

IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA PAULISTA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Maria Eduarda Abreu San Martin¹, Rodrigo Lilla Manzione²

RESUMO

As mudanças climáticas são o maior desafio já experienciado pela raça humana. Seus impactos foram, estão sendo e serão sentidos de diferentes formas por populações e ecossistemas mundo afora. No Brasil, apesar da abundância relativa de recursos hídricos, regiões mais populosas e/ou desenvolvidas economicamente tendem a apresentar impactos mais importantes. Este trabalho investiga os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do trecho Paulista do Rio Paraíba do Sul, também conhecida como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 2 do Estado de São Paulo. Serão investigados os padrões da ocupação atual da terra em áreas de várzea e a vulnerabilidade a eventos extremos de chuvas intensas. A principal pergunta que orienta a pesquisa é: a ocupação da terra nas várzeas representa um fator de risco diante do aumento da frequência e intensidade de eventos climatológicos extremos como secas e inundações? Para responder a essa questão, serão utilizados dados de uso da terra, precipitação e projeções climáticas, além da elaboração de mapas temáticos que permitam identificar as áreas mais vulneráveis. Espera-se assim propor diretrizes que contribuam para o planejamento territorial e a gestão de riscos climáticos, por meio de um manual ou proposta de política pública.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica. Mudanças climáticas. Uso do solo.

ABSTRACT

Climate change is the biggest challenge ever faced by humankind. Its impacts have been, are being, and will continue to be felt in different ways by populations and ecosystems around the world. In Brazil, despite the relative abundance of water resources, more populous and/or economically developed regions tend to experience more significant impacts. This study investigates the possible impacts of climate change on water resources in the São Paulo section of the Paraíba do Sul River basin, also known as Water Resources Management Unit (UGRHI) 2 of the State of São Paulo. The patterns of current land use in floodplain areas and vulnerability to extreme events of intense rainfall will be investigated. The main question guiding the research is: does land use in floodplains represent a risk factor in view of the increased frequency and intensity of extreme weather events such as droughts and floods? To answer this question, data on land use, precipitation, and climate projections will be used, in addition to the creation of thematic maps that allow for the identification of the most vulnerable areas. The expectation is to propose guidelines that contribute to territorial planning and climate risk management through a manual or public policy proposal.

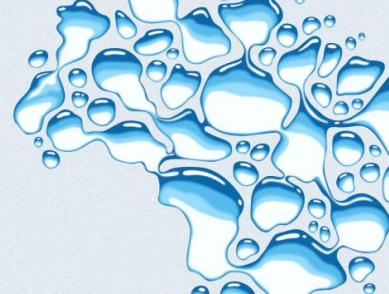
KEYWORDS: River basin. Climate changes. Land use.

INTRODUÇÃO

Segundo NOBRE (2012), a ciência detém um dos maiores desafios, a nível global, em razão das dificuldades devido à “abrangência, complexidade e multidisciplinaridade” que o tema das mudanças climáticas traz, direcionado às pesquisas que têm como objetivo entender suas causas, seus efeitos e seus impactos. Estudos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) apontam que a disponibilidade da água pode diminuir até 40% em regiões do Norte,

¹ Discente da Universidade Estadual Paulista - UNESP. Segurança hídrica e usos múltiplos da água. São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: maria.san-martin@unesp.br

² Docente no Curso de Geografia. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Ourinhos, São Paulo, Brasil. E-mail: lilla.manzione@unesp.br



Nordeste, Centro-Oeste e parte do Sudeste até 2040 e na região Sul a previsão é de aumento da disponibilidade de água, entretanto, acompanhado de maiores riscos de cheias e inundações (ANA, 2024).

A intensidade e frequência de eventos extremos de chuva, como tempestades e inundações, têm se elevado em diversas regiões do mundo, incluindo o Sudeste brasileiro, que se encontra entre as regiões mais povoadas e mais expostas a deslizamentos e inundações, região também na qual a bacia do rio Paraíba do Sul está localizada (MARENGO, 2024; IPCC, 2021). Além de mostrarem que a frequente ocupação do solo nas áreas de várzea de forma irregular aumenta expressivamente a vulnerabilidade a eventos de inundação (WEI et al. 2025).

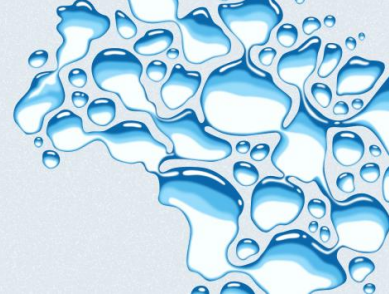
O crescimento acelerado e desordenado no processo de urbanização gerou áreas de risco, como várzeas inundáveis, que ocasionam prejuízos humanos e materiais expressivos (TUCCI, 2005). A legislação proíbe a construção em planícies de inundação e no entorno de nascentes pois são determinadas como Áreas de Preservação Permanente (APP) e estas que são naturalmente sujeitas à inundação - conforme a dinâmica dos cursos d'água. No entanto, apesar da legislação, o respeito as áreas de APP e áreas inundáveis ainda é um grande desafio a ser trabalhado no planejamento territorial.

Conforme dados do Plano de Bacia do Paraíba do Sul, observa-se que o crescimento populacional da UGRHI 02 tem ocorrido desde os anos 2000 - mesmo com leve recuo, o ritmo está maior do que no Brasil e no Estado de São Paulo. Ainda, o Cenário Tendencial relata a continuidade das tendências atuais de crescimento populacional e dos setores econômicos (CBH-PS, 2022).

Nesse contexto, o aumento da pressão sob recursos hídricos se torna crescente. Considerando todos os fatores que circundam as demandas pelo uso da água, o advento das mudanças climáticas demandará da sociedade uma mudança de paradigma no que tange a gestão das cidades, substituindo a atual “cultura do desastre” como abordada por MACIEL, TONIATI, FERREIRA (2021) por uma cultura de gestão de riscos, voltada ao aumento real da adaptação e resiliência climática. Esse enfoque deve ser uma ferramenta central e multidisciplinar que envolva ações integradas entre as Ciências Sociais, Biológicas, Exatas e de Engenharias. Para uma gestão de risco eficiente na diminuição da pressão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, o uso de dados climáticos, de uso e ocupação da terra, relevo e zoneamento de riscos urbanos e ambientais, devem fazer parte da gestão para integrar e direcionar a elaboração de políticas públicas e medidas preventivas como estratégias de mitigação de riscos, para redução dos impactos associados a eventos extremos. (ANA, 2020; IPCC, 2021).

MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta deste estudo é verificar o risco associado à ocupação em áreas de várzea do Rio Paraíba do Sul com eventos climáticos extremos de inundação considerando diferentes cenário e mudanças climáticas e alterações nos padrões de precipitação. Pretende-se, através de um zoneamento, avaliar o grau de susceptibilidade à eventos de inundação da bacia, considerando a combinação entre a sensibilidade, a adaptabilidade e a vulnerabilidade das cidades com área contida na UGRHI-2. Entende-se por sensibilidade o grau no qual um sistema responderá a uma mudança nas condições climáticas, p. ex. extensão da mudança na composição do ecossistema,



estrutura e funcionamento. Por adaptabilidade entende-se o grau no qual ajustes são possíveis em práticas, processos ou estruturas de sistemas a mudanças projetadas ou atuais no clima, podendo ser espontânea ou planejada, e ser conduzido em resposta ou em antecedência à mudanças. Por fim, a vulnerabilidade é entendida como a extensão na qual a mudança climática pode prejudicar ou danificar um sistema, dependendo da sensibilidade do sistema e da sua habilidade em se adaptar a novas condições climáticas (IPCC, 1996).

O estudo utilizará abordagem mista, com análise documental, revisão bibliográfica e elaboração de mapas temáticos. As etapas incluem:

- Levantamento bibliográfico sobre mudanças climáticas, uso da terra e risco em ocupação de várzeas.
- Levantamento de dados e modelos climáticos pertinentes para a área de estudo.
- Coleta de dados de uso da terra.
- Análise de eventos extremos históricos e sobreposição com áreas ocupadas.
- Geoprocessamento com QGIS: delimitação de áreas de várzea, zonas urbanas e zonas de risco.
- Elaboração de mapas temáticos em QGIS/ArcGIS, com sobreposição de áreas de várzea, ocupação atual e zonas de risco de inundação.

RESULTADOS ESPERADOS

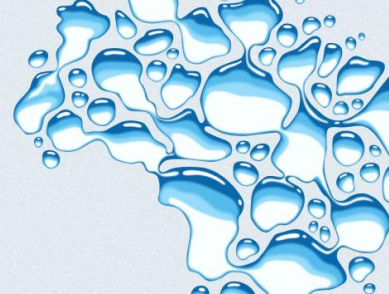
Diante dos impactos das mudanças climáticas, o planejamento de políticas de longo prazo por meio da análise de cenários é uma ferramenta essencial para garantir a segurança hídrica. O estudo pretende fornecer subsídios técnicos para políticas públicas de adaptação e planejamento territorial. Espera-se avaliar a resposta da bacia hidrográfica às pressões climáticas e identificar áreas críticas de ocupação em várzeas com alta vulnerabilidade a inundações, demonstrando a intensificação dos riscos com as mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto final resultante do presente projeto compreenderá a dissertação contendo que incluirá a proposta de um "Manual de diretrizes para ocupação sustentável de várzeas frente às mudanças climáticas" ou uma "Proposta de política pública para gestão integrada de riscos climáticos em bacias hidrográficas".

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP N°. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.



REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil: Sumário Executivo. Brasília: ANA, 2024.

CBH-PS - Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul. Plano integrado de gestão de riscos de desastres naturais da UGRHI-02. Taubaté; 2022. Disponível em: <https://comiteps.sp.gov.br/pmrrs>

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 1996: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analysis. Cambridge University Press, 1996.

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 2021.

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2001: The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge University Press. 2001.

MACIEL, G.; TONIATI, A.; FERREIRA, F. Cultura de gestão de riscos na mitigação de desastres 'naturais'. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12, p. 671–686. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353500562_Cultura_de_gestao_de_riscos_na_mitigacao_de_desastres_'naturais'

MARENGO, J. A. Impactos sociais dos eventos climáticos extremos. 2024. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252024000300009

TUCCI, C. E. M. Gestão de água pluviais urbanas. Brasília: Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, Unesco. 2005. Disponível em: [https://www.scrip.org/\(S\(ny23rubfvg45z345vbrepxrl\)\)/reference/referencespapers?referenceid=3572219](https://www.scrip.org/(S(ny23rubfvg45z345vbrepxrl))/reference/referencespapers?referenceid=3572219)

WEI, Y. et al. Flood vulnerability assessment of urban agglomeration under the background of urban expansion. Journal of Hydrology, v. 662, Part B, p. 133962, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169425013009>