

Soluções Baseadas na Natureza e Mudanças Climáticas: uma Revisão Sistemática de Literatura.

Nature-Based Solutions and Climate Change: A Systematic Literature Review.

Soluciones Basadas en la Naturaleza y Cambio Climático: Una Revisión Sistemática de la Literatura.

Rodrigo Kuestra

Mestre, UNINOVE, Brasil
rodrigokuestra@gmail.com

Cristiano Capellani Quaresma

Professor Doutor, UNINOVE, Brasil.
quaresmacc@uni9.pro.br

RESUMO

As cidades são as principais fontes de gases do efeito estufa (GEE) e sofrem episódios intensos de inundações urbanas, que afetam, sobretudo, a população mais vulnerável. Contudo, políticas públicas urbanas municipais têm dado pouca atenção à questão, prejudicando a resiliência e ampliando as injustiças sociais. As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) podem auxiliar no combate aos problemas urbanos relacionados às mudanças climáticas, especialmente por entender como as atividades humanas, incluindo a urbanização, afetam a distribuição dos organismos e ecossistemas no espaço geográfico, além de oferecer alternativas verdes para o tratamento da questão. Assim, buscou-se, por meio de Revisão Sistemática de Literatura e análise bibliométrica, identificar exemplos de aplicações das SbN para adaptação às inundações urbanas e redução dos GEE. Os resultados demonstraram que o *Sponge City Program* (China) e o florestamento urbano foram os temas mais estudados acerca da utilização das SbN no combate aos GEE e às inundações urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Inundações Urbanas; Gases de Efeito Estufa; Planejamento Urbano; Aquecimento Global; Desenvolvimento Sustentável.

SUMMARY

*Cities are the main sources of greenhouse gas (GHG) emissions and experience intense episodes of urban flooding, particularly affecting the most vulnerable population. However, municipal urban public policies have paid little attention to this issue, compromising resilience and exacerbating social injustices. Nature-Based Solutions (NBS) can assist in addressing urban problems related to climate change, especially by understanding how human activities, including urbanization, affect the distribution of organisms and ecosystems in geographical space, offering green alternatives to address the issue. Thus, through a Systematic Literature Review and bibliometric analysis, we sought to identify examples of NBS applications for urban flood adaptation and GHG reduction. The results showed that the *Sponge City Program* (China) and urban afforestation were the most studied topics regarding the use of NBS in combating GHG and urban flooding.*

KEYWORDS: Urban Floods; Greenhouse Gases; Urban Planning; Global Warming; Sustainable Development.

RESUMEN

Las ciudades son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y experimentan episodios intensos de inundaciones urbanas, que afectan, sobre todo, a la población más vulnerable. Sin embargo, las políticas públicas urbanas municipales han prestado poca atención a este problema, comprometiendo la resiliencia y exacerbando las injusticias Sociales. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) pueden ayudar a abordar los problemas urbanos relacionados con el cambio climático, especialmente al entender cómo las actividades humanas, incluida la urbanización, afectan la distribución de organismos y ecosistemas en el espacio geográfico, ofreciendo alternativas verdes para abordar la cuestión. Así, a través de una Revisión Sistemática de Literatura y un análisis bibliométrico, buscamos identificar ejemplos de aplicaciones de las SbN para la adaptación a inundaciones urbanas y la reducción de GEI. Los resultados mostraron que el Programa Ciudad Esponja (China) y la forestación urbana fueron los temas más estudiados en relación con el uso de SbN para combatir los GEI e inundaciones urbanas.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones Urbanas; Gases de Efecto Invernadero; Planificación Urbana; Calentamiento Global; Desarrollo Sostenible.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2007, a população urbana mundial superou, em número absoluto, a população rural. Desde então, a porcentagem de pessoas vivendo em cidades tem crescido, atingindo 55% da população absoluta mundial em 2018 e prevê-se que alcançará 68% em 2050 (ONU, 2018). Contudo, observa-se que esse processo de transição urbana foi desigual entre os diferentes países e regiões do planeta. Mais de 50% da população urbana mundial em 2018 estava concentrada em apenas sete países: China, Índia, Estados Unidos, Brasil, Indonésia, Japão e Federação Russa. Enquanto isso, vários países apresentavam baixas taxas de urbanização, como os países africanos, cujo continente ainda possuía 57% de sua população total vivendo em áreas rurais em 2018 (ONU, 2018).

Além disso, o ritmo da transição urbana também foi diferente entre os países. Tomando o Brasil como exemplo, nota-se que até 1950, o país tinha uma predominância de população rural (64%), enquanto outros países, como Inglaterra, Bélgica e Austrália, já possuíam mais de 75% de suas populações absolutas vivendo em cidades. No entanto, a população urbana brasileira atingiu 66% em 1980, 77,13% em 1991 e 84,36% em 2010. Esses números demonstram que o país passou por um processo de urbanização tardio, mas, quando iniciado, caracterizou-se por ser acelerado (QUARESMA; FERREIRA; SHIBAO; RUIZ; OLIVEIRA NETO, 2017).

Esse tipo de transição urbana, característico especialmente em países em desenvolvimento, preocupa principalmente por não ter sido acompanhado pelo devido planejamento urbano (Maricato, 2015), fato que resultou em um quadro marcado por muitos impactos negativos nas esferas sociais, ambientais e econômicas.

Na esfera social, dentre os inúmeros problemas existentes, destaca-se a segregação socioespacial (SPOSITO, 2013). As cidades, por serem produtos sociais e históricos, refletem, em suas configurações, as relações de produção das sociedades que as criaram. Assim, as diferenças de classes inerentes ao modo de produção capitalista se materializam em desigualdades espaciais no interior das cidades, as quais, muitas vezes, implicam em formas e processos de segregação e exclusão socioespacial (LÓPEZ-MARTÍNEZ, 2018; SANTOS; PERES; SARAIVA, 2017).

Na esfera ambiental, destacam-se as mudanças no uso e ocupação do solo, as quais impactaram negativamente os ecossistemas imediatos, devido à supressão da maior parte da cobertura vegetal natural, com consequentes alterações climáticas e meteorológicas. Isso resultou na modificação dos episódios e padrões de precipitação pluviométrica e de temperatura. Tal fato tem levado autores a observarem que estamos no curso de um quadro de crise climática global (DAUBNER; MIHÁLY, 2022; POWERS; ENGSTROM, 2020; MENDES, 2020).

As transformações impostas ao meio também modificaram as condições hidrológicas das bacias hidrográficas, devido à impermeabilização das superfícies, com consequente diminuição da recarga das águas subterrâneas e aumento dos volumes de escoamento superficial, gerando episódios constantes de inundações urbanas. Tais fenômenos, quando associados à segregação e à exclusão socioespacial mencionadas anteriormente, causam riscos e desastres ambientais urbanos, resultando em perdas de vidas humanas, especialmente daquelas pertencentes à camada da população mais vulnerável das cidades (JACOBI, 2013; QUARESMA et al., 2017; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

Destaca-se também que, globalmente, as cidades são as áreas do planeta que mais contribuem como fontes de gases do efeito estufa. Assim, a maior parte das emissões globais de gases do efeito estufa pode ser atribuída às atividades de produção e de consumo, bem como

ao uso intensivo de recursos e energia nas cidades (KENNEDY; MOHAREB, 2012; SUGAR; KENNEDY; LEMAN, 2012; FERCOVIC; GULATI, 2016). As emissões de gases de efeito estufa (GEEs) são a principal causa das alterações climáticas e, de acordo com Bai, Dawson, Ürge-Vorsatz, Delgado, Salisu Barau, Dhakal, Dodman, Leonardsen, Masson-Delmotte, Roberts e Schultz (2018), 75% desses gases provêm de ações antrópicas relacionadas às atividades nas cidades.

Na esfera econômica, os impactos da urbanização acelerada implicam em gastos elevados com a saúde pública, especialmente relacionados aos problemas causados pela poluição. Além disso, têm-se as despesas inerentes ao combate às enchentes e inundações, que, segundo estudos recentes, acarretam prejuízos financeiros da ordem de centenas de milhões de dólares aos cofres públicos, à indústria e ao comércio (QUARESMA et al., 2017). Todos estes problemas e miasmas urbanos reforçam a necessidade de ações voltadas à mitigação e ao aumento da resiliência urbana diante das mudanças climáticas. Assim, tornam-se necessárias ações que diminuam as emissões dos gases do efeito estufa e que combatam os efeitos produzidos pelas inundações urbanas, diminuindo os riscos e os desastres, bem como contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e para a construção de cidades mais justas.

As cidades necessitam responder aos desafios das mudanças climáticas, tendo em vista que se tratam dos locais onde as alterações do clima se tornam mais perceptíveis. Além disso, as cidades representam as oportunidades de mudança e evolução. Entretanto, é importante mencionar o trabalho de Espíndola e Ribeiro (2020) que buscou analisar se os planos diretores das capitais brasileiras, instituídos após 2015, contribuem para a superação dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Os autores se basearam nos dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como dos sites das prefeituras das capitais brasileiras, e seus resultados permitiram verificar que poucos planos trouxeram diretrizes para as questões climáticas locais, fato que destaca que o referido tema tem recebido pouca atenção por parte das políticas públicas urbanas municipais.

Soluções não cinzas, apesar do aumento de interesse por parte de planejadores e de formuladores de políticas públicas nos últimos anos (BRINK; AALDERS; ÁDÁM; FELLER; HENSELEK; HOFFMANN; IBE; MATTHEY-DORET; MEYER; NEGRUT; RAU; RIEWERTS; VON SCHUCKMANN; TÖRNROS; VON WEHRDEN; ABSON; WAMSLER, 2016), também têm recebido pouca atenção nos projetos e ações de reformas urbanas. Contudo, de acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2020, a adaptação climática e a redução dos riscos de desastres ambientais urbanos, à exemplo das inundações, exigem soluções sustentáveis (UNESCO, 2020).

Nesse contexto, inserem-se as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), as quais têm sido consideradas como soluções viáveis para problemas urbanos, especialmente daqueles relacionados às mudanças climáticas (FRANTZESKAKI, 2019). As SbN podem ser definidas como soluções vivas e sustentadas por processos e estruturas naturais, as quais são projetadas para enfrentar vários desafios ambientais, proporcionando simultaneamente múltiplos benefícios para a economia, sociedade e sistemas ecológicos (EUROPEAN COMMISSION, 2022).

Uma outra definição que merece destaque trata-se da apresentada pela UNESCO (2018), segundo a qual, as Soluções Baseadas na Natureza são aquelas que usam ou simulam processos naturais com vias a reduzir riscos relacionados aos desastres ambientais, contribuindo para melhorias dos aspectos sociais, ambientais e econômicos. Em outros termos, as SbN têm sido adotadas na restauração de fluxos ecológicos nas cidades e como novas soluções de

infraestrutura que aumentam a resiliência de uma cidade (FRANTZESKAKI, 2019).

Contudo, à exemplo do que foi destacado por Kabisch, Korn e Bonn (2016), ainda existe uma carência de estudos sobre Soluções Baseadas na Natureza e que permitam que sejam extraídas lições e aplicações capazes de fundamentar futuras políticas e pesquisas ambientais urbanas, tanto em países desenvolvidos, como em desenvolvimento.

Sendo assim, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa para o presente trabalho: Como as Soluções Baseadas na Natureza têm sido utilizadas para a redução dos gases de efeito estufa e para o combate às inundações em áreas urbanas?

Deste modo, o presente artigo tem como objetivo identificar exemplos de aplicações das Soluções Baseadas na Natureza na redução dos gases do efeito estufa e no combate às inundações em áreas urbanas.

Em relação aos métodos empregados, optou-se por utilizar a Revisão Sistemática de Literatura. Essa abordagem foi escolhida com o objetivo de minimizar o viés na seleção do conjunto documental a ser analisado. Além disso, a revisão sistemática proporcionou uma estrutura lógica para as pesquisas selecionadas, principalmente por meio da realização de análises bibliométricas. A intenção foi garantir que o presente trabalho fosse válido, confiável e passível de reprodução, seguindo rigorosos critérios de revisão e metodologia.

Ademais, espera-se que os exemplos apontados pelo presente artigo possam contribuir para subsidiar futuras políticas públicas voltadas ao planejamento urbano com vias a mitigar os impactos causados pelas Mudanças Climáticas, aumentar a resiliência urbana e reduzir as vulnerabilidades e injustiças socioambientais das cidades.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho identifica-se como um estudo exploratório e de abordagem qualitativa. Para tanto, foram realizadas análises bibliométricas (DONTHU, KUMAR, MUKHERJEE; PANDEY; LIM, 2021) com foco na literatura especializada sobre as Soluções Baseadas na Natureza e suas interfaces com as inundações em áreas urbanas, bem como, com a mitigação dos gases de efeito estufa e seus efeitos decorrentes. Além disso, o corpus documental utilizado para a realização das análises bibliométricas adveio de uma Revisão Sistemática de Literatura (GALVÃO; RICARTE, 2020), a qual serviu de base tanto para selecionar os trabalhos a serem incluídos na análise geral, quanto para explicar os resultados decorrentes das análises bibliométricas.

Dessa forma, para a elaboração da Revisão Sistemática de Literatura, a plataforma *Web of Science* foi utilizada como a principal base de dados para o acesso às pesquisas. No que diz respeito aos critérios de busca na plataforma, levou-se em consideração o campo de pesquisa caracterizado como “tópico”, ou seja, que induz a busca por trabalhos por meio das palavras-chave, dos resumos, das *keywords plus* e dos títulos das publicações. Em relação às *strings* de busca, utilizou-se a seguinte combinação de palavras: "*nature-based solutions*" AND "*Urban flood*", "*nature-based solutions*" AND "*Urban flooding*", "*nature-based solutions*" AND "*Greenhouse Gases*" e "*nature-based solutions*" AND "*CO₂*". Ademais, o Quadro 1 elucida os demais critérios de legibilidade, bem como os critérios de exclusão adotados.

Quadro 1 - Critérios de elegibilidade e de exclusão

| Critérios | Designação |
|------------------------|--|
| Elegibilidade 1 | Artigos com no máximo 03 anos de publicação (2020, 2021 e 2022). |
| Elegibilidade 2 | Apenas pesquisas encontradas na base de dados <i>Web of Science</i> . |
| Elegibilidade 3 | <i>Strings: Nature-based Solutions, Urban Flood, Urban Flooding, Greenhouse Gases e CO₂.</i> |
| Elegibilidade 4 | Campo de busca: Tópico (título, resumo, palavras-chave do autor e <i>Keywords Plus</i>). |
| Elegibilidade 5 | Somente artigos em inglês. |
| Exclusão A | Pesquisas que não utilizaram o estudo de caso como metodologia. |
| Exclusão B | Artigos que não foram disponibilizados na íntegra. |
| Exclusão C | Trabalhos caracterizados como Resumos |
| Exclusão D | Trabalhos que não correlacionaram as Soluções Baseadas na Natureza com as variáveis de análise (<i>Urban Flooding, Urban Flood, Greenhouse Gases e CO₂</i>) |
| Exclusão E | Estudos de caso que não observaram as variáveis de análise em áreas urbanas. |
| Exclusão F | Estudos que propõem Soluções Baseadas na Natureza a partir de modelos simulados. Não observaram casos reais. |

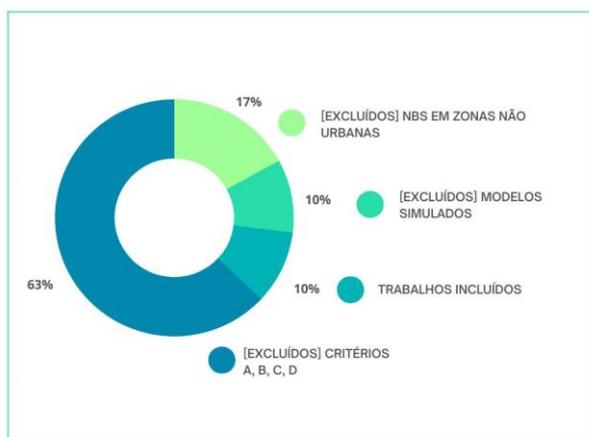
Fonte: OS AUTORES, 2023

Por fim, é importante ressaltar que os resultados decorrentes da aplicação dos critérios de elegibilidade apontaram para um total de 100 produções científicas que advieram desta etapa inicial da Revisão Sistemática de Literatura. Aplicando-se os critérios de elegibilidade e de exclusão, conforme especificados anteriormente, foram selecionados um total de 10 artigos, os quais foram analisados na íntegra no âmbito da presente pesquisa.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Levando-se em consideração o corpus documental advindo da aplicação dos critérios de elegibilidade para a seleção das produções científicas, nota-se a discrepância entre a totalidade dos trabalhos relacionados, e o número final referente às pesquisas incluídas. Isso porque, dos 100 artigos que advieram da busca inicial, após serem submetidos aos critérios de exclusão, 10 compuseram o corpus principal de análise. Sendo assim, com o propósito de discutir a questão, a Figura 1 elucida as principais características intrínsecas às pesquisas excluídas, bem como, os motivos para as exclusões.

Figura 1 - Composição do corpus documental (pesquisas incluídas e excluídas)



Fonte: OS AUTORES, 2023

Tendo em vista o conteúdo exposto pela Figura 1, a princípio, verifica-se a quantidade de trabalhos excluídos que observaram as Soluções Baseadas na Natureza e sua implementação em regiões localizadas para além do perímetro urbano (17%). Esta tendência tem se caracterizado, sobretudo, pela utilização das SbN para o sequestro de gases de efeito estufa em zonas rurais, como também, para a restauração de ambientes naturais, vegetações nativas e reflorestamento, principalmente em regiões abrangidas pelo Canadá e pela Europa Ocidental.

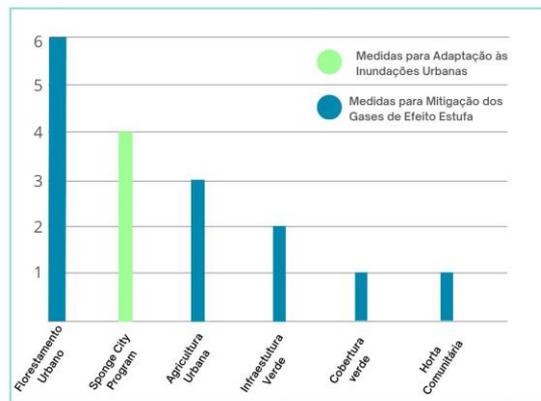
Por outro prisma, mas ainda na seara dos trabalhos excluídos, é possível identificar a quantidade de produções científicas que utilizaram modelos simulados, a partir da realidade concreta das cidades, para proporem ações provenientes de Soluções Baseadas na Natureza, tanto para a mitigação dos gases de efeito estufa na atmosfera, quanto para a adaptação das cidades frente à problemática das inundações urbanas (10%). De modo geral, estes trabalhos buscaram avaliar a implementação das infraestruturas verdes em cidades localizadas em regiões semiáridas, bem como, a utilização de algumas SbN em ambientes fechados, o florestamento de áreas urbanas, e a instalação de coberturas verdes em cidades do Mediterrâneo.

Ademais, os trabalhos excluídos pelos critérios A, B, C e ou D, em linhas gerais, ocuparam a maior porção do gráfico de rosca, ilustrado pela Figura 1. Dessa forma, ao ser levada em consideração a análise do número proposto (63%), tem-se, predominantemente, produções científicas que utilizaram metodologias ligadas a estudos teóricos, sobretudo, revisões de literatura, para explorarem as questões relacionadas às NbS. Além disso, verifica-se também a quantidade significativa de trabalhos que não correlacionaram as variáveis principais de análise (critério D), ou seja, não observaram de forma integrada as SbN, as inundações urbanas e a mitigação dos gases de efeito estufa nas cidades.

Portanto, a análise realizada acerca dos trabalhos excluídos se faz importante para identificar as demais tendências apontadas pelos estudos sobre as Soluções Baseadas na Natureza e que não advieram das conclusões indicadas pela análise dos estudos incluídos, resultantes da aplicação dos critérios metodológicos definidos por este trabalho. Isto posto, o ato de examinar os estudos excluídos, mesmo que de forma superficial, contribui para a criação de cenários, para a aproximação dos leitores ao tema, bem como, para levantar proposições de pesquisas futuras, recomendadas na seção de Conclusão.

Por conseguinte, no que diz respeito às produções científicas incluídas, tais pesquisas também apontam para determinadas tendências que, em um primeiro momento, elucidam as principais medidas que estão sendo adotadas pelas cidades para o tratamento das variáveis de análise. Nesse sentido, a Figura 2 correlaciona as Soluções Baseadas na Natureza propostas pela literatura com suas respectivas aplicabilidades em casos de adaptação às inundações urbanas e de mitigação dos gases de efeito estufa.

Figura 2 - Soluções Baseadas na Natureza e formas de utilização (adaptação e mitigação)



Fonte: OS AUTORES, 2023

Ao ser observada a Figura 2, pode-se inferir que as produções científicas, na maioria dos casos, têm voltado as atenções para a utilização de medidas relacionadas ao florestamento urbano como Solução Baseada na Natureza para lidar com a mitigação dos gases de efeito estufa em ambiente citadino. Nesse sentido, o estudo realizado por Solhanlle Bonilla-Duarte, Yolanny Rojas Mancebo, Alma Liz Vargas-de la Mora e Agustín García-García (2022) examinou a participação cidadã no projeto de manejo de florestas urbanas, como estratégia para orientar as cidades rumo a uma vida mais sustentável e resiliente frente às mudanças climáticas.

Para tanto, o trabalho de Bonilla-Duarte et al. (2022) levou em consideração a percepção dos usuários do *Mirador Sur Park*, localizado em Santo Domingo (República Dominicana), sobre a qualidade do ar na região. Atualmente, o parque está inserido no Plano de Ordenamento Territorial do país (POT), o qual prevê, entre outras ações, a orientação para a geração de infraestrutura urbana que possa acompanhar o crescimento e desenvolvimento da cidade, tendo como foco principal, a adaptação às mudanças climáticas e a avaliação dos atributos naturais existentes na cidade (BONILLA-DUARTE et al., 2022).

Como resultado, o estudo concluiu que os serviços ecossistêmicos relacionados à melhoria da qualidade do ar tiveram sua eficácia comprovada pelo *Software i-Tree*, com base em estimativas quantitativas de remoção dos gases poluentes atmosféricos. Além disso, a análise dos resultados sobre a percepção dos frequentadores do *Mirador Sur Park* coincide com os resultados advindos da utilização do *Software*, ou seja, a boa qualidade do ar mensurada no parque também é percebida pela população que utiliza o local.

De modo semelhante, Levan Alpaidze e Rocco Pace (2021) quantificaram, por meio do *i-Tree Eco Model*, os principais serviços ecossistêmicos providos pelas florestas urbanas em dois parques em Tbilisi (Geórgia): o EXPO Park (que conta com um número total de 694 árvores) e o RED Park (com 1030 árvores). Os resultados da pesquisa indicaram que as florestas urbanas armazenam grandes quantidades de carbono em seus tecidos lenhosos (198,4 toneladas relativas ao EXPO Park e 126,5 toneladas para o RED Park), além de sequestrarem, anualmente, cerca de 4,6 e 4,7 toneladas de CO₂, respectivamente. Os referidos parques também removem, em média, de 90,3 a 119,6 kg de poluentes atmosféricos (CO, NO₂, O₃, PM_{2,5}, SO₂) e reduzem o escoamento de água, 269,5 e 200,5 m³, na devida ordem (ALPAIDZE; PACE, 2021). Para os autores, esta análise destaca o papel fundamental das florestas urbanas na melhoria da sustentabilidade ambiental da cidade de Tbilisi e fornece um importante suporte de decisão para a seleção de espécies de árvores nesta área geográfica (ALPAIDZE; PACE, 2021).

Ainda sobre o tema, o trabalho elaborado por Zhaohua Cheng, Sophie Nitoslawski, Cecil Konijnendijk van den Bosch, Stephen Sheppard, Lorien Nesbitt e Cynthia Girling (2021) ratificou o importante papel exercido pelas florestas urbanas na atualidade, tendo em vista que estão ganhando cada vez mais reconhecimento como Solução Baseada na Natureza para o gerenciamento dos efeitos advindos das mudanças climáticas, tanto por meio dos benefícios que fornecem em relação ao sequestro de carbono, quanto na seara da regulação da temperatura (CHENG et al., 2021).

À vista disso, a pesquisa buscou identificar se, e/ou em que medida, as florestas urbanas e as políticas relacionadas às mudanças climáticas se apoiam e se reforçam mutuamente, sendo conduzida uma revisão sobre as mudanças climáticas e as políticas florestais urbanas nas 20 maiores cidades do Canadá (CHENG et al., 2021). Apesar de, atualmente, a grande maioria dos canadenses se relacionar com as árvores e florestas em áreas urbanas (inclusive, residenciais), pátios, parques, paisagens arborizadas, como também, em espaços urbanos verdes institucionais e comerciais (campos de golfe e cemitérios), conclui-se que ainda há lacunas e discrepâncias significativas entre as políticas adotadas (entre, e dentro das cidades de estudo), indicando potenciais fraquezas relacionadas com a falta de engajamento dos *stakeholders*, integração entre as políticas, colaboração e comunicação departamental e coesão na definição de prioridades e práticas de gerenciamento sobre o assunto.

Por outra perspectiva, Muhammad Zubair, Ghulam Yasin, Sehrish Khan Qazlbash, Ahsan Ul Haq, Akash Jamil, Muhammad Yaseen, Shafeeq Ur Rahman e Wei Guo (2022) se propuseram a avaliar o papel das espécies arbóreas na mitigação das emissões atmosféricas de carbono nas imediações de vários locais industriais, no distrito semiárido de Multan, na província de Punjab (Paquistão). Para tanto, três diferentes unidades industriais foram selecionadas para a coleta de dados (tecelagem, olaria e cosmética), levando-se em consideração 100 m² de área interna das indústrias, bem como, 100 m² de área externa (ZUBAIR et al., 2022).

Os resultados concluíram que, em todas as três indústrias selecionadas, a Moringa Oleifera (popularmente conhecida como, acácia-branca) apresentou biomassa total mais alta, tanto em ambiente interno, quanto externo (2,58, 0,56 e 4,57 mg/ ha) (ZUBAIR et al., 2022). Em termos de estoque total de carbono e sequestro de carbono no interior de estabelecimentos industriais, o *Syzygium cumini* (jamelão) demonstrou valores mais dominantes em relação à indústria de tecelagem (2,82 e 10,32 mg/ ha) e olaria (3,78 e 13,5 mg/ ha) (ZUBAIR et al., 2022). Já nos locais caracterizados pela atividade de indústrias cosméticas, o *Eucalyptus camaldulensis* apresentou maior proeminência no estoque e sequestro de carbono (7,83 e 28,70 mg/ ha) (ZUBAIR et al., 2022). Por fim, dentre outras observações, o estudo concluiu que as espécies de árvores florestais, presentes dentro e fora do entorno de diversas indústrias, têm forte potencial de mitigação dos gases de efeito estufa presentes na atmosfera.

Por conseguinte, outro estudo que examinou o florestamento urbano como Solução Baseada na Natureza para a mitigação dos gases de efeito estufa na atmosfera foi o elaborado por Eleni Feleki e Nicolas Moussiopoulos (2021). Nesse sentido, o trabalho de Feleki e Moussiopoulos (2021) buscou identificar políticas de mudanças climáticas que estão sendo praticadas por cidades localizadas na região do Mar Mediterrâneo, haja vista que, tais cidades, em linhas gerais, estão vulneráveis aos efeitos das alterações do clima, sofrendo com problemas

ligados à escassez de água, secas, incêndios florestais e ondas de calor (FELEKI; MOUSSIOPOULOS, 2021).

Como exemplo, os autores trouxeram à tona o *Trees Master Plan 2016–2035* (Barcelona, Espanha), que tem como objetivo geral manter as florestas urbanas bem manejadas, saudáveis e biodiversas, para que possam ser adicionados novos corredores verdes, bem como, mitigados os efeitos intrínsecos às ilhas de calor em perímetro urbano (FELEKI; MOUSSIOPOULOS, 2021). Dessa maneira, a quantidade e a qualidade das árvores são fatores que vêm ganhando importância na cidade de Barcelona nas últimas décadas, sobretudo, a o exercerem seu papel na redução do CO₂ atmosférico.

O estudo realizado por Feleki e Moussiopoulos (2021), ainda no que diz respeito à seara do florestamento urbano, apontou para outro caso importante que se refere à junção de dois parques localizados em Atenas, na Grécia, por meio de corredores verdes arborizados. Segundo os autores, a ideia principal do projeto seguiu em direção a unir os parques Pedion Areose Lofos Likavitou, trazendo de volta a vegetação nativa a uma localidade que já costumava ser uma zona verde, sobretudo no exterior das antigas muralhas de Atenas (FELEKI; MOUSSIOPOULOS, 2021). Estes corredores verdes são formados por: 1) árvores já existentes e preservadas; 2) novas árvores adicionadas; 3) piso contínuo ao longo de todo o projeto e; 4) atividade artificial/bioclimáticas de árvores criadas (FELEKI; MOUSSIOPOULOS, 2021).

Sob outra perspectiva, no que tange às demais SbN relacionadas à mitigação dos gases de efeito estufa, e que estão representadas pela Figura 2, o mencionado trabalho de Feleki e Moussiopoulos (2021) também analisou algumas destas soluções, principalmente por meio de estudos de caso concernentes às cidades de Aix-En-Provence (França), Alicante (Espanha), Amman (Jordânia), Cairo (Egito), Jericho (Palestina) e o *Bouregreg Valley Development Project*, em cidades marroquinas. As temáticas acerca das medidas adotadas por tais cidades estão atreladas à utilização de Soluções Baseadas na Natureza para lidarem com os problemas causados pelos *greenhouse gases*, tais como, a criação de hortas comunitárias (Aix-En-Provence), coberturas verdes (Alicante), agricultura urbana (Amman e Cairo) e um projeto mais robusto de implementação de infraestruturas verdes, o *Bouregreg Valley Development Project* (FELEKI; MOUSSIOPOULOS, 2021).

Por outro lado, o estudo realizado por Vidya Anderson e William A. Gough (2021) buscou elucidar novas descobertas advindas de um estudo de campo em Ontário, Canadá, avaliando o impacto de aplicações produtivas de infraestrutura verde (sistemas de cobertura verde, agricultura urbana e sistemas de agrossilvicultura) na poluição atmosférica e nas concentrações de dióxido de carbono em diferentes morfologias agrícolas, em comparação com outras aplicações de infraestrutura verde não produtivas (sistemas de coberturas verdes, jardins verticais, e sistemas de florestamento urbano) (ANDERSON; GOUGH, 2021). Os locais escolhidos para a coleta de dados foram: 1) o Centro Instrucional do campus da Universidade de Toronto, no subúrbio de Scarborough; 2) a *Carrot Common*, companhia alimentícia situada à leste de Toronto e; 3) o *Guelph Agroforestry Research Station*, pertencente a Universidade de Guelph.

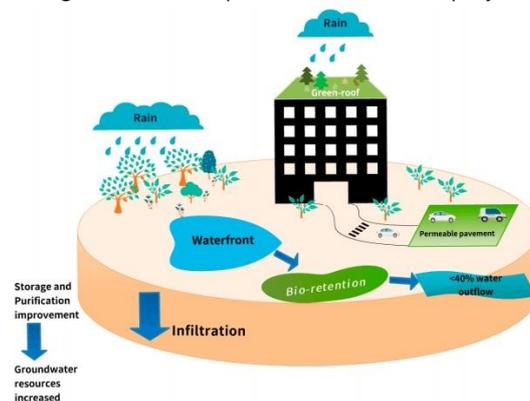
Sendo assim, os resultados indicaram que as análises advindas da coleta de dados realizadas durante os estudos de campo confirmaram a hipótese de que as aplicações produtivas de infraestruturas verdes são tão efetivas quanto as aplicações não produtivas, quando se trata da mitigação dos gases poluentes atmosféricos (ozônio -O₃ e dióxido de nitrogênio -NO₂), bem como, no que se refere à capacidade de sequestro de carbono em diferentes morfologias

agrícolas na cidade de Toronto (ANDERSON; GOUGH, 2021). Em termos gerais, todas as aplicações de infraestrutura verde demonstraram um impacto positivo na redução das concentrações de CO₂ em diferentes ambientes agrícolas, afirmação ratificada pelas análises estatísticas elaboradas pelo trabalho.

A pesquisa realizada por Anderson e Gough (2021), no entanto, foi a última produção científica incluída que examinou as Soluções Baseadas na Natureza pelo ponto de vista da mitigação dos gases de efeito estufa em ambientes urbanos. Destarte, o foco desta Revisão Sistemática de Literatura incidirá sobre a importância das SbN para a resolução dos problemas decorrentes das inundações em áreas urbanas, sobretudo, como ilustrado pela Figura 2, por meio do *Sponge City Program (SCP)*, em cidades chinesas. Neste sentido, após a seleção dos trabalhos incluídos, verificou-se que, desde o ano de 2020, o projeto foi o único abarcado pelas produções científicas que observaram as SbN e as inundações urbanas com base em casos reais.

Dessa forma, o trabalho de Yunfei Qi, Faith Ka Shun Chan, Colin Thorne, Emily O'Donnell, Carlotta Quagliolo, Elena Comino, Alessandro Pezzoli, Lei Li, James Griffiths, Yanfang Sang, e Meili Feng (2020) buscou elucidar os objetivos do programa, sua interface com as Soluções Baseadas na Natureza e, posteriormente, quais abordagens relacionadas às SbN poderiam ser incluídas ao projeto, para assim, solucionar os problemas inerentes às inundações urbanas e aos demais desafios ambientais. Segundos os autores, o SCP foi elaborado em 2013, como a nova estratégia urbana para o desenvolvimento sustentável na China (QI et al., 2020). O conceito principal faz alusão ao “*Water Town*”, antiga prática chinesa que utilizava o conceito de “esponja” para a implementação de práticas de absorção da água durante as tempestades e sua liberação após o processamento pelo solo e ou pelo próprio sistema cinza de escoamento urbano, operando de forma semelhante a uma esponja (QI et al., 2020). Neste sentido, a Figura 3 ilustra a forma principal de funcionamento das cidades-esponjas.

Figura 3 - Modus operandi das cidades-esponja



Fonte: OS AUTORES, 2023

Com base na Figura 3, observa-se a utilização de pontos de escoamento para as águas pluviais, em especial, por meio de soluções verdes que permitem a infiltração da água pelo solo. Os autores, nesta perspectiva, demonstraram que as Soluções Baseadas na Natureza, juntamente com outras soluções cinzas, podem ser utilizadas por meio de pavimentos permeáveis, cimentos permeáveis, asfaltos permeáveis, coberturas verdes, espaços verdes afundados, bio-detenção simples, bio-detenção integrada, lagoas permeáveis, zonas húmidas de águas pluviais, piscinas de apreensão de água, tanques de águas pluviais, lagoas reguladoras,

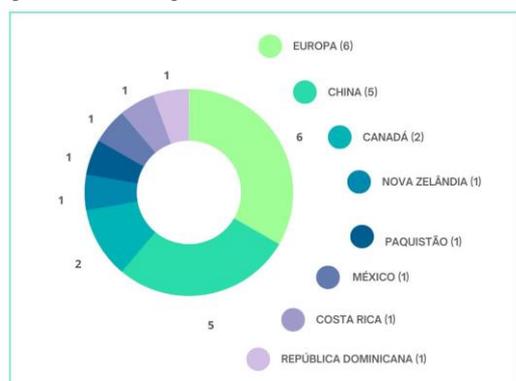
piscinas reguladoras, valas de grama tipo transferência, valas de grama seca, valas de grama molhada, tubos permeáveis, zonas tampão de vegetação, solos de infiltração artificial, dentre outras medidas (QI et al., 2020).

Ainda em relação ao *Sponge City Program*, Guangtao Fu, Chi Zhang, Jim W. Hall e David Butler (2022), se propuseram a elaborar um roteiro para o próximo estágio de desenvolvimento das cidades-esponja, que desempenham um papel fundamental no enfrentamento de eventos extremos de tempestade e na adaptação às mudanças climáticas nas cidades (FU et al., 2022). Como conclusão, os autores indicaram que as cidades-esponja representam uma mudança de paradigma na gestão sustentável da água por meio da integração de sistemas azul-verde com infraestrutura cinza tradicional e, de maneira geral, são eficazes para a redução do risco de inundação (FU et al., 2022).

Destacam-se ainda dois últimos trabalhos que abordaram o *Sponge City Program* pelo prisma das SbN em ambiente urbano. O primeiro trata-se do estudo realizado por Yunfei Qi, Faith Ka Shun Chan, Emily C. O'Donnell, Meili Feng, Yanfang Sang, Colin R. Thorne, James Griffiths, Lingyun Liu, Sitong Liu, Chunqian Zhang, Lei Li e Dimple Thadani (2021), o qual teve como objetivo analisar a primeira fase do SCP (2015 a 2020), por meio de observações, entrevistas semiestruturadas (SSI) e abordagens de grupo focal (FGA), no contexto da cidade de Gui'na New District, na China (Qi et al, 2021). O segundo, trata-se do estudo de Jun Zhai, Jing Ren, Miao Xi, Xiaonan Tang e Yixin Zhang (2021), que procurou utilizar uma abordagem abrangente por meio das plataformas ArcGIS e SWMM, com vias de estudar a configuração espacial e a implementação do gerenciamento de águas pluviais em escala múltipla, na Cidade de Hefei, China (ZHAI et al., 2021).

Por fim, antes de ser encerrada esta seção de apresentação e discussão dos resultados, faz-se importante, ainda, a ratificação de uma tendência que já vêm sendo observada por estudos anteriores e que, de modo semelhante, se confirmou com a presente Revisão Sistemática de Literatura: a proeminência de estudos elaborados por autores ligados à Europa e à China. Sob tal perspectiva, com a finalidade de se discutir a questão, a Figura 5 ilustra a quantidade de autores por país/região, no que diz respeito às pesquisas incluídas por este trabalho.

Figura 5 - País/ Região dos autores dos estudos incluídos



Fonte: OS AUTORES, 2023

O conteúdo exposto pela Figura 5 demonstrou que os estudos incluídos acerca das Soluções Baseadas na Natureza e as variáveis de análise, na maioria dos casos, foram produzidos

por pesquisadores correspondentes à China e à países europeus. Até mesmo em trabalhos que não possuíam estudos de caso relacionados a estas regiões, de modo geral, observou-se a presença de pesquisadores advindos, especialmente, da China, da Itália e do Reino Unido. Portanto, além do exposto pela Figura 5, ao longo desta seção foi possível identificar outros atores, tendências e características intrínsecas a utilização das Soluções Baseadas na Natureza para o tratamento de questões referentes às inundações urbanas e à mitigação dos gases de efeito estufa e de seus efeitos decorrentes.

4. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados da pesquisa, em um primeiro momento, conclui-se que as Soluções Baseadas na Natureza, embora possam ser vistas como um caminho importante e que segue em direção ao desenvolvimento sustentável e às diretrizes pautadas pela governança global, ainda necessitam de mais esforços para a sua implementação, sobretudo em ambientes urbanos e em regiões periféricas extrínsecas à Europa. Essas regiões, de modo geral, são afetadas em maior grau pelos efeitos adversos das mudanças climáticas, especialmente, devido à falta de planejamento urbano adequado que acompanhasse a velocidade de seu processo de urbanização. Este cenário, portanto, culminou com a aparição de graves problemas de natureza socioambiental.

Em consequência, observa-se a quantidade relevante de produções científicas que elaboraram modelos simulados para a utilização de Soluções Baseadas na Natureza a partir da realidade concreta das cidades. Dessa forma, conclui-se que, em âmbito acadêmico, as Soluções Baseadas na Natureza estão tendo sua relevância reconhecida pela literatura especializada que abrange o tema. Sendo assim, esses estudos fomentaram a utilização das SbN para a mitigação dos gases de efeito estufa na atmosfera e das inundações em áreas urbanas, haja vista os impactos positivos que foram mensurados pela modelagem entre as variáveis estudadas no âmbito das cidades.

Por outro lado, sobretudo pelo contexto inerente à pandemia do novo coronavírus, nota-se que alguns municípios e estados federados têm encontrado formas alternativas para lidarem com diversas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável e aos problemas socioambientais em nível urbano. As atividades paradiplomáticas, principalmente por meio de cooperações técnicas, podem ser elucidadas sob tal propósito. Dessa forma, para a implementação de políticas relacionadas às Soluções Baseadas na Natureza em áreas urbanas, este trabalho estimula o exercício da paradiplomacia pelos tomadores de decisão, especialmente, entre os entes subnacionais sino-brasileiros, tendo em vista a expertise dos chineses com o *Sponge City Program* e a forte relação comercial já estabelecida entre os atores descentralizados de ambos os países, sobretudo, se observado o caso de São Paulo e Xangai ao longo da pandemia de COVID-19, no que se refere à compra e à produção de vacinas pelo Instituto Butantan e a biofarmacêutica chinesa, *Sinovac Life Science*.

Esta proposta se justifica pois, de forma mais abrangente, as políticas públicas estimuladas pela governança global, em especial, no seio das principais Organizações Intergovernamentais, têm sido direcionadas para além da ratificação dos compromissos acerca do desenvolvimento sustentável por parte dos estados-nação. Dessa forma, tais diretrizes promovem a descentralização de medidas referentes à adaptação e à mitigação dos efeitos concernentes às mudanças climáticas, a participação de atores subnacionais nos fóruns de

discussão sobre o tema, bem como, práticas conjuntas para o manejo de problemas nessa seara, como disposto no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 17, por meio de parcerias globais. Portanto, esta afirmação vai ao encontro da ideia proposta por Barnett e Sikkink (2008), ao entender que o Sistema Internacional caminha cada vez mais em direção a uma Sociedade Global, em detrimento à anarquia.

Ademais, no que diz respeito às limitações deste trabalho, as variáveis de análise adotadas aqui, em linhas gerais, não contemplaram todas as esferas em que as Soluções Baseadas na Natureza poderiam ser implementadas. Sendo assim, apesar de a pesquisa contribuir para o campo da Biogeografia, sobretudo ao elucidar as questões intrínsecas aos ecossistemas naturais e às atividades antrópicas em áreas urbanas, sugere-se, para pesquisas futuras, tratar de maneira holística a utilização das SbN em correlação com as mudanças climáticas, especialmente em temas concernentes às ilhas de calor, ao sequestro de carbono em áreas rurais, a modelos simulados sobre a utilização das Soluções Baseadas na Natureza, entre outros.

Contudo, espera-se que os exemplos de aplicações de Soluções Baseadas na Natureza apresentados no âmbito do presente estudo contribuam para o avanço das pesquisas sobre a utilização de soluções não cinza à mitigação dos problemas urbanos associados às mudanças climáticas, bem como ao embasamento de futuras políticas públicas e de projetos e ações de reformas urbanas que visem a construção de cidades mais resilientes e justas do ponto de vista socioambiental.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPAIDZE, L.; PACE, R. Ecosystem Services Provided by Urban Forests in the Southern Caucasus Region: A Modeling Study in Tbilisi, Georgia. *Climate*, 9(11), 157, 2021. <https://doi.org/10.3390/cli9110157>.

ANDERSON, V.; GOUGH, W. A. Nature-Based Resilience: A Multi-Type Evaluation of Productive Green Infrastructure in Agricultural Settings in Ontario, Canada. *Atmosphere*, 12(9), 1183, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12091183>.

BAI, X. et al. Six research priorities for cities and climate change. *Nature*, 555(7694), 23–25, 2018. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-02409-z>.

BARNETT, M. N.; SIKKINK, K. From International Relations to Global Society. **Oxford University Press**, 2008. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199219322.003.0003.

BONILLA-DUARTE, S. et al. Perception of Ecosystem Services and Adaptation to Climate Change: Mirador Sur Park in Santo Domingo. *Forests*, [S.l.], v. 13, n. 4, p. 587, 2022. DOI: 10.3390/f13040587.

BRINK, E. et al. Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change*, [S.l.], v. 36, p. 111–123, 2016. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003.

CHENG, Z. et al. Alignment of municipal climate change and urban forestry policies: A Canadian perspective. *Environmental Science & Policy*, [S.l.], v. 122, p. 14–24, 2021. DOI: 10.1016/j.envsci.2021.04.005.

DAUBNER, P.; MIHÁLY, R. Globálna Klimatická Kríza A Neoliberálny Kapitalizmus: Filozofická Perspektíva. *Political Sciences/Politické Vedy*, v. 1, 2022.

DONTHU, N. et al. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, v. 133, p. 285–296, 2021.

ESPÍNDOLA, I. B.; RIBEIRO, W. C. Cidades e mudanças climáticas: desafios para os planos diretores municipais brasileiros. *Cadernos Metrópole*, [S.l.], v. 22, n. 48, p. 365–396, 2020. DOI: 10.1590/2236-9996.2020-4802.

EUROPEAN COMMISSION. **Nature-based solutions. Research and innovation**, [S.l.]. Disponível em: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/nature-based-solutions_en.

FELEKI, E.; MOUSSIOPOULOS, N. Setting Emission Reduction Trajectories in Mediterranean Cities with the Use of Science-Based Targets: The Pathway towards Climate Neutrality and the Ambitious European Goals by 2050. **Atmosphere**, [S.l.], v. 12, n. 11, p. 1505, 2021. DOI: 10.3390/atmos12111505.

FERCOVIC, J.; GULATI, S. Comparing household greenhouse gas emissions across Canadian cities. **Regional Science and Urban Economics**, v. 60, p. 96–111, 2016. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2016.06.010.

FRANTZESKAKI, N. Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. **Environmental Science & Policy**, 93, 101–111, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.033>.

FU, G. et al. Are sponge cities the solution to China's growing urban flooding problems? **WIREs Water**, 2022. <https://doi.org/10.1002/wat2.1613>.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática da Literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia Da Informação**, 6(1), 57–73, 2019. <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa (4a ed.)**. São Paulo: Atlas, 2002.

JACOBI, P. São Paulo metrópole insustentável—como superar esta realidade? **Cadernos Metrópole**, 15(29), 219–239, 2013.

JHA, A. et al. Cidades e Inundação: Um Guia para a Gestão Integrada de Inundação Urbanas para o Século XXI. **The World Bank**, 2012, 1–54.

KABISCH, N. et al. Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas—Linkages Between Science, Policy and Practice. In: LOORBACH et al. (orgs). **Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions** (pp. 1–11). Springer International Publishing, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_1.

KENNEDY, C. et al. Cities reducing their greenhouse gas emissions. **Energy Policy**, 49, 774–777, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.030>.

LÓPEZ MARTÍNEZ, A. Segregación socioespacial bajo el nuevo modelo de ciudad en América Latina. Características, perspectivas e implicaciones. **Hallazgos**, 15(30), 99–124, 2018. <https://doi.org/10.15332/2422409x.4805>.

MARICATO, E. Para entender a crise urbana. **CaderNau**, 8(1), 11–22, 2015.

MENDES, M. V. I. Mudança global do clima as cidades no Antropoceno: escalas, redes e tecnologias. **Cadernos Metrópole**, 22(48), 343–364, 2020. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4801>.

ONU, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. **World Urbanization Prospects: Organização das Nações Unidas: The 2018 Revision, Online Edition**, 2018.

POWERS, M. C. F.; ENGSTROM, S. Radical Self-Care for Social Workers in the Global Climate Crisis. **Social Work**, 65(1), 29–37, 2019. <https://doi.org/10.1093/sw/swz043>.

QI, Y. et al. Exploring the Development of the Sponge City Program (SCP): The Case of Gui'an New District, Southwest China. **Frontiers in Water**, 3, 2021. <https://doi.org/10.3389/frwa.2021.676965>.

QI, Y. et al. Addressing Challenges of Urban Water Management in Chinese Sponge Cities via Nature-Based Solutions. **Water**, 12(10), 2788, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12102788>.

QUARESMA, et al. A crise de mobilidade urbana brasileira e seus antecedentes socioespaciais. In: CORTESE, T. T. P.; KNISS, C. T.; MACCARI, E. A. (Eds.). **Cidades inteligentes e sustentáveis**. Editora Manole, p.176, 2017.

SANTOS, A. P. et al. O lugar dos pobres nas cidades: exploração teórica sobre periferização e pobreza na produção do espaço urbano Latino-Americano. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 9(3), 430–442, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.003.ao04>.

SPOSITO, M. E. B. Segregação socioespacial e centralidade urbana. In: VASCONCELOS, P. M.; CORRÊA, R. L.; PINTAUD, S. M. (orgs). **A cidade contemporânea: segregação espacial** (pp. 61–93). Contexto, 2013.

SUGAR, L.; KENNEDY, C.; LEMAN, E. Greenhouse Gas Emissions from Chinese Cities. **Journal of Industrial Ecology**, 16(4), 552–563, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00481.x>.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018: nature-based solutions for water**. Organização das Nações Unidas, 2018.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: água e mudança climática**. Organização das Nações Unidas, 2020.

ZHAI, J. et al. Multiscale watershed landscape infrastructure: Integrated system design for sponge city development. **Urban Forestry & Urban Greening**, 60, 127060, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127060>.

ZUBAIR, M. et al. Carbon Sequestration by Native Tree Species around the Industrial Areas of Southern Punjab, Pakistan. **Land**, 11(9), 1577, 2022. <https://doi.org/10.3390/land11091577>.