MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VULNERABILIDADE SOCIAL: UMA ANÁLISE CIENTOMÉTRICA GLOBAL

Anderson Saccol Ferreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | anderson.ferreira@unoesc.edu.br

Gilson Ditzel Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | ditzel@utfpr.edu.br

Sessão Temática 6: Natureza, crise ambiental e mudanças climáticas

Resumo: As mudanças climáticas representam desafios globais críticos, que impactam sistemas naturais e humanos e afetam de forma desproporcional populações vulneráveis. Este estudo cientométrico, analisa 823 artigos publicados entre 2004 e 2024, investiga a produção científica sobre mudanças climáticas e vulnerabilidade social. Identifica periódicos, países e instituições líderes, além de tendências futuras, com o objetivo de subsidiar estratégias para resiliência climática e justiça social. Os resultados mostram crescimento anual de 20,04% na produção científica, liderada por EUA, China e Austrália. As descobertas destacam o impacto desproporcional das ondas de calor e eventos extremos em populações idosas e de baixa renda, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas com infraestrutura inadequada. Soluções baseadas na natureza, como arborização e infraestrutura resiliente, são eficazes. O estudo reforça a necessidade de integrar tecnologia, políticas inclusivas e planejamento sustentável para cidades inteligentes, resilientes e equitativas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Vulnerabilidade Social; Resiliência Urbana; Justiça Social; Cienciometria

CLIMATE CHANGE AND SOCIAL VULNERABILITY: A GLOBAL SCIENTOMETRIC ANALYSIS

Abstract: *Climate change represents critical global challenges, impacting natural and human systems and disproportionately affecting vulnerable populations. This scientometric study analyzes 823 articles published between 2004 and 2024, investigating scientific production on climate change and social vulnerability. It identifies leading journals, countries, institutions, and future trends, aiming to support strategies for climate resilience and social justice. The results show an annual growth of 20.04% in scientific production, led by the USA, China, and Australia. The findings highlight the disproportionate impact of heatwaves and extreme events on elderly and low-income populations, particularly in densely populated urban areas with inadequate infrastructure. Nature-based solutions, such as urban greening and resilient infrastructure, are effective. The study reinforces the need to integrate technology, inclusive policies, and sustainable planning to build smart, resilient, and equitable cities aligned with the Sustainable Development Goals.*

Keywords: *Climate Change; Social Vulnerability; Urban Resilience; Social Justice; Scientometrics*

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD SOCIAL: UN ANÁLISIS CIENCIOMÉTRICO GLOBAL

Resumen: *El cambio climático representa desafíos globales críticos que impactan los sistemas naturales y humanos, afectando de manera desproporcionada a las poblaciones vulnerables. Este estudio cienciométrico analiza 823 artículos publicados entre 2004 y 2024, investigando la producción científica sobre el cambio climático y la vulnerabilidad social. Identifica revistas, países e instituciones líderes, además de tendencias futuras, con el objetivo de apoyar estrategias para la resiliencia climática y la justicia social. Los resultados muestran un crecimiento anual del 20,04% en la producción científica, liderada por Estados Unidos, China y Australia. Los hallazgos destacan el impacto desproporcionado de las olas de calor y eventos extremos en poblaciones mayores y de bajos ingresos, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas con infraestructura inadecuada. Las soluciones basadas en la naturaleza, como la arborización urbana y la infraestructura resiliente, son efectivas. El estudio refuerza la necesidad de integrar tecnología, políticas inclusivas y planificación sostenible para construir ciudades inteligentes, resilientes y equitativas, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.*

Palabras clave: *Cambio Climático; Vulnerabilidad Social; Resiliencia Urbana; Justicia Social; Cienciometría*

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm impactado os sistemas naturais e humanos, de forma a desencadear eventos extremos que afetam desproporcionalmente as populações mais vulneráveis. Compreender as dinâmicas climáticas ao longo da história da Terra é essencial para o planejamento sustentável de recursos (Frisken, 1971). As atividades humanas, como a poluição atmosférica, têm contribuído para o aumento das temperaturas globais e o deslocamento populacional (Kopec, 1971). Entre os problemas decorrentes das mudanças climáticas está a reconfiguração da distribuição de vetores de doenças, como o *Aedes aegypti*, cuja expansão é influenciada tanto pelas condições climáticas quanto por adaptações humanas, como o armazenamento de água em tanques domésticos (Beebe, 2009). As consequências biológicas e epidemiológicas do aquecimento global, como o aumento da mortalidade durante ondas de calor, representam um alerta significativo (Swynghedauw, 2009).

Estratégias para mitigar os impactos urbanos, como a implementação de infraestrutura verde, têm sido amplamente estudadas em grandes cidades, onde iniciativas como telhados verdes mostram eficácia na redução das temperaturas urbanas (Tan, 2010; Rosenzweig *et al.,* 2011). Além disso, a urbanização acelerada e as mudanças nos padrões de uso do solo estão diretamente relacionadas à intensificação de eventos extremos, como enchentes urbanas, que demandam estratégias avançadas de gestão e resiliência (Hunt *et al.,* 2013; Wu, 2023).

Grandes cidades, em países de renda média e baixa, enfrentam um aumento exponencial na exposição a ondas de calor, o que afeta de forma desproporcional a população idosa (Chen *et al.,* 2023). Esse fenômeno destaca como adaptações humanas não planejadas podem agravar os riscos à saúde pública. De maneira semelhante, alterações na hidrologia global e nos ciclos de chuva têm intensificado extremos climáticos que afetam áreas rurais e urbanas, exacerbando a vulnerabilidade das populações marginalizadas (Rodrigues, 2023; Xiong; Yang, 2024).

Na Indonésia, desafios relacionados à integração de estratégias de redução de riscos de desastres e adaptação climática são agravados pela fragmentação institucional e pela falta de liderança colaborativa, o que pode dificultar a implementação de ações eficazes (Dwirahmadi *et al.,* 2023). Já a intensificação do efeito de ilha de calor urbano, combinada com ondas de calor mais frequentes e intensas, tem resultado em maior mortalidade relacionada ao calor (Rosenzweig *et al.,* 2009; Tan, 2010). De maneira complementar, alterações nos padrões de urbanização e uso do solo contribuem para o aumento das enchentes urbanas, que requerem abordagens inovadoras de gestão e resiliência (Wu, 2023).

No campo da saúde pública, ondas de calor intensificadas e a piora da qualidade do ar emergem como questões críticas, de forma a afetar principalmente populações idosas e residentes de áreas densamente povoadas. Estudos realizados em Washington e Kassel destacam a necessidade de mapeamento de áreas de risco e implementação de medidas

preventivas, como melhorias no planejamento urbano e na coordenação entre diferentes esferas administrativas (Jackson *et al.,* 2010). Além disso, os impactos das mudanças climáticas nos sistemas alimentares de regiões semiáridas, como no Zimbábue, reforçam a importância de intervenções adaptativas e mitigadoras para reduzir a pobreza e melhorar a segurança alimentar (Homann-Kee Tui *et al.,* 2023). Os riscos associados à mortalidade por calor e à deterioração da qualidade do ar são amplificados em centros urbanos densamente habitados (Gosling; Mcgregor; Lowe, 2012; Voelkel et al., 2018). Por outro lado, a resiliência urbana em regiões como o planalto tibetano, é moldada por variáveis climáticas que possibilita estratégias adaptativas regionalmente diferenciadas (Liu *et al.*, 2024).

Neste cenário o objetivo desta pesquisa é investigar a distribuição de estudos qualitativos e quantitativos sobre mudanças climáticas e da vulnerabilidade social nos últimos 20 anos, identificar os periódicos que concentram a maior parte dos estudos relacionados à temática, analisar como as pesquisas estão distribuídas entre países e universidades e mapear as áreas de maior concentração de pesquisa e projetar as tendências futuras. Este estudo oferece subsídios para o desenvolvimento de estratégias que possibilitem resiliência climática em cidades sob a ótica das populações mais vulneráveis. Ao analisar a produção científica global, busca-se identificar lacunas e propor soluções práticas e inclusivas que orientem políticas públicas e intervenções urbanas, alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e às demandas locais.

METODOLOGIA

Este estudo cientométrico analisa a distribuição científica sobre mudanças climáticas e sua relação com a vulnerabilidade social. A pesquisa identifica a distribuição de estudos qualitativos e quantitativos realizados nos últimos 20 anos, de forma a compreender os periódicos que concentram os trabalhos nessa temática, mapear a distribuição das pesquisas por países e universidades, identificar as áreas de maior concentração de estudos e apontar tendências futuras.

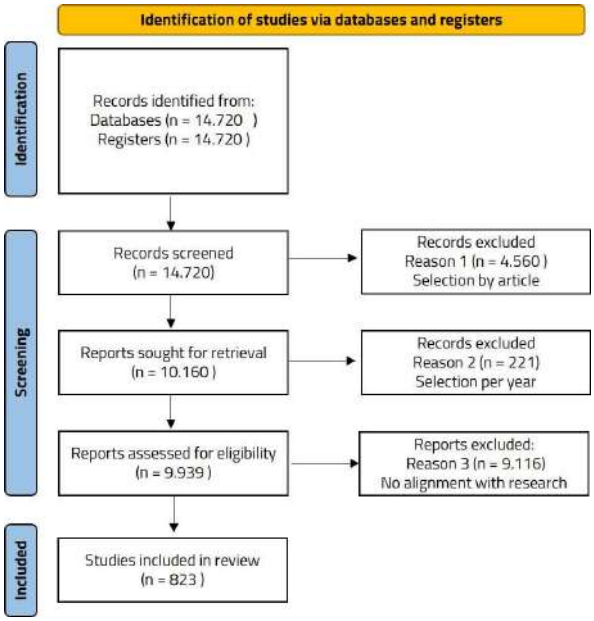
Para a análise, optou-se pela base de dados Scopus (Elsevier), considerada uma referência em pesquisa científica. Foi elaborado um conjunto de palavras-chave organizadas em três grupos principais. O primeiro grupo aborda tópicos relacionados à intensificação dos riscos climáticos. O segundo conecta os desafios climáticos a dimensões como vulnerabilidade social, saúde pública e justiça social. O terceiro faz a conexão com soluções inteligentes no meio urbano. A consulta utilizou operadores booleanos, com o termo *AND* para combinar os grupos de palavras-chave e *OR* para conectar os termos dentro de cada grupo. Foi utilizado um asterisco (*) para ampliar os resultados e incluir variações de termos específicos.

A sequência de consulta final utilizada foi: *(("climate change" OR "global warming" OR "climate mitigation" OR climate OR "urban heat island" OR "climate risk*" OR "urban heat" OR "urban microclimate") AND ("justice climate" OR "social vulnerability" OR risks OR "quality of life" OR "public health" OR "health impact") AND (smart OR cit*)).*

Após inserir as palavras-chave no buscador da base Scopus, foram identificados 14.720 documentos. Aplicou-se um primeiro filtro para selecionar apenas artigos revisados por pares, o que resultou em 10.160 publicações. Em seguida, restringiu-se o período de análise para o intervalo de 2004 a 2024, o que reduziu o total para 9.939 documentos. A etapa seguinte consistiu na leitura e seleção dos artigos e foi utilizado critérios como maior relevância, maior número de citações e, por fim, os artigos mais recentes ainda sem citações. Após esse processo, foram selecionados 823 artigos que compõem o portfólio desta pesquisa.

Os dados completos, organizados em formato CSV com informações como citações, referências bibliográficas, resumos, palavras-chave, e outros serviram como base estruturada para a análise. Para processar esses dados, utilizou-se o Bibliometrix, desenvolvido em R, que facilita análises bibliométricas ao integrar-se com outros pacotes estatísticos e acompanhar as constantes evoluções da ciência (Aria, Cuccurullo, 2017). Além disso, foi empregado o CiteSpace, uma ferramenta voltada para a análise de rede progressiva, capaz de identificar nós críticos ao longo do tempo e destacar possíveis pontos de virada intelectuais na evolução das redes (Chen *et al.*, 2010). De forma sucinta apresenta-se na Figura 1, o processo de seleção para a pesquisa.

Figura 1: Etapas do processo de busca de dados realizadas na base Scopus



Fonte: Page et al., (2020).

RESULTADOS E ANÁLISE

A análise bibliométrica de 2004 a 2024 revela 823 documentos publicados em 305 fontes, com um crescimento anual de 20.04%. A produção tem uma média de 68.87 citações por artigo e 40.398 referências utilizadas. A idade média dos documentos é de 6,93 anos, o que reflete uma produção relativamente recente. O conteúdo é diverso com 18.298 palavras-chave dos autores, indica amplitude temática. A autoria envolveu 3.033 pesquisadores, e 72

documentos de autoria única e uma média de 4.91 co autores por artigo, dos quais 32.69% resultaram de colaborações internacionais. Os dados apontam um campo de pesquisa em rápida expansão, caracterizado por alta colaboração, impacto expressivo e diversidade temática destaca sua importância no cenário acadêmico.

Entre 2004 e 2024 apresenta crescimento contínuo, isto é, entre 2004 e 2008, foram publicados 67 documentos (8.14% do total). Entre 2009 e 2013, o número subiu para 246 (29.88%), com um crescimento expressivo. De 2014 a 2018, a produção registrou 166 documentos (20.17%), com estabilização relativa. O período mais recente, entre 2019 e 2024, totalizou 324 documentos (39.81%). Esses números indicam a ampliação e maior relevância da área na ciência.

Os estudos mais citados sobre mudanças climáticas destacam o aumento da mortalidade e os impactos nas populações vulneráveis, com projeções de que até 74% da população mundial poderá enfrentar condições letais de calor até 2100 (Chen *et al.,* 2023). Regiões mais quentes e pobres serão desproporcionalmente afetadas (Gasparrini et al., 2017), principalmente nas áreas urbanas, onde o efeito de ilha de calor urbana amplifica as ondas de calor, como observado em Xangai (Tan et al., 2010; Manoli et al., 2019). Áreas com menor infraestrutura de resfriamento e populações idosas estão em risco, o que aponta para a necessidade de intervenções locais (Reid *et al.,* 2009; Anderson; Bell, 2011).

Além do calor, a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, como ciclones e inundações, é uma preocupação. A intensidade crescente dos ciclones e o risco de inundações em áreas costeiras (Walsh *et al.,* 2016), com projeções de que, em cidades como Nova York, eventos de tempestade devastadores ocorrerão com mais frequência devido ao aumento do nível do mar (Li; Bou-Zeid, 2013).

Em cidades africanas, a ocupação de áreas de risco amplia os danos das inundações, exacerbando a vulnerabilidade urbana (Douglas *et al.,* 2008). Para mitigar esses efeitos nas populações mais vulneráveis, um modelo de resiliência urbana que considere fatores socioeconômicos é essencial (Jabareen, 2013). A Tabela 1 traz os artigos mais citados, o foco das pesquisas e jornal indexado.

Os estudos recentes destacam o impacto das mudanças climáticas em áreas urbanas e suas implicações para populações vulneráveis. Há riscos climáticos, como ondas de calor e inundações, que pode ser agravado pela urbanização acelerada e pela infraestrutura inadequada e pode reduzir a capacidade de adaptação dessas populações (Liu *et al.,* 2024; Sheludkov; Vinogradova, 2024).

O estresse térmico tem crescido em intensidade e duração, de forma a afetar comunidades de baixa renda em regiões urbanas costeiras, enquanto o acesso a serviços de emergência reduz a mortalidade entre pessoas idosas durante ondas de calor (Ennis; Milrad, 2024; Lee *et al.,* 2024). No Brasil, movimentos sociais em São Paulo e Natal resistem à exclusão urbana e

buscam justiça climática, enquanto a perda de áreas úmidas em Valdivia, no Chile, intensifica inundações em comunidades pobres (Moretti *et al.,* 2024; Sauer *et al.,* 2024).

Tabela 1: Os dez artigos com o maior número de citações e o foco de pesquisa.

Classificação	Autores e ano	Foco da pesquisa	Jornal	Citação
Risco de calor extremo	Mora *et al.,* 2017	Projeções globais de mortalidade devido ao calor extremo e mudanças climáticas.	Nature climate change	965
Mortalidade em ondas de calor	Anderson; Bell, 2011	Impacto de intensidade e duração das ondas de calor na mortalidade nos EUA.	Environmental health perspectives	811
Ilhas de calor em Shanghai	Tan *et al.,* 2010	Efeitos da urbanização e do calor urbano na mortalidade em Shanghai.	International journal of biometeorology	808
Intensificação de calor urbano	Manoli *et al.,* 2019	Riscos à saúde devido à interação entre ondas de calor e ilhas de calor urbanas.	Nature climate change	647
Ondas de calor e urbanização	Li; Bou-Zeid, 2013	Aumento do estresse térmico em cidades e necessidade de mais áreas verdes.	Journal of applied meteorology and climatology	646
Impactos globais de temperatura	Gasparrini *et al.,* 2017	Projeções de mortalidade por mudanças climáticas em cenários de alta emissão.	The lancet. Planetary health	570
Ciclones tropicais e mudanças	Walsh *et al.,* 2016	Tendências de ciclones tropicais e aumento de riscos de tempestades e inundações.	Wiley interdisciplinary reviews	540
Planejamento urbano resiliente	Jabareen, 2013	Framework para cidades resilientes e fatores sociais, econômicos e físicos.	Cities	517
Vulnerabilidade ao calor	Reid *et al.,* 2009	Mapas de vulnerabilidade ao calor nos EUA e populações em risco.	Environmental health perspectives	515
Tempestades e inundações	Lin *et al.,* 2012	Risco crescente de tempestades e inundações devido às mudanças climáticas.	Nature climate change	485

Fonte: Dados da pesquisa

O crescimento urbano desordenado tem intensificado o efeito de ilhas de calor em populações vulneráveis a maiores riscos climáticos, como observado em Dehradun, na Índia, e nas aglomerações urbanas da China (Mishra; Arya, 2023; Zhang *et al.,* 2024). O aumento da intensidade do efeito de ilhas de calor durante ondas de calor em cidades chinesas agrava os riscos de saúde pública, especialmente em regiões densamente povoadas com pouca vegetação (Shi; Jia, 2024).

Os estudos analisados apontam que as mudanças climáticas causam uma intensificação de impactos em populações vulneráveis, especialmente em regiões urbanas com menor capacidade de adaptação. O aumento da temperatura global, combinado com o efeito de ilhas de calor urbanas, exacerba a mortalidade em áreas densamente povoadas, onde comunidades de baixa renda e pessoas idosas enfrentam maior exposição e menos recursos para mitigação (Tan *et al.,* 2010; Manoli *et al.,* 2019; Shi, Jia, 2024).

Esse direcionamento evidencia a necessidade de intervenções locais voltadas para infraestrutura de resfriamento e ampliação de áreas verdes. Esses estudos mostram que mudanças climáticas ampliam desigualdades sociais, agravadas por infraestrutura inadequada, como sistemas de drenagem ineficientes ou a falta de áreas verdes (Aziz et al., 2024; Corpuz *et al.,* 2024). Políticas de adaptação mal integradas podem perpetuar essas desigualdades e destacar a necessidade de estratégias inclusivas (Sufri; Lassa, 2024).

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO CINETIFICA DOS PAISES

Entre 2004 e 2024, os dados de coautoria e colaboração internacional extraídos da base Scopus destacam os principais países produtores de conhecimento e suas redes de parcerias científicas. Os Estados Unidos ocupam a liderança com 147 artigos, o que representa 20% do total, e reflete seu papel central na pesquisa em áreas como urbanização, mudanças climáticas e inovação tecnológica. A China aparece com 102 publicações (13.9%), em temas como ilhas de calor urbanas e desenvolvimento sustentável, no contexto de cidades densamente povoadas.

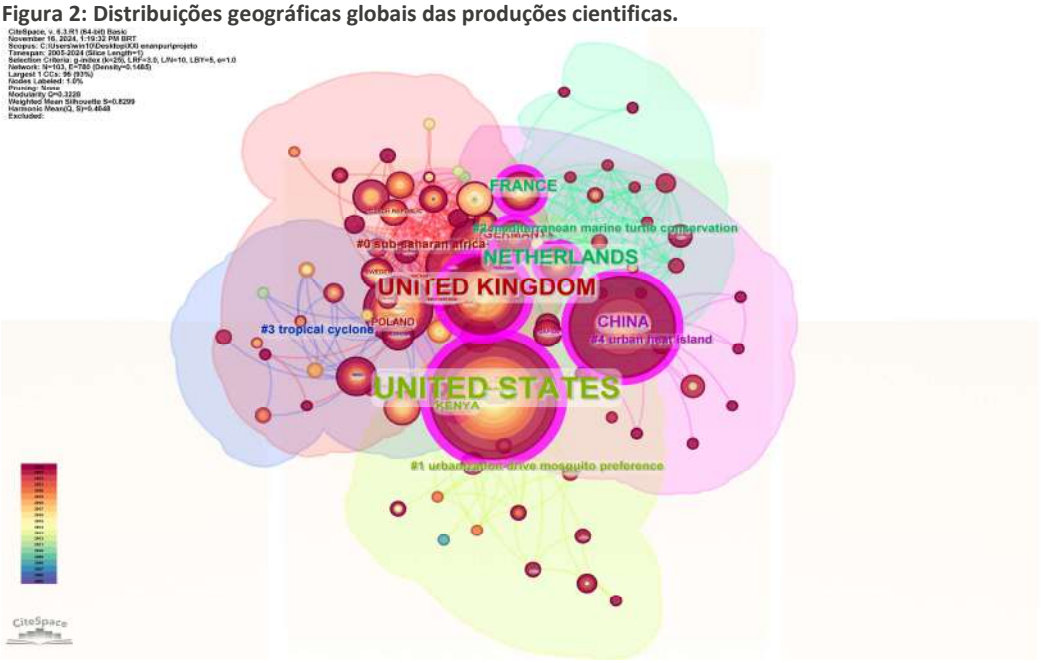
A Austrália contribui com 61 artigos (8.3%), frequentemente explora questões relacionadas a eventos climáticos extremos, como ciclones tropicais. O Reino Unido contribui com 45 publicações (6.1%) e uma abordagem interdisciplinar em soluções urbanas inteligentes. A Itália, com 30 artigos (4%), foca em questões ligadas à preservação ambiental e à conservação de espécies marinhas no Mediterrâneo.

Outros países europeus como França e Alemanha desempenham contribuem com avanços em sustentabilidade urbana e inovação tecnológica. O Brasil, apesar de não estar entre os 10 primeiros, apresenta uma contribuição importante para o tema, especialmente em estudos relacionados à urbanização e inclusão social, o que reflete os desafios e soluções específicos de países em desenvolvimento.

Esses dados evidenciam como diferentes países, a partir de suas prioridades e contextos locais, contribuem para o avanço global das cidades inteligentes e inclusivas, de forma a promover discussões essenciais para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Figura 2 apresenta uma visualização de redes temáticas e colaborações entre países na pesquisa sobre mudanças climáticas e urbanização. Os nós representam países, enquanto os tamanhos refletem a centralidade na cor roxa e a intensidade das contribuições (Chen, Song, 2019).

Os Estados Unidos são o principal polo da rede e lideram os estudos em áreas como urbanização, o que indica a relação entre expansão urbana. A China se destaca, em temas como ilhas de calor urbanas, e reforça sua relevância em pesquisas sobre os impactos da urbanização acelerada (Shi; Jia, 2024). Países europeus, como Reino Unido, França e Holanda, apresentam conexões em estudos relacionados à conservação ambiental e mitigação climática (Walsh *et al.,* 2016). O nó ciclones tropicais envolve contribuições de várias regiões e aponta a preocupação global com eventos climáticos extremos.

Figura 2: Distribuições geográficas globais das produções cientificas.



Regiões como a África Subsaariana e o Quênia refletem esforços emergentes de pesquisa em áreas de alta vulnerabilidade climática (Gasparrini *et al.,* 2017). Dessa forma, evidencia a importância da colaboração internacional e das redes de pesquisa para abordar os desafios climáticos globais, o que demonstra como diferentes países se conectam em torno de tópicos estratégicos para promover resiliência e sustentabilidade urbana.

ANÁLISE DE PERIÓDICOS, FATOR DE IMPACTO E INSTITUIÇÕES

Os periódicos mais citados no portfólio, entre 305 analisados, destacam-se pela relevância acadêmica no *Journal Impact Factors – JCR (2023).* A *Urban Climate* lidera com *JCR* de 6.0 e 37 artigos (4.50%), *seguida por Science of the Total Environment* (*JCR* 8.2) com 32 artigos (3.89%) e *Environment and Urbanization* (*JCR* 2.0) com 25 artigos (3.04%). A *Sustainable Cities and Society* (*JCR* 10.5) registra 22 artigos (2.67%), enquanto *Climatic Change* (*JCR* 4.8) e *International Journal of Biometeorology* (*JCR* 3.0) aparecem com 20 artigos cada (2,43%).

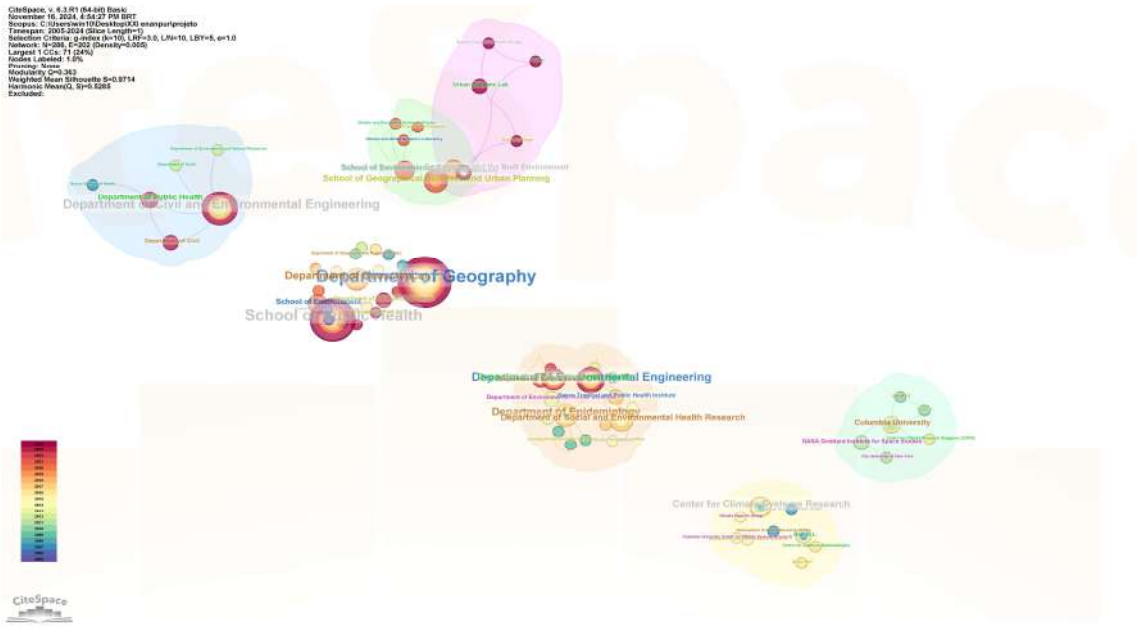
Outras revistas incluem *International Journal of Environmental Research and Public Health* (*JCR* 4.6) com 19 artigos (2.31%), *Sustainability (Switzerland)* (*JCR* 3.3) com 17 artigos (2.07%), *Environmental Health Perspectives* (*JCR* 10.1) com 16 artigos (1,94%) e *Environmental Research* (*JCR* 7.7) com 16 artigos (1.58%). A predominância de revistas voltadas à sustentabilidade, meio ambiente e urbanização reforça sua relevância no campo de estudo.

O portfólio inclui 1.202 instituições, das quais as 10 mais relevantes em termos de produção científica no campo analisado estão em destaque. A *Columbia University*, com 50 artigos publicados, consolida-se como a instituição de maior impacto acadêmico, e contribui para estudos ambientais e sistemas urbanos. A *Arizona State University*, com 38 publicações, é reconhecida por sua pesquisa interdisciplinar em sustentabilidade e mudanças climáticas. A *University of Michigan*, com 32 artigos, destaca-se por suas pesquisas em saúde pública e infraestrutura urbana. Já a *London School of Hygiene and Tropical Medicine*, com 31 artigos,

aborda temas relacionados à saúde global e fatores ambientais que influenciam a saúde das populações. A *Harvard University* aparece com 29 artigos, e aborda temas como epidemiologia e as interseções entre urbanismo e saúde pública.

A *University of California, Berkeley*, com 28 publicações, concentra-se no planejamento urbano sustentável e mudanças climáticas. A *University College London (UCL)*, com 27 artigos, prioriza a inovação urbana e os estudos de mobilidade. A *Yale University*, com 26 publicações, enfatiza estratégias de mitigação climática e desenvolvimento urbano sustentável. A *University of Washington*, com 25 artigos, foca em saúde ambiental e infraestrutura urbana. *O Imperial College London*, com 24 publicações, explora tecnologias urbanas inovadoras e planejamento sustentável. A Figura 3 ilustra essas instituições e suas redes de colaboração, e destaca os clusters temáticos formados pelas principais áreas de pesquisa e as interconexões entre as instituições.

Figura 3: Rede de Colaboração entre Instituições Científicas



Os *clusters* temáticos e conexões científicas apontam que a *Columbia University* colabora com o *NASA Goddard Institute for Space Studies* e a *City University of New York*, e seus estudos trazem questões climáticas e urbanas. A Arizona State University mantém parcerias com a *University of California, Berkeley,* voltadas para sustentabilidade e inovação urbana. A *University of Michigan* colabora com a *Harvard University*, e fortalece as pesquisas em saúde pública e infraestrutura urbana. Já a *London School of Hygiene and Tropical Medicine* tem forte interação com o *Imperial College London*, com foco em saúde global e mudanças climáticas. Essas colaborações destacam o papel central dessas instituições na produção científica interdisciplinar.

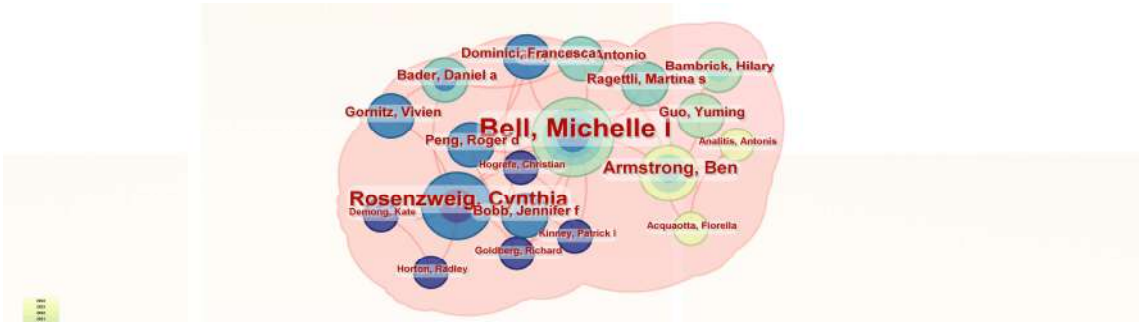
ANÁLISE DE AUTORES E PALAVRAS-CHAVE

O portfólio, composto por 3.033 autores e coautores, a Figura 4 apresenta uma análise de rede de coautoria que traz conexões entre autores em um campo de pesquisa. Os nós

representam os autores, com tamanhos maiores o que indica maior relevância ou centralidade, como observado em Michelle L. Bell e Cynthia Rosenzweig, que possuem alta produção ou impacto. As linhas conectam os nós indicam colaborações, com maior intensidade em áreas de pesquisa compartilhada. A rede está dividida em *clusters*, delimitados por áreas vermelhas, que representam subgrupos ou tópicos específicos de interesse. A escala de cores reflete a evolução temporal das publicações, com tons mais quentes (amarelo) o que indica contribuições recentes e tons mais frios (azul) e mostra publicações mais antigas.

Michelle L. Bell destaca Michelle L. Bell como o mais relevante, com 12 artigos publicados entre 2007 e 2022 e 3.151 citações acumuladas. Seus estudos abordam a vulnerabilidade a temperaturas extremas, ondas de calor, mudanças climáticas e o papel de fatores ambientais como áreas verdes na saúde pública. O autor identifica que temperaturas elevadas aumentam a mortalidade em cidades da América Latina, com pessoas idosas, mulheres e pessoas com menor escolaridade são as mais vulneráveis (Bell *et al.,* 2008). Outro estudo mostra que, em 43 cidades dos EUA, ondas de calor intensas ou precoces no verão elevam a mortalidade em até 3.74%, com impactos mais acentuados no Nordeste e Meio-Oeste do país (Anderson; Bell, 2011).

Figura 4: Rede de Coautoria em Pesquisas sobre Mudanças Climáticas



Além disso, as mudanças climáticas podem aumentar as concentrações de ozônio em áreas urbanas, prejudicar a qualidade do ar e contribuem para uma mortalidade diária maior (Bell *et al.,* 2007). Por outro lado, áreas verdes reduzem o risco de mortalidade por calor em até 9%, potencialmente e preveniram cerca de 933 mortes anuais globalmente, o que evidencia o papel do planejamento urbano sustentável (Choi *et al.,* 2022). Outro estudo mostra que cidades com maior densidade populacional, níveis elevados de partículas finas (PM2,5) e desigualdade socioeconômica sofrem mais com os efeitos do calor, enquanto a presença de vegetação atenua esses impactos (Sera *et al.*, 2019). Essas descobertas reforçam a necessidade de integrar soluções baseadas na natureza e políticas públicas direcionadas para proteger as populações mais vulneráveis em cenários de urbanização acelerada e aquecimento global.

O portfólio do autor BI P reúne 14 artigos publicados entre 2007 e 2023, focados nos impactos do clima sobre a saúde pública e doenças infecciosas. Com um total de 1.021 citações, esses estudos exploram temas como os efeitos de ondas de calor, temperaturas

extremas e variações climáticas na morbidade, mortalidade e transmissão de doenças, além de avaliar riscos ocupacionais em contextos urbanos. As contribuições de Peng Bi evidenciam que as mudanças climáticas aumentam os riscos de mortalidade durante ondas de calor extremas, o que pode afetar populações vulneráveis, com doenças cardíacas crônicas, idosas e indivíduos que vivem sozinhos. Por exemplo, em Adelaide, Austrália, a falta de ar-condicionado e baixa participação social amplificam o risco de morte (Zhang *et al.,* 2017).

Além disso, temperaturas elevadas intensificam o risco de lesões ocupacionais em cidades subtropicais. Trabalhadores mais jovens, empregados em pequenas e médias empresas, e aqueles nos setores de transporte e construção são os mais afetados (Sheng *et al.,* 2018; Fatima *et al.,* 2023). Esse impacto varia conforme a região, com áreas urbanizadas que apresentam maiores riscos devido à exposição ao calor em cenários futuros de mudanças climáticas (Fatima *et al.,* 2023). No âmbito da saúde pública, o aumento das temperaturas eleva a incidência de doenças transmitidas por alimentos, como infecções por *"Salmonella spp.".* Enquanto a variabilidade climática está relacionada a surtos de cólera em megacidades como Dhaka (Hunt *et al.,* 2013).

Notificações dessas infecções podem crescer até 4.4% para alguns sorotipos em condições climáticas mais quentes (Milazzo *et al.,* 2016). Outros casos o uso de reservatórios de água para mitigar a seca na Austrália está associado à proliferação do Aedes aegypti, vetor da dengue (Beebe *et al.,* 2009). Esses estudos destacam a importância de desenvolver estratégias adaptativas que considerem as vulnerabilidades sociais e ocupacionais diante das mudanças climáticas. Abordagens focadas nessas áreas são essenciais para mitigar os impactos negativos na saúde e na segurança dos indivíduos mais suscetíveis.

No portfólio, Antonio Gasparrini compreende 8 artigos publicados entre 2012 e 2023, focados nos impactos do calor e frio extremos na mortalidade, vulnerabilidade urbana e projeções de mudanças climáticas. Os temas incluem valoração econômica da mortalidade relacionada ao calor, efeitos das ilhas de calor urbanas e modificações ambientais como mitigadores. O portfólio acumula 1.335 citações. Seus estudos mostram que mudanças climáticas aumentam os riscos à saúde, especialmente em regiões mais quentes e vulneráveis (Gasparrini *et al.,* 2017; Sera *et al.,* 2019; Choi *et al.,* 2022).

Em 85 cidades europeias, o efeito da ilha de calor urbana (UHI) eleva o risco de mortalidade em 45% durante extremos de calor, com custos econômicos similares aos da poluição do ar, isto é, torna-se necessário estratégias urbanas equilibradas (Huang *et al.,* 2023). Projeções globais indicam que, sob cenários de alta emissão, regiões tropicais e subtropicais enfrentaram aumentos críticos na mortalidade por calor, enquanto regiões temperadas teriam efeitos mais equilibrados. Estratégias de mitigação poderiam evitar grande parte desses impactos (Gasparrini *et al.,* 2017). Esses estudos reforçam a urgência de políticas que considerem vulnerabilidades sociais e ocupacionais para reduzir os riscos das mudanças climáticas.

No portfólio selecionado Yujie Guo reúne 10 artigos publicados entre 2012 e 2024, com 1.320 citações acumuladas, onde são abordados temas como vulnerabilidade a extremos de calor e frio, projeções de mortalidade associadas à temperatura e os impactos das mudanças climáticas na saúde pública e em doenças transmissíveis. Os estudos destacam que o aumento do intervalo de temperatura diurna está relacionado a um acréscimo de 0.47% na mortalidade não acidental, o que afeta desproporcionalmente pessoas idosas, mulheres e pessoas com baixa escolaridade (Yang *et al.,* 2013). Além disso, a exposição ao calor extremo na China aumentou nas últimas duas décadas, o que impacta cidades densamente povoadas e regiões menos desenvolvidas, o que evidencia a urgência de políticas adaptativas para reforçar a resiliência climática urbana (Wang *et al.,* 2024). Essas contribuições ressaltam a necessidade de estratégias que considerem as vulnerabilidades sociais e ocupacionais diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

O portfólio apresenta 9 publicações de Marie S. O'Neill entre os anos de 2008 a 2015 e acumulado de 1.974 citações. Os temas centrais abordam vulnerabilidade ao calor extremo, justiça ambiental e impactos de características sociodemográficas em eventos climáticos. A autora evidencia que extremos de temperatura aumentam a vulnerabilidade de pessoas idosas, pessoas com doenças pré-existentes, como Alzheimer e fibrilação atrial, e populações socialmente isoladas, com aumento no risco de mortalidade em áreas com menos espaços verdes e habitações antigas (Gronlund *et al.,* 2015).

Em quatro cidades dos EUA, foi identificado que populações vulneráveis frequentemente reconhecem os riscos do calor, mas enfrentam barreiras financeiras, culturais e físicas para adotar medidas de proteção, como uso de ar-condicionado e centros de resfriamento (Sampson *et al.,* 2013). Além disso, o contexto local, como disparidades socioeconômicas e relações interpessoais, influencia as respostas às ondas de calor (Zanobetti *et al.,* 2013). Estratégias adaptativas, devem considerar esses fatores e possibilitar intervenções baseadas no contexto e na inclusão social, são essenciais para reduzir disparidades de saúde relacionadas às mudanças climáticas.

Jianlong Wang (2011–2024), com 9 publicações e 325 citações, foca em eventos climáticos extremos e saúde pública. Os estudos evidenciam que a incerteza nas políticas climáticas na China prejudica a transição energética, principalmente em regiões com regulamentações ambientais frágeis e descentralização fiscal elevada, de forma a destacar a importância de políticas locais consistentes para alcançar metas climáticas (Zhang; Wang; Liu, 2024b). A comparação entre Colombo, Sri Lanka, e Shenzhen, China, revelou que Colombo sofre maior estresse térmico e expansão acelerada de ilhas de calor urbano (UHI), que agravou os riscos de saúde pública relacionados ao calor (Nanayakkara *et al.,* 2023).

Em Xangai, a urbanização e as mudanças climáticas aumentam os riscos de inundação urbana, sendo que práticas de desenvolvimento de baixo impacto e esquemas integrados de gestão de inundações mostram-se eficazes na mitigação desses impactos (Sun *et al.,* 2021). Esses estudos ressaltam que vulnerabilidades sociais, como desigualdades socioeconômicas

e infraestrutura inadequada, ampliam os efeitos das mudanças climáticas, o que demanda estratégias integradas e contextualizadas para enfrentá-los (Sun *et al.,* 2021; Nanayakkara *et al.,* 2023; Zhang, Wang, Liu, 2024).

No portfólio Wang X, apresenta publicações de 2011 a 2024, com 11 artigos e 1.207 citações, explora os impactos das mudanças climáticas e urbanização na qualidade de vida urbana. Destaca-se que o efeito das ilhas de calor urbano, intensificado pela urbanização, aumenta o desconforto térmico e compromete a qualidade de vida, o que mostra os direcionamentos para o planejamento urbano sustentável e a ampliação da cobertura verde como soluções essenciais (Cheng *et al.,* 2023). É proposto estratégias baseadas em redes para mitigar riscos de calor extremo em áreas urbanas, onde a arborização urbana mostrou ser eficaz na redução de temperaturas em até 5,34 °C (Jia *et al.,* 2023).

Evidencia como as mudanças climáticas intensificam eventos de chuvas extremas, o que pode gerar um aumento de riscos de inundações nas cidades, o que demanda métodos avançados para simulação e gerenciamento de eventos extremos (Zhang *et al.,* 2024b). Além disso, destaca a vulnerabilidades climáticas no Iêmen e identifica o aumento de temperaturas mínimas em áreas interiores e a redução da intensidade de precipitação, o que eleva os riscos de seca e enchentes (Al-Sakkaf *et al.,* 2024). Esses estudos reforçam a necessidade urgente de estratégias adaptativas que incorporem infraestrutura verde, manejo hídrico eficiente e planejamento urbano adaptativo, de forma a considerar as vulnerabilidades sociais e contextos locais.

As evidências destes trabalhos apontam para a necessidade de transformar os modelos de desenvolvimento urbano, com práticas que integrem o planejamento adaptativo, justiça climática e soluções sustentáveis. As cidades do futuro precisarão ser resilientes, com infraestrutura planejada para mitigar os efeitos climáticos, enquanto promovem bem-estar social, equidade e qualidade de vida. As intervenções devem alinhar avanços tecnológicos com ações inclusivas, de forma a considerar as particularidades de cada região para garantir sustentabilidade a longo prazo.

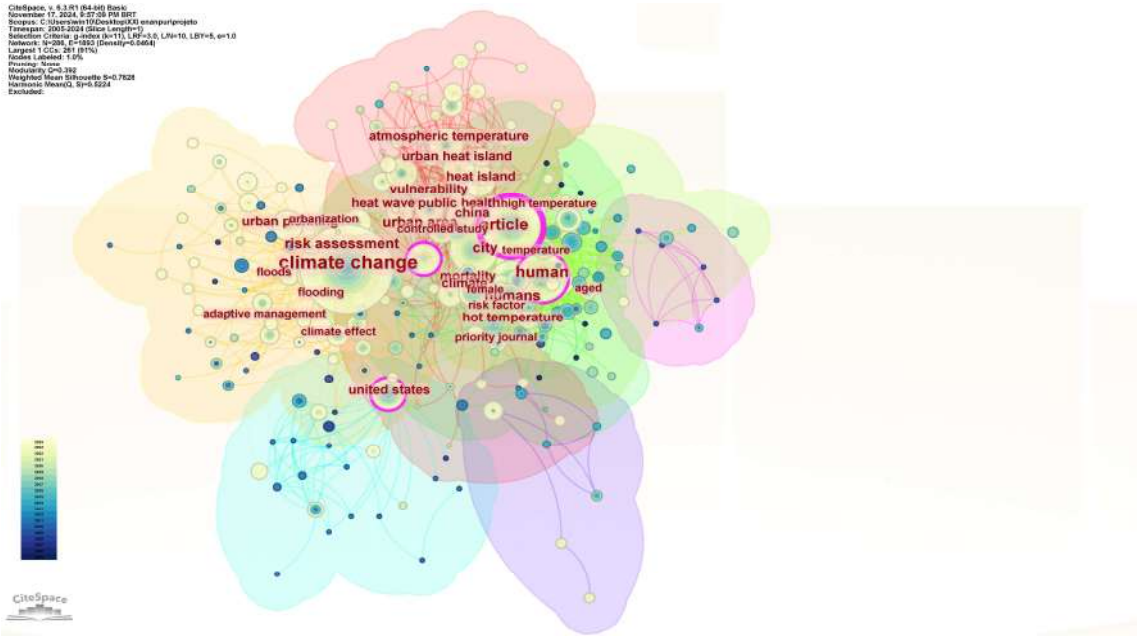
O portfólio analisado, composto por 823 artigos selecionados, identificou um total de 18.298 palavras-chave. Esse conjunto reflete uma ampla diversidade de temas abordados nas publicações científicas, com destaque para questões relacionadas a cidades, mudanças climáticas, vulnerabilidade social e desenvolvimento sustentável. Essas palavras-chave evidenciam as preocupações contemporâneas em torno da gestão urbana, da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e da busca por soluções inovadoras para fomentar a resiliência e inclusão nas cidades.

Entre as palavras-chave mais recorrentes, *"climate change"* lidera com 786 ocorrências, e representa 4.3% do total, isto é, a centralidade das mudanças climáticas nos debates científicos. Em seguida, *"risk assessment"* com 245 ocorrências (1.3%), o que indica preocupação com a avaliação de riscos em diferentes contextos, como ambientais e urbanos. Outros termos de alta frequência incluem *"article"* (243 ocorrências, 1.3%), *"human"* (221

ocorrências, 1.2%) e *"mortality"* (215 ocorrências, 1.1%), o que sugere uma interseção entre questões climáticas, saúde e impactos sociais. Além disso, *"urbanization"* (178 ocorrências, 1%), *"adaptation"* (155 ocorrências, 0.85%) e *"sustainability"* (148 ocorrências, 0.8%) apontam para um foco em dinâmicas urbanas e estratégias de adaptação, alinhadas aos ODS.

Termos como *"policy"* (138 ocorrências, 0.75%) e *"biodiversity"* (133 ocorrências, 0.7%) reforçam a importância de ações políticas e da preservação ambiental. A Figura 5 mostra as principais palavras-chave e suas conexões em estudos sobre mudanças climáticas e urbanização. Termos como *"climate change"* e *"risk assessment"* possuem alta centralidade, representada por seus posicionamentos centrais na rede e tamanhos de círculos destacados. Isso indica que essas palavras-chave atuam como pontos de conexão entre diferentes clusters temáticos, e está frequentemente mencionada em conjunto com outros tópicos.

Figura 5: Mapa de Redes Temáticas em Estudos de Mudanças Climáticas e Urbanização



No que diz respeito à vulnerabilidade social, o conceito é identificado diretamente pela palavra *"vulnerability"*, que ocorre 114 vezes (0.6%), e destaca a preocupação com as populações mais expostas aos impactos das mudanças climáticas e desigualdades urbanas. Esse termo sugere discussões sobre políticas públicas inclusivas capazes de reduzir desigualdades e aumentar a resiliência nos contextos urbanos.

Nas cidades da América Latina, África, Ásia e Oceania, as desigualdades no enfrentamento às mudanças climáticas são evidenciadas, pela ausência de pesquisas voltadas à aplicação prática em adaptações baseadas em ecossistemas urbanos (Liu *et al.,* 2024). No Brasil, os movimentos sociais por moradia representam ações insurgentes que enfrentam desigualdades urbanas e promovem justiça climática ao integrar a luta por habitação com iniciativas para reduzir vulnerabilidades (Moretti *et al.*, 2024).

Em Seul, a vulnerabilidade das populações urbanas durante ondas de calor ressalta a necessidade de políticas públicas que considerem as dinâmicas populacionais diurnas para

identificar áreas mais suscetíveis (Lee *et al.,* 2024). De forma complementar, em Dehradun, Índia, os impactos da urbanização, como mudanças no uso do solo e o aumento das ilhas de calor urbanas, afetam desproporcionalmente as populações vulneráveis o que mostra a urgência de estratégias de mitigação (Mishra; Arya, 2023). Essas análises reforçam a necessidade de políticas inclusivas e integradas para enfrentar desigualdades urbanas e fortalecer a resiliência climática.

Apesar de o termo *"smart cities"* não figurar entre os mais frequentes, sua presença no portfólio reflete a relevância emergente de tecnologias urbanas voltadas para eficiência e inclusão. As cidades inteligentes aparecem como uma solução potencial para integrar sustentabilidade, gestão de recursos e equidade social. Entretanto, a baixa frequência deste termo evidencia que ainda há espaço para aprofundar sua exploração nas pesquisas científicas.

As mudanças climáticas surgem como o tema mais relevante, com *"climate change"* sendo a palavra mais frequente no portfólio. Palavras associadas, como *"climate change impact"* (30 ocorrências, 0.16%) e *"climate change adaptation"* (19 ocorrências, 0.10%), reforçam o foco nas estratégias de mitigação e adaptação frente aos desafios climáticos. A alta incidência desses termos demonstra o intenso debate sobre os efeitos das mudanças climáticas e as possíveis soluções para minimizar suas consequências.

Foram identificados seis *clusters* que representam agrupamentos temáticos relacionados a mudanças climáticas, planejamento urbano e impactos na saúde pública. O primeiro *cluster*, destacado em rosa, aborda questões relacionadas a altas temperaturas e seus impactos, que inclui termos como *"atmospheric temperature,"* *"heat island"* e *"health risks,"* e indicam as conexões entre fatores climáticos e riscos para a saúde pública, como as ilhas de calor urbano. O segundo *cluster*, em azul, trata de temas ligados ao desenvolvimento urbano e às mudanças climáticas, com ênfase em termos como *"urban growth,"* *"climate change"* e *"adaptive management,"* que enfatizam a interação entre planejamento urbano e estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

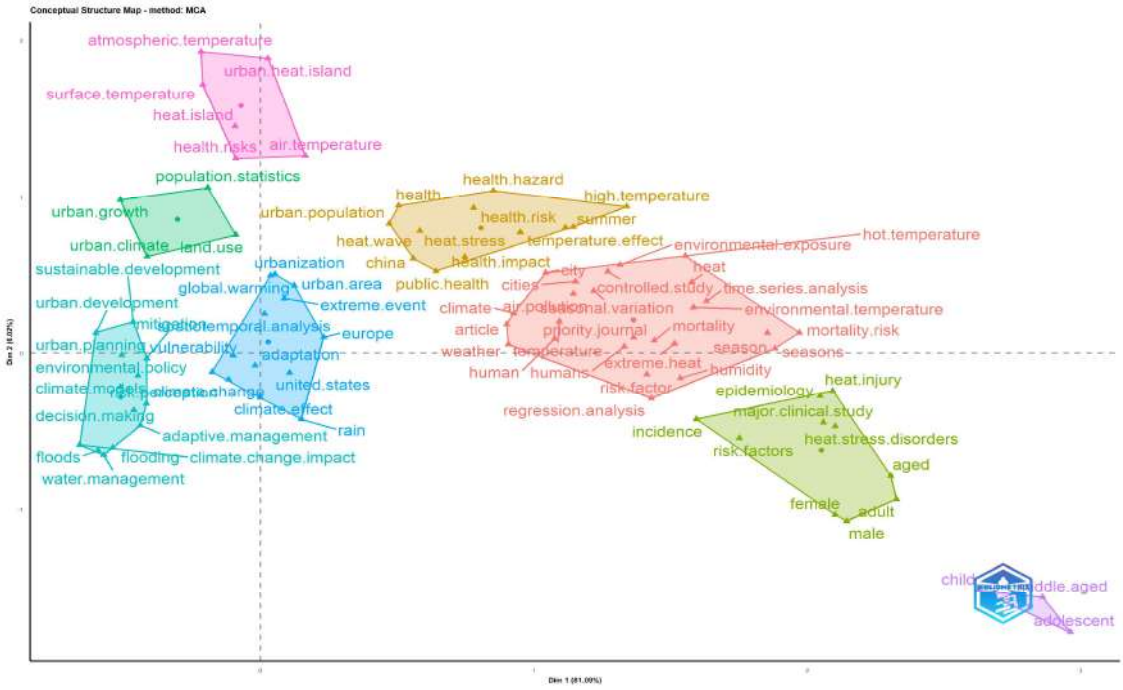
O terceiro *cluster*, em amarelo, foca nos efeitos de ondas de calor e estresses térmicos na saúde, com termos *"heat wave,"* *"health stress"* e *"temperature effect,"* o que sugere um enfoque em estudos sobre os impactos diretos de temperaturas extremas. O quarto *cluster*, em vermelho, concentra-se em análises epidemiológicas e ambientais, com destaque para *"mortality risk,"* *"time series analysis"* e *"environmental exposure,"* e mostra a importância de abordagens quantitativas para avaliar os riscos de mortalidade e outros impactos causados por extremos térmicos.

O quinto *cluster*, em verde, apresenta termos relacionados a categorias demográficas e vulnerabilidades específicas, como *"aged,"* *"female"* e *"risk factors,"* o que indica uma preocupação com os impactos diferenciados das altas temperaturas em populações específicas. E o sexto *cluster*, em lilás, aborda populações mais jovens, inclui termos como "*child"* e *"adolescent,"* e direciona para uma análise de impactos específicos em faixas etárias

menos estudadas no contexto de mudanças climáticas e saúde. A Figura 6 reflete a diversidade e a complexidade das interações entre mudanças climáticas, planejamento urbano e saúde pública, organizadas em um espaço conceitual bidimensional.

O eixo X parece representar um gradiente que vai de questões demográficas e clínicas para questões ambientais e de planejamento urbano, enquanto o eixo Y diferencia estudos de mitigação e adaptação dos impactos diretos das altas temperaturas. Isto é, indicam focos distintos, como os impactos de temperaturas extremas na saúde, a necessidade de políticas de mitigação e adaptação no planejamento urbano, e a vulnerabilidade de grupos específicos, como pessoas idosas, mulheres e crianças.

Figura 6: Mapa Conceitual de Relações entre Mudanças Climáticas, Saúde Pública e Planejamento Urbano



Esses *cluster* sugerem que o futuro das cidades depende de ações integradas, o que inclui a implementação de soluções baseadas na natureza para mitigar o impacto das mudanças climáticas, políticas inclusivas para proteger populações vulneráveis e o uso de dados para guiar estratégias adaptativas. As cidades precisam priorizar sustentabilidade, resiliência e equidade, de forma a alinhar-se aos ODS e proporcionar ambientes urbanos inteligentes e inclusivos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise bibliométrica realizada entre 2004 e 2024 demonstra o crescimento da pesquisa sobre mudanças climáticas, urbanização e vulnerabilidade social e mostra o impacto global dessas questões e a relevância de estratégias de mitigação e adaptação. Nos primeiros anos, entre 2004 e 2008, os estudos baseiam-se em questões emergentes, como os efeitos de temperaturas extremas na mortalidade em populações vulneráveis, pessoas idosas e

comunidades socialmente isoladas. Exemplos incluem um estudo que analisou a mortalidade por calor em cidades da América Latina e outro que abordou a ocupação de áreas de risco em cidades africanas (Bell et al., 2008; Douglas et al., 2008). Nesse período, os Estados Unidos lideraram as publicações, com pesquisas focadas em vulnerabilidades ao calor extremo e no início das discussões sobre planejamento urbano resiliente. Palavras-chave dominantes como *"climate change"* e *"urbanization"* mostram o foco na relação entre mudanças climáticas e crescimento urbano.

Entre 2009 e 2013, a diversificação temática e geográfica expandiu a análise para países como China e Austrália, em que trabalharam com temas relacionados a ilhas de calor urbano e eventos climáticos extremos. Estudos destacaram o aumento da mortalidade em cenários de alta emissão e investigaram o impacto das ilhas de calor em Xangai, enquanto pesquisas australianas trouxeram à tona os riscos de ciclones tropicais (Gasparrini *et al.,* 2017; Tan *et al.,* 2010; Walsh *et al.,* 2016). Nos Estados Unidos, pesquisas reforçaram a necessidade de estratégias locais de adaptação climática (Anderson e Bell, 2011). As palavras-chave *"sustainability"* e *"biodiversity"* indicam um foco crescente na adaptação climática e na preservação ambiental.

Entre 2014 e 2018, a produção científica estabilizou-se, acompanhada pela consolidação de redes de pesquisa internacionais. Estudos destacaram tendências de ciclones tropicais, aumento de riscos associados a tempestades e inundações (Walsh *et al.,* 2016), e projeções sobre a mortalidade causada por mudanças climáticas em cenários de alta emissão (Gasparrini *et al.,* 2017), incluindo os impactos do calor extremo em escala global (Mora *et al.,* 2017). Na China e nos Estados Unidos, avançaram as pesquisas sobre soluções baseadas na natureza, como a expansão de áreas verdes, para mitigar os efeitos do calor extremo. As palavras-chave *"vulnerability"* e *"policy"* enfatizam a preocupação com desigualdades urbanas e a importância de políticas inclusivas.

No período de 2019 a 2024, a produção atingiu seu ápice, e mostra a urgência das questões climáticas urbanas. Os riscos crescentes em cidades densamente urbanizadas foram investigados, assim como os impactos do calor extremo na China, em uma análise comparativa (Nanayakkara *et al.,* 2023; Shi, Jia, 2024;). As palavras-chave *"smart cities", "climate change adaptation",* e *"sustainable urban planning"* indicam o avanço das soluções tecnológicas urbanas. No Brasil, movimentos sociais foram destacados novamente como ferramentas para combater desigualdades climáticas e possibilitar a inclusão social e justiça ambiental.

A análise destaca constatações importantes sobre mudanças climáticas e vulnerabilidades sociais, e mostra que o impacto desproporcional em populações da pessoa idosa e de baixa renda, a eficácia de soluções baseadas na natureza na mitigação do calor extremo e a necessidade de infraestruturas resilientes para enfrentar eventos climáticos extremos. A colaboração internacional e os movimentos sociais surgem como ferramentas importantes

para desenvolver justiça climática e inclusão social, de forma a alinhar o planejamento urbano sustentável, tecnologias inteligentes e governança integrada.

A análise dos *clusters* e das palavras-chave revela direcionamentos claros para o planejamento urbano e a gestão de mudanças climáticas nas cidades. O *Cluster* Rosa, traz nos impactos das altas temperaturas e no efeito de ilhas de calor urbano, e mostra a necessidade de ações que integrem soluções baseadas na natureza, como ampliação da cobertura vegetal e infraestrutura de resfriamento, para reduzir os riscos à saúde pública. O *Cluster* Azul, relacionado ao desenvolvimento urbano e mudanças climáticas, aponta para a importância de integrar estratégias de mitigação e adaptação no planejamento urbano com uma abordagem sustentável e adaptativa.

O *Cluster* Amarelo, que aborda os impactos diretos de ondas de calor e estresses térmicos na saúde, reforça a urgência de políticas públicas que priorizem a proteção das populações expostas a temperaturas extremas, especialmente por meio de infraestrutura resiliente e melhorias na habitação. O *Cluster* Vermelho, centrado em análises epidemiológicas e ambientais, destaca a relevância de sistemas de monitoramento e modelagem para avaliar e mitigar riscos de mortalidade associados a extremos térmicos, com dados climáticos integrados às políticas de saúde pública.

No *Cluster* Verde, que aborda vulnerabilidades demográficas específicas, como pessoas idosas, mulheres e crianças, fica evidente a necessidade de políticas inclusivas que reduzam desigualdades sociais e promovam acesso a infraestrutura adaptada. Já o Cluster *Lilás*, que trata de populações mais jovens, sugere que as estratégias climáticas devem ser abrangentes e considerar faixas etárias menos estudadas, mas igualmente vulneráveis aos impactos climáticos.

As palavras-chave mais frequentes, como *climate change, risk assessment* e *urbanization*, indicam que o direcionamento para as cidades deve focar na integração entre mitigação climática, gestão de riscos e planejamento urbano sustentável. Isso implica priorizar soluções baseadas na natureza, tecnologias inteligentes e governança participativa para enfrentar desafios climáticos. As cidades do futuro precisam alinhar sustentabilidade e resiliência a políticas públicas inclusivas, de forma a oportunizar que populações vulneráveis sejam protegidas e que os ODS sejam alcançados.

Essa análise reforça que o futuro urbano exige transformações profundas, avanços tecnológicos com soluções adaptativas que propiciam a equidade e qualidade de vida. As cidades devem ser planejadas para reduzir os impactos das mudanças climáticas, gerenciar recursos de forma eficiente e integrar comunidades locais no processo decisório, de forma a proporcionar ambientes urbanos mais justos e resilientes. As projeções para o futuro apontam dois cenários possíveis.

No cenário pessimista, a ausência de políticas eficazes e a continuidade de modelos de urbanização desordenados agrava os impactos das mudanças climáticas. Estima-se que até

74% da população global poderá enfrentar condições letais de calor até o final do século (Mora *et al.*, 2017; Shi, Jia, 2024). A intensificação de eventos climáticos extremos, como ciclones e inundações, impactará regiões costeiras e áreas com infraestrutura inadequada, o que aumenta as desigualdades socioeconômicas e sanitárias (Walsh *et al.,* 2016; Douglas *et al.,* 2008). Sem ações inclusivas, a exclusão social será perpetuada e irá expor as comunidades marginalizadas a riscos desproporcionais e poderá comprometer a resiliência urbana (Reid *et al.,* 2009; Jabareen, 2013).

Por outro lado, no cenário otimista, ações coordenadas podem transformar as cidades em modelos de resiliência e sustentabilidade. Investimentos em soluções baseadas na natureza, como arborização urbana e áreas de resfriamento, podem reduzir temperaturas locais em até 5.34 °C, de forma a proteger as populações vulneráveis (Jia et al., 2023; Choi et al., 2022).

Estratégias de baixo impacto, como sistemas de drenagem sustentável e infraestruturas resilientes, podem mitigar os danos causados por eventos climáticos extremos (Sun *et al.,* 2021; Huang *et al.,* 2023). A colaboração científica internacional e o fortalecimento de políticas inclusivas são essenciais para disseminar tecnologias urbanas inteligentes, promover justiça social e garantir qualidade de vida urbana (Gasparrini *et al.,* 2017; Moretti *et al.,* 2024).

Para alcançar o cenário otimista, é fundamental adotar um planejamento urbano integrado que priorize práticas sustentáveis, como soluções baseadas na natureza, para mitigar os impactos climáticos e melhorar a infraestrutura urbana de forma inclusiva. O fortalecimento de políticas públicas adaptativas deve integrar as mudanças climáticas com inclusão social, e possibilitar que as populações vulneráveis tenham acesso a infraestrutura adequada e áreas verdes. A ampliação do uso de tecnologias inteligentes para monitorar riscos climáticos e gerenciar recursos urbanos de maneira eficiente torna-se uma ferramenta importante para alinhar as cidades ODS.

Além disso, é necessário promover redes de colaboração científica internacional e iniciativas comunitárias que fortaleçam a troca de conhecimentos e a justiça climática. A educação e a sensibilização da população e dos gestores urbanos sobre os desafios das mudanças climáticas são indispensáveis para integrar a sociedade no processo de transformação. Dessa forma, a integração de políticas inclusivas, avanços tecnológicos e iniciativas colaborativas pode reverter tendências negativas e consolidar as cidades como espaços resilientes, equitativos e sustentáveis para as próximas gerações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo cientométrico realizado destaca a relevância das mudanças climáticas e sua relação com a vulnerabilidade social como uma área de pesquisa emergente e em rápida expansão. Com 823 artigos selecionados entre 2004 e 2024, verificou-se um crescimento anual que reflete a intensificação do debate científico sobre o tema. A pesquisa evidenciou uma

colaboração internacional importante, com parcerias globais que reforçam o caráter interdisciplinar e abrangente do campo.

Os resultados mostram que o aquecimento global tem intensificado riscos para populações urbanas vulneráveis, em áreas densamente povoadas e com infraestrutura inadequada. Ondas de calor e eventos climáticos extremos apresentam impactos desproporcionais em pessoas idosas, mulheres e pessoas de baixa renda. Soluções baseadas na natureza, como arborização urbana e criação de áreas de resfriamento, provaram-se eficazes na mitigação de temperaturas extremas.

A produção científica é liderada por países como Estados Unidos, China e Austrália, que se destacam em temas como urbanização, eventos climáticos extremos e sustentabilidade. No entanto, a ausência de políticas integradas continua a perpetuar desigualdades sociais e urbanas, enquanto estratégias inclusivas demonstram potencial para promover justiça climática e adaptação urbana sustentável.

Essas descobertas reforçam a importância de soluções práticas, que integrem o planejamento adaptativo e tecnologias inovadoras, para transformar as cidades em espaços mais resilientes e inclusivos frente às mudanças climáticas. Entre as principais implicações do estudo, destaca-se a necessidade de repensar modelos de urbanização para integrar planejamento adaptativo e justiça climática, de forma a priorizar a infraestruturas resilientes e sustentáveis. Soluções baseadas na natureza, como a ampliação da cobertura verde e a gestão eficiente de recursos hídricos, são essenciais para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Além disso, a colaboração internacional e os movimentos sociais surgem como ferramentas importantes para desenvolver justiça climática e inclusão social.

Em termos de direcionamentos futuros, é primordial explorar amplamente o papel das cidades inteligentes na mitigação de impactos climáticos e na promoção da inclusão social. Estudos futuros podem investigar a eficácia de políticas públicas adaptativas em contextos locais e regionais, com foco na integração entre tecnologia, sustentabilidade e resiliência. Além disso, deve-se expandir a análise de vulnerabilidades climáticas em regiões menos estudadas, como a América Latina, para fortalecer estratégias de adaptação globais. O estudo reafirma que o enfrentamento das mudanças climáticas exige ações coordenadas que combinem avanços tecnológicos, políticas públicas inclusivas e estratégias adaptativas. Apenas dessa forma será possível transformar as cidades em espaços resilientes e sustentáveis, com maior equidade e qualidade de vida em um contexto de mudanças climáticas globais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Araucária, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina FAPESC e CAPES - Agência Federal de Apoio e Avaliação à Pós-Graduação.

REFERÊNCIAS

AL-SAKKAF, Ali Salem; ZHANG, Jiahua; YAO, Fengmei; *et al.* Quantifying the stochastic trends of climate extremes over Yemen: a comprehensive assessment using ERA5 data. **Stochastic environmental research and risk assessment: research journal**, v. 38, n. 9, p. 3639–3656, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s00477-024-02772-6.

ANDERSON, G. Brooke; BELL, Michelle L. Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. **Environmental health perspectives**, v. 119, n. 2, p. 210–218, 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1002313.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007.

AZIZ, Farhan; WANG, Xiuquan; QASIM MAHMOOD, Muhammad; *et al.* Wastewater flooding risk assessment for coastal communities: Compound impacts of climate change and population growth. **Journal of hydrology**, v. 645, n. 132136, p. 132136, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132136.

BEEBE, Nigel W.; COOPER, Robert D.; MOTTRAM, Pipi; *et al.* Australia's dengue risk driven by human adaptation to climate change. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 3, n. 5, p. e429, 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0000429.

BELL, Michelle L.; GOLDBERG, Richard; HOGREFE, Christian; *et al.* Climate change, ambient ozone, and health in 50 US cities. **Climatic change**, v. 82, n. 1–2, p. 61–76, 2007. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-006-9166-7.

BELL, Michelle L.; O'NEILL, Marie S.; RANJIT, Nalini; *et al.* Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. **International journal of epidemiology**, v. 37, n. 4, p. 796–804, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1093/ije/dyn094.

CHEN, Chaomei; IBEKWE-SANJUAN, Fidelia; HOU, Jianhua. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 7, p. 1386–1409, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/asi.21309.

CHEN, Chaomei; SONG, Min. Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews. **PloS one**, v. 14, n. 10, p. e0223994, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0223994.

CHEN, Mingxing; CHEN, Liangkan; ZHOU, Yuan; *et al.* Rising vulnerability of compound risk inequality to ageing and extreme heatwave exposure in global cities. **npj Urban Sustainability**, v. 3, n. 1, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/s42949-023-00118-9.

CHENG, Yingyi; YU, Zhaowu; XU, Chi; *et al.* Climatic and economic background determine the disparities in urbanites' expressed happiness during the summer heat. **Environmental science & technology**, v. 57, n. 30, p. 10951–10961, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.3c01765.

CHOI, Hayon Michelle; LEE, Whanhee; ROYE, Dominic; *et al.* Effect modification of greenness on the association between heat and mortality: A multi-city multi-country study. **EBioMedicine**, v. 84, n. 104251, p. 104251, 2022. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2022.104251.

CORPUZ, Bianca; ZAITCHIK, Benjamin; WAUGH, Darryn; *et al.* Shifting Islands: How weather conditions and urban form shape the spatiotemporal character of Baltimore's urban heat island. **Urban climate**, v. 56, n. 102058, p. 102058, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102058.

DOUGLAS, Ian; ALAM, Kurshid; MAGHENDA, Maryanne; *et al.* Unjust waters: climate change, flooding and the urban poor in Africa. **Environment and urbanization**, v. 20, n. 1, p. 187–205, 2008. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/0956247808089156.

DWIRAHMADI, Febi; BARNES, Paul; WIBOWO, Arif; *et al.* Linking disaster risk reduction and climate change adaptation through collaborative governance: Experience from urban flooding in Jakarta. **Geosciences**, v. 13, n. 11, p. 353, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/geosciences13110353.

ENNIS, Kelsey E.; MILRAD, Shawn M. Man, it's a hot one: Trends and extremes in Florida autumn heat stress. **International journal of climatology: a journal of the Royal Meteorological Society**, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/joc.8415.

FATIMA, Syeda Hira; ROTHMORE, Paul; GILES, Lynne C.; *et al.* Intra-urban risk assessment of occupational injuries and illnesses associated with current and projected climate: Evidence from three largest Australian cities. **Environmental research**, v. 228, n. 115855, p. 115855, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2023.115855.

FRISKEN, W. R. Extended industrial revolution and climate change. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 52, n. 7, p. 500–508, 1971. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1029/EO052i007p00500.

GASPARRINI, Antonio; GUO, Yuming; SERA, Francesco; *et al.* Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. **The lancet. Planetary health**, v. 1, n. 9, p. e360–e367, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0.

GOSLING, Simon N.; MCGREGOR, Glenn R.; LOWE, Jason A. The benefits of quantifying climate model uncertainty in climate change impacts assessment: an example with heat-related mortality change estimates. **Climatic change**, v. 112, n. 2, p. 217–231, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0211-9.

GRONLUND, Carina J.; BERROCAL, Veronica J.; WHITE-NEWSOME, Jalonne L.; *et al.* Vulnerability to extreme heat by socio-demographic characteristics and area green space among the elderly in Michigan, 1990-2007. **Environmental research**, v. 136, p. 449–461, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.08.042.

HOMANN-KEE TUI, Sabine; VALDIVIA, Roberto O.; DESCHEEMAEKER, Katrien; *et al.* Balancing co-benefits and trade-offs between climate change mitigation and adaptation innovations under mixed crop-livestock systems in semi-arid Zimbabwe. **CABI agriculture and bioscience**, v. 4, n. 1, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1186/s43170-023-00165-3.

HUANG, Wan Ting Katty; MASSELOT, Pierre; BOU-ZEID, Elie; *et al.* Economic valuation of temperature-related mortality attributed to urban heat islands in European cities. **Nature communications**, v. 14, n. 1, p. 7438, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/s41467-023-43135-z.

HUNT, Julian C.; TIMOSHKINA, Yulia V.; BOHNENSTENGEL, Sylvia I.; *et al.* Implications of climate change for expanding cities worldwide. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Urban design and planning**, v. 166, n. 4, p. 241–254, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1680/udap.10.00062.

JABAREEN, Yosef. Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. **Cities (London, England)**, v. 31, p. 220–229, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.05.004.

JACKSON, J. Elizabeth; YOST, Michael G.; KARR, Catherine; *et al.* Public health impacts of climate change in Washington State: projected mortality risks due to heat events and air pollution. **Climatic change**, v. 102, n. 1–2, p. 159–186, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-010-9852-3.

JIA, Mengyuan; HE, Ding; HUO, Xiaowei; *et al.* Exploring the impact of climate change on flood risk at cultural heritage sites using a GIS-based SCS-CN method: A case study of

Shanxi province, China. **International journal of disaster risk reduction: IJDRR**, v. 96, n. 103968, p. 103968, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103968.

Journal Citation Reports. **Journal of Cleaner Production**, 2023.

KOPEC, Richard J. Global climate change and the impact of a maximum sea level on coastal settlement. **The Journal of geography**, v. 70, n. 9, p. 541–550, 1971. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1080/00221347108981908.

LEE, Jungsil; MIN, Jieun; LEE, Whanhee; *et al.* Timely accessibility to healthcare resources and heatwave-related mortality in 7 major cities of South Korea: a two-stage approach with principal component analysis. **The Lancet regional health. Western Pacific**, v. 45, n. 101022, p. 101022, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.lanwpc.2024.101022.

LI, Dan; BOU-ZEID, Elie. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. **Journal of applied meteorology and climatology**, v. 52, n. 9, p. 2051–2064, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1175/jamc-d-13-02.1.

LIN, Ning; EMANUEL, Kerry; OPPENHEIMER, Michael; *et al.* Physically based assessment of hurricane surge threat under climate change. **Nature climate change**, v. 2, n. 6, p. 462–467, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1389.

LIU, Zhimin; XIU, Chunliang; HAN, Gang; *et al.* Spatiotemporal dynamics and mainstreaming strategies of ecosystem-based adaptation to urban climate change. **Sustainability**, v. 16, n. 8, p. 3370, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/su16083370.

MANOLI, Gabriele; FATICHI, Simone; SCHLÄPFER, Markus; *et al.* Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. **Nature**, v. 573, n. 7772, p. 55–60, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9.

MILAZZO, A.; GILES, L. C.; ZHANG, Y.; *et al.* The effect of temperature on different Salmonella serotypes during warm seasons in a Mediterranean climate city, Adelaide, Australia. **Epidemiology and infection**, v. 144, n. 6, p. 1231–1240, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1017/S0950268815002587.

MISHRA, Ashish; ARYA, Dhyan Singh. Assessment of land-use land-cover dynamics and urban heat island effect of Dehradun city, North India: a remote sensing approach. **Environment Development and Sustainability**, v. 26, n. 9, p. 22421–22447, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10668-023-03558-6.

MORA, Camilo; DOUSSET, Bénédicte; CALDWELL, Iain R.; *et al*. Global risk of deadly heat. **Nature climate change**, v. 7, n. 7, p. 501–506, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1038/nclimate3322.

MORETTI, Julia Azevedo; CAVALCANTI, Emanuel Ramos; BRASIL, Amíria Bezerra; *et al*. Occupation of vacant buildings in central districts by social movements as a means to deal with climate change in an inclusive way: the cases of cities São Paulo and Natal. **Environment and urbanization**, v. 36, n. 1, p. 33–52, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1177/09562478241230814.

NANAYAKKARA, Srimalee; WANG, Weimin; CAO, Jie; *et al*. Analysis of Urban Heat Island effect, heat stress and public health in Colombo, Sri Lanka and Shenzhen, China. **Atmosphere**, v. 14, n. 5, p. 839, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/atmos14050839.

PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; *et al*. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 372, p. n71, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71.

REID, Colleen E.; O'NEILL, Marie S.; GRONLUND, Carina J.; *et al*. Mapping community determinants of heat vulnerability. **Environmental health perspectives**, v. 117, n. 11, p. 1730–1736, 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0900683.

RODRIGUES, Bruno Noronha; MOLINA JUNIOR, Vitor Eduardo; CANTERAS, Felippe Benavente. Green Infrastructure as a solution to mitigate the effects of climate change in a coastal area of social vulnerability in Fortaleza (Brazil). **Environmental advances**, v. 13, n. 100398, p. 100398, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100398.

ROSENZWEIG, Cynthia; SOLECKI, William D.; BLAKE, Reginald; *et al*. Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure-shed: process, approach, tools, and strategies. **Climatic change**, v. 106, n. 1, p. 93–127, 2011. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-010-0002-8.

SAMPSON, Natalie R.; GRONLUND, Carina J.; BUXTON, Miatta A.; *et al*. Staying cool in a changing climate: Reaching vulnerable populations during heat events. **Global environmental change: human and policy dimensions**, v. 23, n. 2, p. 475–484, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.011.

SAUER, J.; GRIMM, N. B.; BARBOSA, O.; *et al*. Estimating combined effects of climate change and land cover change on water regulation services of urban wetlands in Valdivia,

Chile. **Earth's future**, v. 12, n. 5, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1029/2023ef003801.

SERA, Francesco; ARMSTRONG, Ben; TOBIAS, Aurelio; *et al.* How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. **International journal of epidemiology**, v. 48, n. 4, p. 1101–1112, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1093/ije/dyz008.

SHELUDKOV, Alexander; VINOGRADOVA, Vera. Population exposure to heat waves in Russian regions according to climate change scenarios for the mid-21 century. **GeoJournal**, v. 89, n. 2, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s10708-024-11057-y.

SHENG, Rongrong; LI, Changchang; WANG, Qiong; *et al.* Does hot weather affect work-related injury? A case-crossover study in Guangzhou, China. **International journal of hygiene and environmental health**, v. 221, n. 3, p. 423–428, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.005.

SHI, Zitong; JIA, Gensuo. Changes in urban heat island intensity during heatwaves in China. **Environmental research letters**, v. 19, n. 7, p. 074061, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ad5b0a.

SUFRI, Sofyan; LASSA, Jonatan Anderias. Integration of disaster risk reductionand climate change adaptation in Aceh: Progress and challenges after 20 Years of Indian Ocean Tsunamis. **International journal of disaster risk reduction: IJDRR**, v. 113, n. 104894, p. 104894, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104894.

SUN, Xiaojing; LI, Ruonan; SHAN, Xinmeng; *et al.* Assessment of climate change impacts and urban flood management schemes in central Shanghai. **International journal of disaster risk reduction: IJDRR**, v. 65, n. 102563, p. 102563, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102563.

SWYNGHEDAUW, Bernard. Conséquences médicales du réchauffement climatique. **Presse medicale (Paris, France: 1983)**, v. 38, n. 4, p. 551–561, 2009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.lpm.2008.02.022.

TAN, Jianguo; ZHENG, Youfei; TANG, Xu; *et al.* The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. **International journal of biometeorology**, v. 54, n. 1, p. 75–84, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x.

VOELKEL, Jackson; HELLMAN, Dana; SAKUMA, Ryu; *et al.* Assessing vulnerability to urban heat: A study of disproportionate heat exposure and access to refuge by Socio-demographic

status in Portland, Oregon. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 4, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15040640.

WALSH, Kevin J. E.; MCBRIDE, John L.; KLOTZBACH, Philip J.; *et al*. Tropical cyclones and climate change: Tropical cyclones and climate change. **Wiley interdisciplinary reviews. Climate change**, v. 7, n. 1, p. 65–89, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1002/wcc.371.

WANG, Chengcong; REN, Zhibin; GUO, Yujie; *et al*. Assessing urban population exposure risk to extreme heat: Patterns, trends, and implications for climate resilience in China (2000–2020). **Sustainable cities and society**, v. 103, n. 105260, p. 105260, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2024.105260.

WU, Junhao; LIU, Zihan; LIU, Tianxiang; *et al*. Assessing urban pluvial waterlogging resilience based on sewer congestion risk and climate change impacts. **Journal of hydrology**, v. 626, n. 130230, p. 130230, 2023. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130230.

XIONG, Jinghua; YANG, Yuting. Climate change and hydrological extremes. **Current climate change reports**, v. 11, n. 1, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s40641-024-00198-4.

YANG, Jun; LIU, Hua-Zhang; OU, Chun-Quan; *et al*. Global climate change: impact of diurnal temperature range on mortality in Guangzhou, China. **Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)**, v. 175, p. 131–136, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.12.021.

ZANOBETTI, Antonella; O'NEILL, Marie S.; GRONLUND, Carina J.; *et al*. Susceptibility to mortality in weather extremes: effect modification by personal and small-area characteristics: Effect modification by personal and small-area characteristics. **Epidemiology (Cambridge, Mass.)**, v. 24, n. 6, p. 809–819, 2013. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1097/01.ede.0000434432.06765.91.

ZHANG, Guidong; WANG, Jianlong; LIU, Yong. Energy transition in China: Is there a role for climate policy uncertainty? **Journal of environmental management**, v. 370, n. 122814, p. 122814, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122814.

ZHANG, Hua; CEN, Xuehua; AN, Huimin; *et al*. Quantitative assessment and driving factors analysis of surface urban heat island of urban agglomerations in China based on GEE. **Environmental science and pollution research international**, v. 31, n. 34, p. 47350–47364, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11356-024-34205-w.

ZHANG, Ying; NITSCHKE, Monika; KRACKOWIZER, Antoinette; *et al*. Risk factors for deaths during the 2009 heat wave in Adelaide, Australia: a matched case-control study. **International journal of biometeorology**, v. 61, n. 1, p. 35–47, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s00484-016-1189-9.

ZHANG, Yuyang; YU, Dingyi; ZHAO, Huimin; *et al*. Chasing the heat: Unraveling urban hyperlocal air temperature mapping with mobile sensing and machine learning. **The Science of the total environment**, v. 927, n. 172168, p. 172168, 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172168.