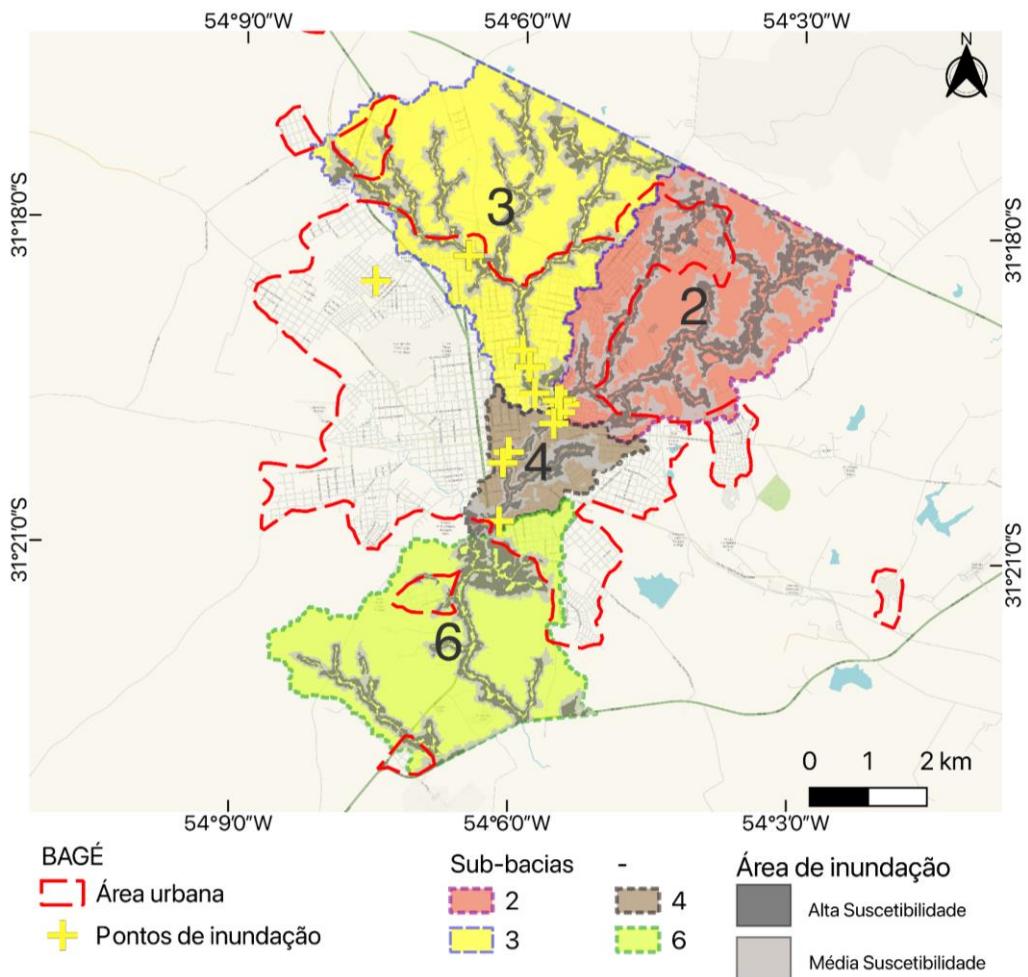
O funcionamento do modelo consiste, primeiramente, no processamento do MDE para normalizar as curvas de nível, calculando-se a distância vertical de cada ponto do terreno em relação ao canal de drenagem mais próximo. Com base nessas alturas

relativas, o HAND é capaz de simular a extensão espacial de áreas alagadas, considerando exclusivamente a topografia local.

Entre as principais vantagens do modelo HAND, Nobre *et al.* (2011) destacam a independência de uso de dados de séries históricas de cheias, o baixo custo operacional e a aplicabilidade em regiões com escassez de dados hidrológicos, tendo sido amplamente utilizada em estudos de hidrogeomorfologia e geoprocessamento, servindo como base para o planejamento e a gestão territorial em áreas vulneráveis a inundações.

Após delimitar a área de estudo na cidade de Bagé (RS), adotou-se o entendimento de Zhao *et al.* (2007) de que o planejamento da restauração de rios deve ser realizado na escala de bacias e sub-bacias hidrográficas. Por isso, neste trabalho, foram delimitadas as sub-bacias do Arroio Bagé, que serviram de base para as análises desenvolvidas. A demarcação das sub-bacias do arroio foi realizada no programa Global Mapper, utilizando o Modelo Digital de Elevação como base. Por meio desse procedimento, foram identificadas e extraídas quatro sub-bacias para análise: A sub-bacia 2 é a maior, com uma área total de 4.596 hectares, dos quais 469,61 hectares (10,21%) estão inseridos na zona urbana. A sub-bacia 3 possui 2.502 hectares, sendo 612,03 hectares (24,46%) em área urbana. Já a sub-bacia 4, com 372 hectares, está totalmente localizada dentro do perímetro urbano. Por fim, a sub-bacia 6 abrange 2.131 hectares, dos quais 188,34 hectares (8,83%) correspondem à área urbana. Para delimitar com maior precisão a área de estudo, foram adotadas as rodovias BR-293 e BR-153 como limites das sub-bacias: a BR-293 para as sub-bacias 2 e 3, e a BR-153 para a sub-bacia 6. O resultado do recorte e a demarcação das sub-bacias está presente na Figura 4, a seguir.

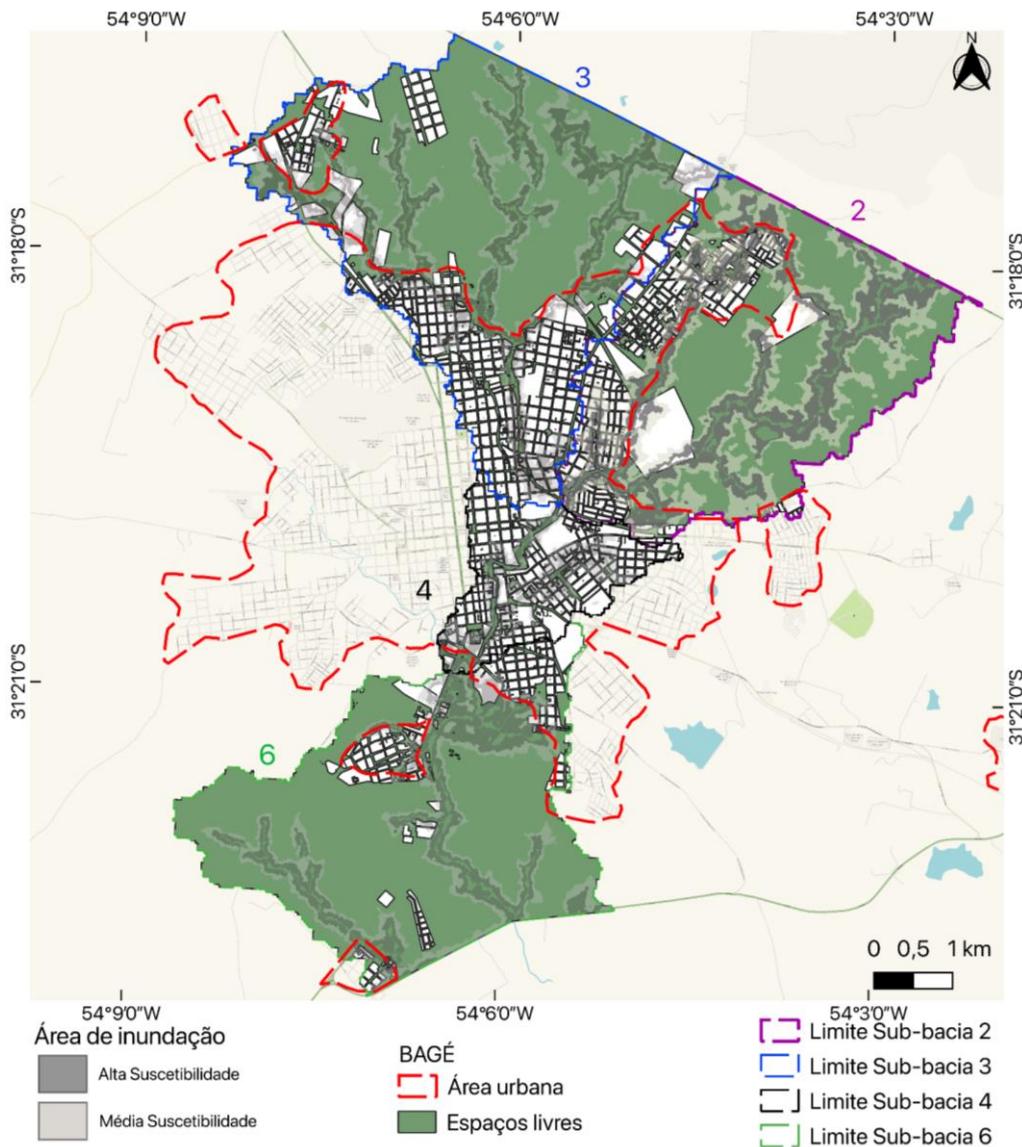
Figura 4: sub-bacias e áreas de inundação do Arroio Bagé.



Fonte: Silveira (2024).

A partir do mapeamento das áreas suscetíveis de inundações utilizando o Modelo HAND, o próximo passo foi a demarcação dos espaços abertos presentes nas quatro sub-bacias, os quais se traduzem neste trabalho como todas as áreas não edificadas, visível na Figura 5. O mapa de áreas edificadas, utilizadas para resultar na demarcação dos espaços abertos, estavam disponíveis em arquivo *shapefile* através do pacote de mapas GeoBage, desenvolvido por Silva *et al.* (2021).

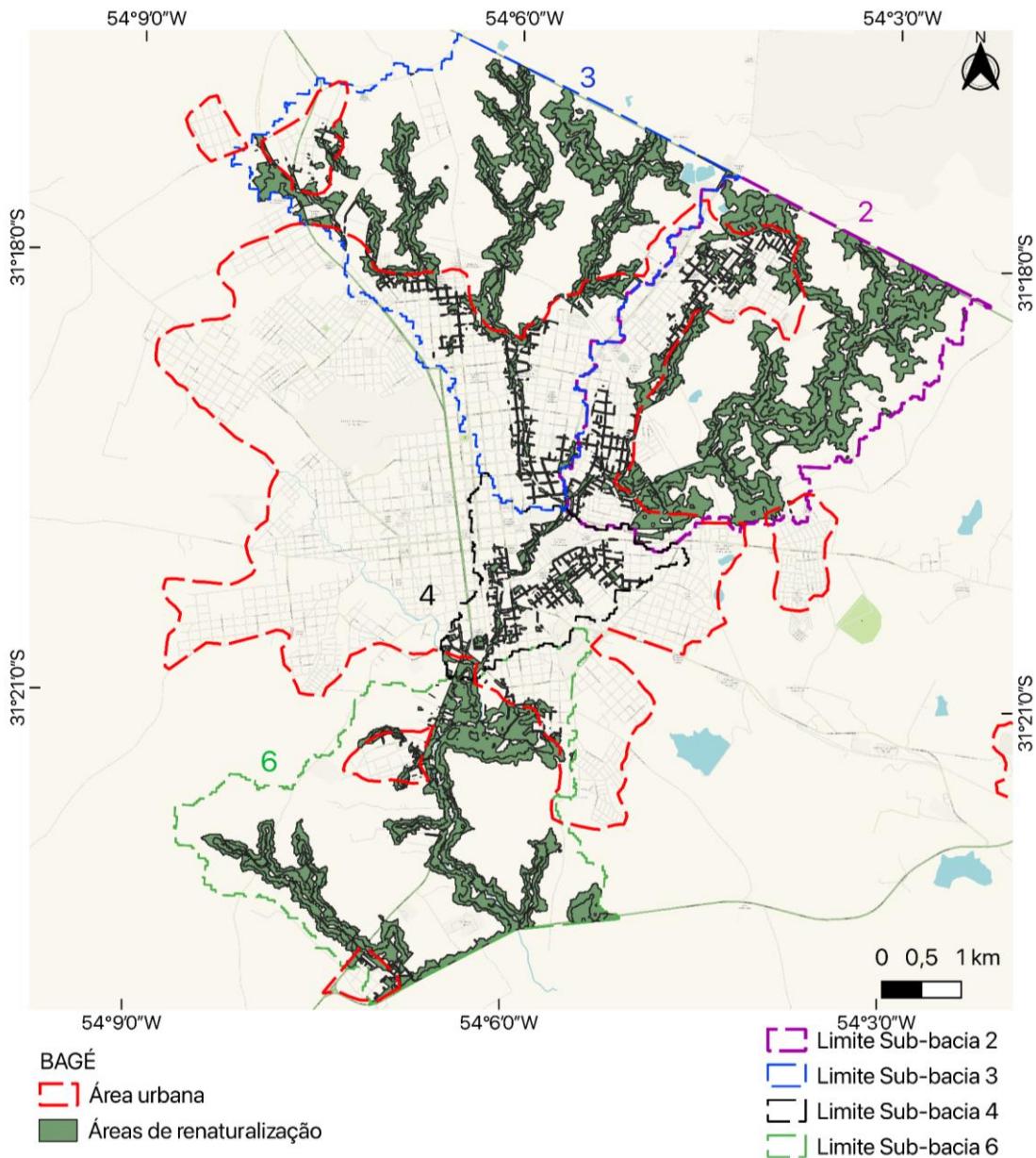
Figura 5: mapa de espaços abertos nas sub-bacias.



Fonte: Silveira (2024) a partir dos mapas georreferenciados de Silva et al. (2021).

Por fim, utilizaram-se os espaços abertos apenas nas áreas de inundação do arroio Bagé, obtendo o mapa de áreas possíveis de renaturalização de rios, situados nas quatro sub-bacias da área de estudo deste artigo, na Figura 6, a seguir.

Figura 6: mapa de áreas de renaturalização nas sub-bacias.



Fonte: Silveira (2024) a partir dos mapas georreferenciados de Silva et al. (2021).

Os resultados da pesquisa evidenciam que a presença de espaços abertos é fundamental para viabilizar processos de renaturalização sem a necessidade de remover edificações existentes, o que reduz custos de obras urbanas e minimiza impactos sociais. No caso de Bagé/RS, identificou-se uma maior concentração de espaços abertos nas

bordas urbanas, enquanto nas regiões de maior centralidade esses espaços são mais escassos, indicando que as áreas de bordas urbanas oferecem efetivas possibilidades para a renaturalização, ao passo que as áreas centrais apresentam maiores desafios para a implementação dessas intervenções.

6. Considerações finais

Diante dos desafios impostos pela crise climática e da necessidade de promover cidades mais resilientes e sustentáveis, este artigo evidenciou a importância de renaturalizar as bordas urbanas, locais com potencial para abrigar novos modos de urbanização, marcados pela copresença de espaços abertos e construídos. A análise baseada na ecologia da paisagem mostrou que as áreas abertas, normalmente concentradas nos limites externos da área urbanizada, representam oportunidades estratégicas para restaurar funções ecológicas e ampliar a conectividade entre manchas verdes.

Desse modo, destaca-se o papel fundamental das bordas urbanas, que por sua localização e características, apresentam elevado potencial para a implementação de projetos de renaturalização, permitindo a recuperação de rios e a criação de novos corredores ecológicos, os quais contribuem para a continuidade espacial do ambiente não urbanizado. Ao priorizar intervenções nessas bordas, também é possível promover conexões entre áreas naturais e urbanas, fortalecer a resiliência ambiental da cidade e oferecer benefícios diretos à população, como melhoria do microclima e o aumento da biodiversidade.

Portanto, garantir a implantação das áreas de renaturalização de rios nas bordas urbanas não apenas contribui para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, mas também representa uma estratégia integrada para transformar a relação entre cidade e natureza, tornando o ambiente urbano mais saudável, equilibrado e sustentável.

Agradecimento

O presente trabalho está sendo realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

ALBERTI, Marina. Modeling the urban ecosystem: a conceptual framework. In.: **Environment and Planning B: Planning and Design**, volume 26. London: Pion. p. 605–630. 1999.

ALVES, Maristela Pimentel. **A recuperação de rios degradados e sua reinserção na paisagem urbana**: a experiência do rio Emscher na Alemanha. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BUCCIN, Matthew; TULEY, Aaron. Planning for Climate Mitigation and Adaptation. PAS Report 601. American Planning Association. Chicago: Eastern University, 2024. 163 p.

BUREL, Françoise e BAUDRY, Jacques. **"Ecologie du paysage."** *Concepts, méthodes et applications*. Paris: Technique & Documentation, 1999. 359 p.

CANTEIRO, Marcelo; COTLER, Helena; MAZARI-HIRIART, Marisa; BABINET, Nadjeli; MAASS, Manuel. Natural dynamics and watershed approach incorporation in urban water management: A scoping review. PLoS ONE 19(8): e0309239.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309239>. 2024.

CONZEN, Michael Robert Gunter. Alnwick, Northumberland: a study in town-plan analysis. **Transactions and Papers (Institute of British Geographers)**, n. 27, p. iii-122, 1960.

COPERNICUS. Copernicus: 2024 is the first year to exceed 1.5°C above pre-industrial level. Copernicus, 2025. Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2024-first-year-exceed-15degc-above-pre-industrial-level>. Acesso em: 29 maio 2025.

COSTA, Lucia Maria Sá Antunes. **Rios urbanos e o desenho da paisagem. Rios e paisagens urbanas: em cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: PROURB, p. 9-15, 2006.

COSTA, Luciana de Oliveira; CAMPOS, Rafael Dutra de. Soluções baseadas na natureza para cidades resilientes: infraestrutura verde e azul na gestão das águas urbanas. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2020.

DOS SANTOS, Rozely Ferreira. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.

FORMAN, Richard T.T., GORDON, Michel. **Landscape Ecology.** New York: Jonh Wile & Sons, 1986.620 p.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **Banco de Informações Ambientais (BDIA).** Acesso em 02 maio 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidades médias no Brasil: conceitos e classificações. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 8 maio 2025.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Cidades médias brasileiras: desafios e potencialidades. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 8 maio 2025.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2023. Disponível em:
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 29 maio 2025.

MARICATO, Erminia. A cidade sustentável. IN: CONGRESSO NACIONAL DE SINDICATO DE ENGENHEIROS, 9º. 2011.

METZGER, Jean Paul. O que é ecologia de paisagens?. **Biota neotropica**, v. 1, p. 1-9, 2001.

MOHNOT, Sona; BISHOP, Jordyn; SANCHEZ, Alvaro. Making Equity Real in Climate Adaptation and Community Resilience Policies and Programs: A Guidebook. Oakland: Greenlining Institute. 2019. 104 p.

MUHAR, Stefan; SCHMUTZ, Stefan; JUNGWIRTH, Manfred. **River restoration concepts – goals and perspectives.** Hydrobiologia, v. 303, p. 183-194, 1995.

NEUTZLING, Simone Rasmussen. **Inventário que subsidiará o tombamento do centro histórico de Bagé.** 2009. (Relatório Técnico). Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Ministério da Cultura.

NOBRE, Antonio Donato. **Hand Model**. Versão 0.8.2. São José dos Campos: INPE, 2018. Disponível em: <<http://handmodel.ccst.inpe.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

PANERAI, Philippe. **Análise urbana**. Tradução de Francisco Leitão; revisão técnica de Sylvia Ficher. -Brasília: Editora Universidade de Brasília (UNB), 2006. 198p.

PEDRASSOLI, Julio. Cidades crescem mais em áreas de risco a desastres climáticos. Website MapBiomass: 2023. disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/2023/10/31/cidades-crescem-mais-em-areas-de-risco-a-desastres-climaticos/>> Acesso em maio de 2025.

PERES, Otávio Martins; POLIDORI, Maurício Couto. Especulando sobre a fragmentação da forma urbana: dinâmicas do crescimento e ecologia urbana. IN: **BUILDING COMMUNITIES FOR THE CITIES OF THE FUTURE–54 IFHP WORLD CONGRESS**. 2010.

RENNÓ, Camilo; NOBRE, Antonio Donato; CUARTAS, Luz Adriana; SOARES, João Viane; HODNETT, Martin; TOMASELLA, Javier; WATERLOO, Maarten. HAND, a new terrain descriptor using SRTM DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, s.l., v.112, p. 3469-3481, 2008.

ROSSI, Aldo. **A arquitetura da cidade**. São Paulo: M. Fontes, 1995.242p.

SHIELDS, Fletcher Douglas; COOPER Jr., Charles M.; KNIGHT, Scott S.; MOORE, Matthew Truman. **Stream Corridor Restoration Research**: a long and winding road. Ecological Engineering, v. 20, p. 441-454, 2003.

SILVA, Juliana Caroline de Alencar da; PORTO, Monica Ferreira do Amaral. **Requalificação de rios urbanos no âmbito da renaturalização, da revitalização e da recuperação**. Labor e Engenho, Campinas, SP, v. 14, 2020.

SILVA, Rodrigo Rosa da; ANTORIA, Cássio Pimenta de Araújo; FERNANDES, Jenefer Rodrigues. **Geobage**: Spatial data from the municipality of Bagé. GitHub repository, 2021. Disponível em: <<https://github.com/GeoInformacao/geobage>>. Acesso em: 14 jan. de 2025.

SILVEIRA, Gabriel Delpino da. **Características urbanas e ambientais, em áreas com potencial de renaturalização, de rios urbanos na cidade de Bagé/RS**. 2024. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/15244>. Acesso em: 24 maio 2025.

STEVAUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, 2017.

TOMASELLA, Javier; WATERLOO, Maarten. **HAND, a new terrain descriptor using SRTM- DEM:** Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 3469-3481, 2008.

TROLL, Carl. 1971. Landscape ecology (geo-ecology) and biogeocenology: a terminological study. *Geoforum* 8: 43-46.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas/** Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TURNER, Monica G.; GARDNER, Robert; O'NEILL, V. **Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process.** Nova Iorque: Springer-Verlag New York, 2001.401 p.

ZHAO, Yuan Wei; YANG, Zhi Feng; XU, Fan. **Theoretical framework of the urban river restoration planning.** Environmental Informatics Archives, Canada, v. 5, p. 241– 247, 2007.