

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

RISCO DE INUNDAÇÕES E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS TENDÊNCIAS GLOBAIS

Tereza Margarida Xavier de Melo Lopes¹ ; Carla Beatriz Costa de Araújo²; Marcos Henrique Bandeira Ferreira³ & Francisco de Assis de Souza Filho⁴

Abstract: This study conducts a bibliometric analysis of the global scientific production on floods, with an emphasis on socioeconomic aspects. Using data from the Scopus database (2020–2024) and the VOSviewer software, successive filters were applied, resulting in a final sample of 861 documents containing the keyword “socioeconomic.” The analysis of citation networks identified China, the United States, and the United Kingdom as the main scientific hubs, while Brazil shows a peripheral presence, albeit aligned with Euro-American collaborations. The co-occurrence of keywords revealed notable thematic distinctions: the general literature focuses on hydrological modeling, climate change, and forecasting technologies, whereas the socioeconomic approach prioritizes social vulnerability, resilience, and adaptive management. The 95% reduction in the number of documents when including the socioeconomic perspective highlights a significant gap in the integration between technical science and social impact. The study points to the need to expand interdisciplinary research by incorporating social inequalities and environmental justice criteria into risk management strategies, and the predominance of technical approaches underscores the urgency of strengthening public policies that take into account the territorial and social specificities of exposed populations.

Resumo: Este estudo realiza uma análise bibliométrica da produção científica global sobre inundações, com ênfase nos aspectos socioeconômicos. Utilizando dados da base Scopus (2020–2024) e o software VOSviewer, foram aplicados filtros sucessivos, resultando em uma amostra final de 861 documentos com a palavra-chave “socioeconomic”. A análise das redes de citação identificou China, Estados Unidos e Reino Unido como principais polos científicos, enquanto o Brasil apresenta inserção periférica, ainda que alinhado a colaborações euro-americanas. A co-ocorrência de palavras-chave evidenciou distinções temáticas relevantes: a literatura geral concentra-se em modelagem hidrológica, mudanças climáticas e tecnologias de previsão, ao passo que a abordagem socioeconômica privilegia vulnerabilidade social, resiliência e gestão adaptativa. A redução de 95% no número de documentos ao incluir o viés socioeconômico revela uma lacuna significativa na integração entre ciência técnica e impacto social. O trabalho indica a necessidade de ampliar a pesquisa interdisciplinar, incorporando desigualdades sociais e critérios de justiça ambiental nas estratégias de gestão de riscos e a predominância de abordagens técnicas reforça a urgência de

1) Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713. Cep: 60400-900. Fortaleza – Ceará, Brasil. E-mail: terezamel@alu.ufc.br

2) Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geologia, Campus do Pici – Bloco 913. Cep: 60400-900. Fortaleza – Ceará, Brasil. E-mail: carlabeatriz7@gmail.com

3) Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713. Cep: 60400-900. Fortaleza – Ceará, Brasil. E-mail: marcosbandeira@alu.ufc.br

4) Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713. Cep: 60400-900. Fortaleza – Ceará, Brasil. E-mail: assis@deha.ufc.br

fortalecer políticas públicas que considerem as especificidades territoriais e sociais das populações expostas.

Palavras-Chave – Inundações, Aspectos socioeconômicos, Análise bibliométrica

INTRODUÇÃO

As inundações estão entre os desastres naturais mais frequentes e impactantes em escala global, ocasionando perdas humanas, econômicas e ambientais significativas. Com a intensificação das mudanças climáticas, observa-se um aumento na frequência e intensidade desses eventos, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas e socioambientalmente vulneráveis (Giri *et al.*, 2023).. A ocupação irregular do solo, aliada à deficiência de infraestrutura, potencializa os efeitos das enchentes, sobretudo em áreas de vulnerabilidade socioeconômica.

Deste modo, a compreensão dos processos hidrológicos que desencadeiam inundações tem evoluído e contribuído para a previsão e mitigação de riscos, priorizando, uma perspectiva predominantemente técnica. Em contrapartida, as dimensões sociais, como desigualdade, vulnerabilidade e capacidade adaptativa das comunidades, ainda são marginalmente integradas às análises e aos modelos de gestão de risco. Apesar do avanço científico em termos de previsão e controle de eventos hidrológicos extremos, persiste uma lacuna na incorporação sistemática dos aspectos socioeconômicos às abordagens técnicas (Cutter *et al.*, 2013).

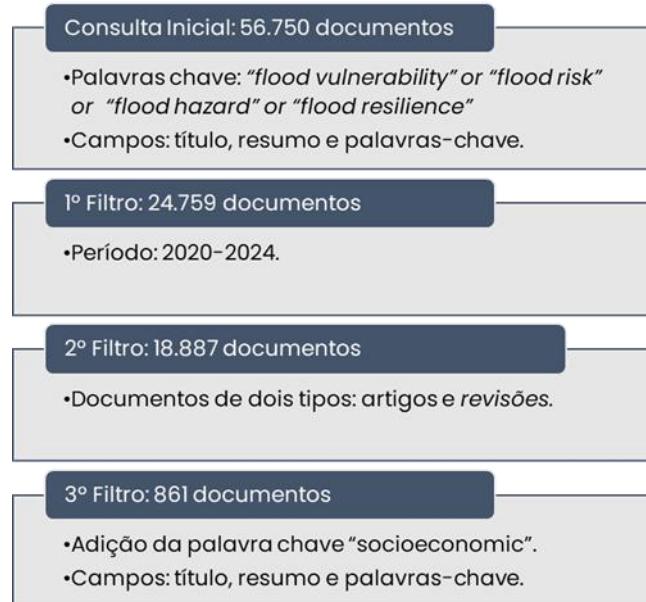
A análise crítica sistemática da literatura científica sobre inundações é essencial para identificar lacunas e tendências quanto à integração de aspectos socioeconômicos no enfrentamento do risco hidrológico. Nesse sentido, a bibliometria constitui uma ferramenta relevante para mapear a produção científica, destacando padrões temáticos, colaborações institucionais e centros de pesquisa.

Neste contexto, o presente artigo realiza uma análise bibliométrica da produção científica global sobre inundações com ênfase nos aspectos socioeconômicos, utilizando a base de dados Scopus e o software VOSviewer. Com objetivo de identificar tendências, lacunas e padrões de colaboração internacional por meio da análise de citações, co-ocorrência de palavras-chave e agrupamentos temáticos (clusters), fornecendo subsídios para uma agenda de pesquisa mais integrada.

METODOLOGIA

Com o intuito de mapear a produção científica sobre estudos sobre inundações e suas implicações sociais, foi realizada uma análise bibliométrica exploratória-descritiva, que não só evidenciou as vertentes de destaque desse campo de pesquisa, como também permitiu identificar seus potenciais horizontes científicos. Para viabilizar uma análise mais precisa, foi necessário limitar o campo de pesquisa (Figura 1).

Figura 1 – Etapas metodológicas da busca bibliográfica



O primeiro filtro restringiu a busca ao período de 2020 a 2024, resultando em 24.759 documentos. Em seguida, o segundo filtro refinou a pesquisa para incluir apenas documentos do tipo artigo e review, reduzindo o total para 18.887 documentos. Por fim, o terceiro filtro adicionou a palavra-chave "socioeconomic", resultando em uma amostra final de 861 documentos.

Como ferramenta de análise bibliométrica, utilizou-se o software VOSviewer. Tal aplicativo foi escolhido por seu potencial em incorporar um vasto conjunto de dados de forma simultânea e possibilitar diversos meios de análise e reconhecimento da conjuntura científica abordada (FAHIMNIA et al., 2015). O VOSviewer absorveu os dados previamente adquiridos no scopus e propiciou uma observação sistêmica dos dados, baseada no mapeamento de redes de co-ocorrência, citação e co-citação.

As redes bibliométricas são formadas por nós e arestas, em que os nós simbolizam autores, revistas, publicações ou palavras-chave e as arestas representam as ligações entre os nós, isto é, revelam as inter-relações vigentes no conjunto explorado (Van Eck e Waltman, 2014). Além disso, o VOSviewer gera as redes de forma ponderada, ou seja, a intensidade dos nós representa a frequência com a qual o elemento analisado se manifesta e a espessura das arestas demonstra a força de relação entre os nós. O posicionamento destes não é ordenado de forma aleatória, pois o VOSviewer organiza os de tal maneira que os nós fortemente relacionados são dispostos com maior proximidade um do outro, da mesma forma que quanto menor for a força de ligação entre os nós, mais afastados estarão entre si. Este fenômeno se deve à técnica de visualização por similaridade detalhada por Van Eck et al. (2009).

Além disso, o VOSviewer setoriza o mapeamento por clusters, que são nós agrupados pela força de relação. Tal agrupamento é representado através de cores, ou seja, cada cluster possui uma cor distinta. A técnica de clustering utilizada pelo VOSviewer é regida por um algoritmo de movimentação local inteligente introduzido por Waltman e Van Eck (2013).

Dessa forma, a análise bibliométrica permitiu responder as seguintes questões:

- quais países atraem mais atividades de citação? (Q1)
- quais as temáticas mais abordadas? (Q2)
- quais os pesquisadores mais se destacam e como eles se relacionam? (Q3)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dessa seção são segregados em duas vertentes principais:

a) Análise bibliométrica geral sobre inundações – refere-se aos documentos filtrados no 2º filtro (18.887 documentos), que abordam inundações em um contexto amplo, sem necessariamente incluir um viés socioeconômico.

b) Análise bibliométrica sobre inundações com enfoque socioeconômico – baseia-se nos documentos do 3º filtro (861 documentos), nos quais foi adicionada a palavra-chave socioeconomic, permitindo identificar estudos que correlacionam inundações com aspectos sociais e econômicos, como desigualdade, vulnerabilidade social e resiliência comunitária.

Análise de citação internacional (Q1)

A Figura 2 representa as relações de citação direta entre países no período de 2020 a 2024. Na Figura 2a, foram incluídos países com um mínimo de 150 publicações no período investigado, resultando em um total de 37 países destacados. Entre eles, China (4.157 documentos, 52.757 citações), Estados Unidos (3.650 documentos, 53.768 citações) e Reino Unido (1.822 documentos, 32.333 citações) aparecem como os principais polos de produção científica.

Os clusters revelam padrões distintos de colaboração internacional:

O cluster vermelho, formado por países europeus como Alemanha, Reino Unido, França, Itália e Espanha, além dos Estados Unidos, representa um eixo de forte colaboração intraeuropeia e transatlântica, caracterizado por alta produção científica e forte interconectividade.

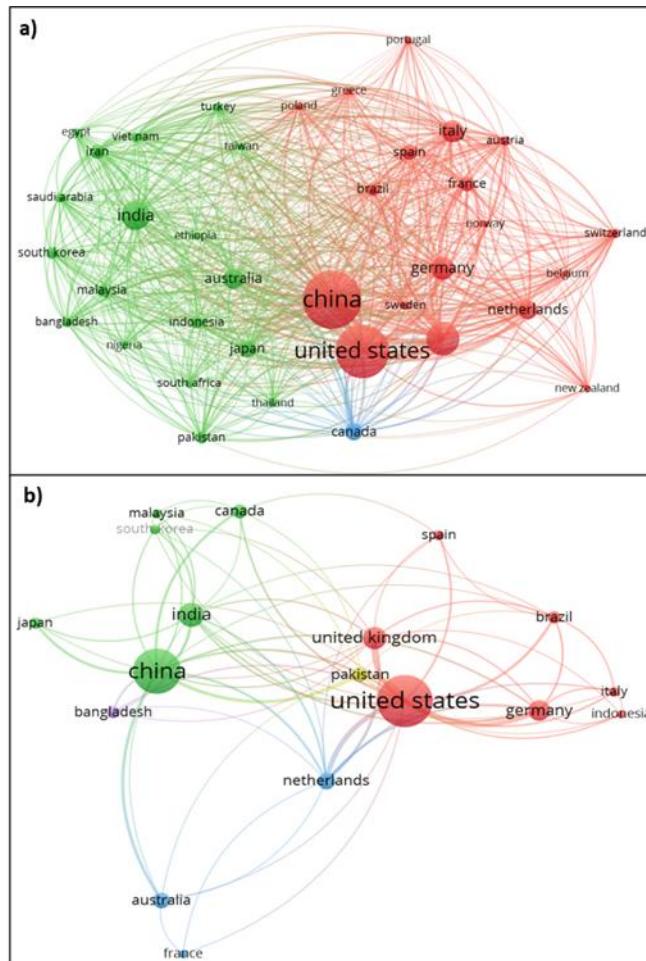
O cluster verde, que inclui China, Índia, Irã, Turquia e outros países do Oriente Médio e do sul da Ásia, reflete a crescente influência da China e da Índia na produção científica global, bem como a cooperação regional entre países emergentes.

O Canadá, por sua vez, aparece isolado em um cluster próprio, sugerindo um padrão de citação distinto em relação aos demais países.

O Brasil figura no 26º lugar, dentro do cluster vermelho, com 442 documentos e 4.175 citações. Sua inclusão neste agrupamento indica que sua produção científica está mais alinhada com colaborações europeias.

O Brasil, embora presente na rede global, ocupa uma posição secundária, evidenciando a necessidade de maior participação em pesquisas sobre o tema. Ademais, as inundações urbanas representam um desafio crescente para as cidades brasileiras, especialmente diante das mudanças climáticas e do crescimento desordenado (Mendonça, Farias & Buffon, 2023)

Figura 2 – Redes de citação entre países



Já na Figura 2b, foram incluídos apenas países com um mínimo de 20 publicações, resultando em 18 países destacados. Os Estados Unidos (213 documentos, 3.750 citações), China (178 documentos, 2.618 citações) e Países Baixos (51 documentos, 1.147 citações) emergem como os principais polos de produção e citação científica.

A segmentação em clusters evidencia padrões diferenciados de colaboração internacional:

- O cluster vermelho, liderado pelos Estados Unidos, inclui países como Reino Unido, Alemanha, Brasil, Espanha e Itália, refletindo um eixo de cooperação transatlântica e europeia, com forte interconectividade e alto volume de citações recíprocas.
- O cluster verde, centrado na China, envolve nações asiáticas como Índia, Japão, Bangladesh e Malásia, sugerindo uma colaboração regional robusta.
- O cluster azul, com destaque para os Países Baixos e Austrália, indica um núcleo de pesquisa independente, caracterizado por forte interação entre esses países e conexões secundárias com outros agrupamentos.

A posição do Brasil dentro do cluster vermelho confirma sua integração com redes de pesquisa dos Estados Unidos e da Europa, similar ao observado na Figura 2a, porém em um contexto de menor volume de publicações. Entre os 18 países evidenciados, o Brasil ocupa a 8^a posição, com 36 documentos e 361 citações.

Cabe ressaltar que a inclusão do termo socioeconomic na pesquisa resultou em uma redução de 95% no número de documentos, evidenciando a escassez de estudos que abordam a relação entre

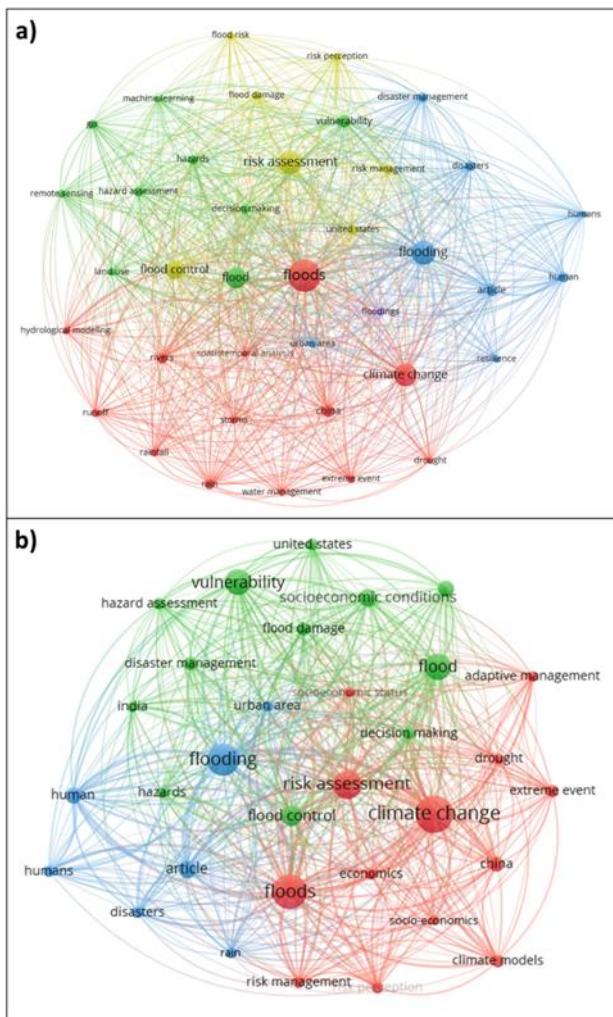
inundações e questões socioeconômicas. Esse decréscimo expressivo sugere uma lacuna na literatura, indicando a necessidade de mais pesquisas que integrem essas dimensões para uma abordagem mais holística da gestão de riscos.

Nesse viés, Almeida et al. (2023) apontam que a vulnerabilidade social deve ser um critério central na gestão de riscos urbanos, pois comunidades com menor renda tendem a ocupar áreas mais suscetíveis a inundações. Como agravante, a população de baixa renda enfrenta os maiores desafios com as enchentes, tanto pela precariedade da infraestrutura urbana, quantos pelos danos materiais, riscos à saúde pública e dificuldades mobilidade urbana (Oscar Júnior et al., 2023).

Análise de co-ocorrência de palavras-chave (Q2)

O mapeamento de co-ocorrência de palavras-chave realizado pelo VOSviewer possibilitou uma análise aprofundada das temáticas predominantes nas pesquisas sobre inundações. A visualização gerada destaca a frequência e o contexto de uso das palavras-chave, revelando como os diferentes temas estão interligados e identificando áreas de maior concentração de estudos. A análise se baseia na premissa de que, ao considerar as palavras que "co-ocorrem", é possível avaliar não apenas as temáticas mais frequentes, mas também os vínculos contextuais que as conectam.

Figura 3 – Redes de co-ocorrência de palavras-chave



Na análise geral sobre inundações, foram identificadas inicialmente 67.732 palavras-chave. Para melhorar a legibilidade e a interpretação da rede de co-ocorrência, foi estabelecido um limite

mínimo de 500 ocorrências, o que reduziu o conjunto analisado para 58 palavras-chave principais (Figura 3a). Essa filtragem permitiu focar nas palavras que possuem maior relevância dentro do campo de pesquisa, facilitando a identificação de clusters temáticos e suas inter-relações.

Os termos centrais floods, climate change, risk assessment e flood control indicam que a pesquisa sobre inundações se concentra amplamente na compreensão dos fenômenos naturais e no desenvolvimento de ferramentas preditivas para mitigação dos impactos.

Os clusters temáticos revelaram três principais abordagens na literatura geral:

- i. Processos hidrológicos e mudanças climáticas (vermelho): enfatiza a relação entre precipitação, escoamento superficial e modelagem de inundações, conectando climate change, rainfall, hydrological modeling e water management.
- ii. Uso de sensoriamento remoto e inteligência artificial para modelagem (verde): inclui termos como GIS, remote sensing e machine learning, demonstrando o avanço das metodologias de análise de risco.
- iii. Gestão de desastres e impactos humanos (azul) – A questão de desastre é destaque nesse cluster, enquanto a dimensão social, embora presente, aparece de forma periférica, sugerindo que os impactos das inundações sobre as comunidades não são o foco principal da literatura.

Quanto a análise sobre inundações com enfoque socioeconômicos, foram identificadas inicialmente 5.847 palavras-chave. Para a confecção da rede de co-ocorrência, foi estabelecido um limite mínimo de 50 ocorrências, o que reduziu o conjunto analisado para 32 termos. A rede de co-ocorrência de palavras-chave revelou uma mudança na estrutura temática, deslocando o foco da modelagem hidrológica para a vulnerabilidade social e a resiliência comunitária. Nesta rede, os conceitos centrais climate change, risk assessment e socioeconomic conditions refletem uma preocupação maior com os impactos das inundações sobre populações vulneráveis (Figura 3b).

Os principais clusters da rede socioeconômica evidenciaram:

- i. Questões socioeconômicas e mudanças climáticas (vermelho) – Relaciona climate change, socio-economics e economics, indicando uma preocupação crescente com interrelação das inundações com os fatores socioeconômicos frente às mudanças climáticas.
- ii. Gestão de riscos e adaptação (verde) – Foco em risk assessment, decision making e adaptive management, destacando a importância das políticas públicas e da gestão na mitigação dos impactos.
- iii. Vulnerabilidade social e resiliência (azul) – Inclui os termos humans, disasters, rain e urban area, evidenciando a necessidade de uma abordagem centrada nas comunidades afetadas, com foco para as áreas urbanas.

A comparação entre as duas redes revelou diferenças importantes no escopo da pesquisa sobre inundações. Enquanto a análise geral está fortemente voltada para aspectos hidrológicos e tecnológicos, a abordagem socioeconômica prioriza os impactos humanos e a necessidade de estratégias adaptativas.

A presença do termo mudanças climáticas em ambas as redes destaca sua alta relevância na temática. Na rede geral, este termo está associado a modelagem hidrológica e eventos extremos, enquanto na rede socioeconômica se conecta diretamente a condições socioeconômicas e economia, indicando um foco maior nos efeitos socioeconômicos das mudanças climáticas.

Além disso, a gestão de riscos apresenta abordagens distintas nas duas redes. Na análise geral, a avaliação de risco aparece fortemente vinculada ao controle de inundações e monitoramento remoto, reforçando um viés técnico. Por outro lado, na abordagem socioeconômica, esse termo está relacionado a tomada de decisão e vulnerabilidade, demonstrando uma preocupação maior com a formulação de políticas públicas e estratégias de adaptação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise bibliométrica realizada permitiu compreender as principais abordagens adotadas na pesquisa científica sobre inundações, destacando tanto os aspectos físicos e tecnológicos quanto as implicações socioeconômicas. A comparação entre as redes de co-ocorrência evidenciou uma predominância de estudos voltados para modelagem hidrológica e mudanças climáticas na literatura geral, enquanto a abordagem socioeconômica ainda é deficiente.

A análise das redes de citação internacional revelou padrões distintos de colaboração científica. A China, os Estados Unidos e o Reino Unido emergem como os principais polos de produção e citação sobre inundações, com forte interconectividade dentro de seus respectivos clusters.

A drástica redução no número de documentos ao adicionar a palavra-chave socioeconomic (de 18.887 para 861) indica que a relação entre inundações e aspectos socioeconômicos ainda é um campo menos explorado na literatura científica. Esse dado sugere a necessidade de mais pesquisas voltadas para: i) integração entre modelagem e impactos sociais, visto que a predominância da modelagem preditiva na rede geral indica um avanço técnico significativo, mas a interconexão entre inundações e estratégias de resiliência social ainda é limitada; ii) análise aprofundada da desigualdade social em contextos de inundações, visto que certos grupos são desproporcionalmente afetados por eventos extremos, um aspecto que merece maior atenção (Carias et al., 2022; Liu e Mostafavi, 2023).

Pecharroman e Hahn (2023) apontam que políticas de adaptação a inundações podem não beneficiar igualmente todas as comunidades, o que pode agravar as desigualdades existentes. Portanto, a adoção de estratégias que considerem as especificidades de cada contexto social e territorial é fundamental para a formulação de políticas públicas mais inclusivas e eficazes.

Por fim, o fortalecimento dessa interseção entre ciência, políticas públicas e justiça social pode fornecer subsídios para a construção de cidades mais resilientes, promovendo não apenas a mitigação dos impactos das inundações, mas também o enfrentamento das desigualdades socioambientais que tornam determinados grupos mais vulneráveis às mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

AGRADECIMENTOS

ALMEIDA, R. et al. “Local-Scale Disaster Risk Indicators: Applying the Disaster Risk Indicators in Brazil (Drib) Method to Understand Flood Risks in Brazil”. Org. por Mendonça, F.; Farias, A.; Buffon, E.. Urban Flooding in Brazil. Springer Nature, pp. 63–81.

- CARÍAS, E. M.; JOHNSTON, D.; KNOTT, R.; SWEENEY, R. (2022). “Flood Disasters and Health Among the Urban Poor”. *Health Economics*, 31(9), pp. 1940-1958.
- CUTTER, S. L. et al. (2013). “Integrating social vulnerability into federal flood risk management planning”. *Journal of Flood Risk Management*, 6(4), pp. 332–344.
- GIRI, S. et al. (2023). “Assessing Climate Change Challenges and Adaptation Strategies in South Asian Countries: A Review”. *Journal of Sustainability and Environmental Management*, 2(2), pp. 141–149.
- LIU, Z.; MOSTAFAVI, A. (2023). “Collision of Environmental Injustice and Sea Level Rise: Assessment of Risk Inequality in Flood-induced Pollutant Dispersion from Toxic Sites in Texas”. *SSRN Electronic Journal*.
- MENDONÇA, F. (2023) “Urban Floodings: Conceptions and Challenges in the Scope of Global Climate Change – A Look at the City of São Paulo, Brazil”. Org. por Mendonça, F.; Farias, A.; Buffon, E.. *Urban Flooding in Brazil*. Springer Nature, pp 3–20.
- Oscar Júnior, A.C.d.S., de Paiva Macedo Brandão, A.M., Martins, L.P.M., de Almeida, R.T. (2023). “Urban Climate Risk: Flooding Events in Rio De Janeiro (RJ) from the Perspective of Vulnerable People”. Org. por Mendonça, F.; Farias, A.; Buffon, E.. *Urban Flooding in Brazil*. Springer Nature, pp. 85 – 106.
- PECHARROMAN, L. C.; HAHN, C. (2024). “Exposing disparities in flood adaptation for equitable future interventions in the USA”. *Nature Communications* 15(1), p. 8333. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52111-0>.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. (2009). “Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping”. *Scientometrics* 84 (2), p. 523–538. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.
- VAN ECK, N. J.; WALTMMAN, L. (2014). “Visualizing bibliometric networks”. In: DING, Y.; ROUSSEAU, R.; WOLFRAM, D. (Orgs.). *Measuring scholarly impact: methods and practice*. London: Springer, pp. 285 – 320.
- WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. (2013). “A smart local moving algorithm for large-scale modularity-based community detection”. *European Physical Journal B*, 86, pp. 471