ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

INFRAESTRUTURAS VERDES E AZUIS COMO ESTRATÉGIA PROJETUAL DE CIDADES MAIS INTELIGENTES

GOMES, Maria Vitória Ribeiro
(maria.gomes@fau.ufrj.br)
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROARQ/UFRJ), Brasil

VERÓL, Aline Pires
(alineverol@fau.ufrj.br)
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROARQ/UFRJ), Brasil

MIGUEZ, Marcelo Gomes
(marcelomiguez@poli.ufrj.br)
Programa de Engenharia Urbana (PEU/UFRJ); Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ); e Programa de Engenharia Civil (PEC/UFRJ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Infraestrutura verde e azul, cidades inteligentes, planejamento urbano, análise bibliométrica.

RESUMO

O processo de crescimento urbano, apesar de significativo para o desenvolvimento econômico das populações, enfatizou também os desafios relacionados à falta de planejamento urbano integrado às dinâmicas do ambiente natural. Nesse contexto, ao serem considerados os desafios vinculados às mudanças climáticas, à perda de qualidade de vida nas cidades e, mais recentemente, à pandemia de COVID-19, conceitos como "infraestrutura verde e azul" e "cidades inteligentes" têm ganhado visibilidade como possíveis estratégias de enfrentamento destas questões, melhorando, inclusive, a sustentabilidade das cidades. Apesar de estudos recentes apresentarem um consenso quanto à possibilidade de incorporação de infraestruturas verdes e azuis no planejamento de cidades inteligentes, ainda é percebido um maior interesse nas finalidades tecnológicas deste segundo conceito, negligenciando a possibilidade de se explorar como as cidades podem se tornar mais inteligentes ao se tornarem mais verdes. Portanto, devido à falta de referências bibliográficas que tratam simultaneamente dos dois conceitos, o presente trabalho apresenta a seguinte questão: quais as atuais conexões entre as infraestruturas verdes e azuis e as cidades inteligentes? Com a finalidade de responder a esta pergunta, uma análise bibliométrica é realizada no *software* gratuito VOSviewer, onde as principais palavras-chaves que permeiam os dois conceitos podem ser avaliadas de acordo com suas conexões. A análise bibliométrica gerou quatro grupos de associação entre as cidades inteligentes e suas palavras-chaves de maior conexão. Este resultado, por sua vez, conduziu a uma segunda pergunta: como as infraestruturas verdes e azuis podem ser incorporadas para melhorar as atuais conexões com as cidades inteligentes? Com o intuito de responder a esta questão, a seção de discussão apresenta uma breve revisão bibliográfica. Por fim, é reconhecido que a natureza e as soluções tecnológicas podem agir de forma complementar, auxiliando no alcance da sustentabilidade e no apoio à tomada de decisões.

1. INTRODUÇÃO

O processo de crescimento urbano desordenado e a falta de planejamento integrado às dinâmicas da natureza são responsáveis por aumentar os desafios voltados para as perdas em serviços ambientais, valores culturais e de qualidade de vida nas cidades (MIGUEZ *et al.*, 2019), sendo estes ainda mais intensificados quando considerados os impactos decorrentes das mudanças climáticas. Ao mesmo tempo, tendo em vista a falta de motivação política para investir em espaços verdes urbanos, especialmente nos países em desenvolvimento (TURAGA *et al.*, 2019), preocupações relacionadas à degradação do ambiente natural também são cada vez mais urgentes, o que destaca a necessidade de adaptação das cidades para acomodar as futuras gerações com qualidade de vida. No intuito de enfrentar estes desafios, conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável ganham cada vez mais importância como estratégia de planejamento urbano, resultando no estudo de abordagens ecológicas que reconhecem os benefícios e os potenciais serviços que o meio ambiente pode proporcionar (GAZZOLA; DEL CAMPO; ONYANGO, 2019). Nesse sentido, conceitos como "cidades inteligentes" e "infraestruturas verdes e azuis" têm sido difundidos como estratégias capazes de auxiliar na melhora da qualidade de vida.

Uma cidade inteligente pode ser definida como um ambiente urbano que utiliza tecnologias digitais, como as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), para melhorar o desempenho das operações regulares da cidade e a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, garantindo a disponibilidade de recursos para as gerações presentes e futuras em termos sociais, econômicos e ambientais (SILVA; KHAN; HAN, 2018). Arafah e Winarso (2017) destacam que o conceito surge na década de 2000, com foco na caracterização de cidades digitais, e evolui para um conceito que insere na definição de cidades com alta qualidade de vida. Além disso, os autores complementam que, apesar de se tratar de um conceito amplamente disseminado, sua definição ainda não é consolidada devido às múltiplas definições e interpretações que envolvem a "inteligência" de uma cidade. No entanto, para fins deste estudo, entende-se que as cidades inteligentes são aquelas que utilizam tecnologias para contribuir com o planejamento urbano sustentável; identificando modelos de gestão inovadores que visem o uso eficiente dos recursos naturais disponíveis, além de abordagens sistêmicas e resilientes (MORACI *et al.*, 2018).

De acordo com Bibri e Krogstie (2017), diversas tecnologias avançadas têm sido desenvolvidas e aplicadas em resposta à urgência de lidar com a complexidade do conhecimento necessário para integrar sistemas urbanos e facilitar a colaboração no planejamento inteligente. Entretanto, Anguluri e Narayanan (2017) observam que muitos estudos enfocam em tais tecnologias avançadas, mas não discutem a maneira como as cidades podem se tornar inteligentes por meio dos espaços verdes ou da sustentabilidade, ou ainda, negligenciam a possibilidade de interdependência entre natureza e tecnologia. Assim, a pesquisa propõe o reconhecimento de conceitos voltados para sustentabilidade que possam ser incorporados ao planejamento de cidades inteligentes.

O conceito de infraestrutura verde e azul, por exemplo, é comumente utilizado para designar todas as soluções baseadas na natureza que visam aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas, utilizando técnicas de mitigação e adaptação capazes de enfrentar tais efeitos (PERINI; SABBION, 2017). A noção de utilização de espaços verdes e azuis como sistema de planejamento desenvolve novas maneiras de conceber e moldar o ambiente humano e natural, considerando futuras transformações e a adaptação da natureza em áreas altamente urbanizadas (BACCHIN *et al.*, 2014). Desta forma, tais soluções proporcionam uma abordagem sistêmica para proteger os ecossistemas em áreas urbanas (TURAGA *et al.*, 2019; WENDLING *et al.*, 2018), aliviando os sistemas convencionais de drenagem, oferecendo benefícios diversos, e possibilitando o uso dos espaços verdes pela população (O'DONNELL; LAMOND; THORNE, 2017).

Um maior interesse a respeito das principais relações entre cidades verdes e inteligentes têm crescido na literatura ao longo dos últimos anos, o que comprova a possibilidade de união entre sustentabilidade e tecnologia. Gazzola, Del Campo e Onyango (2019) exploram as correlações entre "se tornar verde" e "se tornar inteligente", tendo como objetivo refletir se os caminhos de ambos os conceitos convergem ou divergem quanto ao desenvolvimento sustentável. Machác, Louda e Dubová (2016) exploram as relações entre cidades inteligentes e infraestruturas verdes e azuis a partir da utilização de um telhado verde como estudo de caso para comprovação dos benefícios voltados para redução do consumo de energia, redução da emissão de gases poluentes e ganhos ecossistêmicos. Kaluarachchi (2021) explora a maneira como as soluções baseadas na natureza e na tecnologia podem auxiliar as cidades no alcance de benefícios ambientais e socioeconômicos, utilizando os conceitos de infraestrutura cinza, verde e inteligente.

2. OBJETIVOS

Apesar de estudos recentes se voltarem para o campo de interesse aqui abordado, o número de contribuições ainda é escasso quando considerada a relação entre cidades inteligentes e infraestruturas verdes e azuis, demonstrando que novas possibilidades podem ser exploradas. Assim, o trabalho é movido pela seguinte questão: quais as atuais conexões entre as infraestruturas verdes e azuis e as cidades inteligentes? Com a finalidade de responder a esta pergunta, o artigo tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica no *software* gratuito VOSviewer, onde as principais palavras-chaves que permeiam os dois conceitos são avaliadas de acordo com o seu número de conexões. A partir dos resultados obtidos, uma breve revisão de literatura irá levantar como as infraestruturas verdes e azuis podem ser incorporadas como solução projetual, auxiliando no aumento de conexões com as cidades inteligentes. As recomendações finais visam guiar estudos futuros, auxiliando em um maior número de publicações voltadas para ambos os campos.

3. MÉTODO

Com o objetivo de responder a primeira pergunta desta pesquisa (quais as atuais conexões entre as infraestruturas verdes e azuis e as cidades inteligentes?), o método deste trabalho é baseado em estudo bibliométrico, utilizando o *software* gratuito VOSviewer. A ferramenta em questão é amplamente adotada para a criação e a exploração de mapas de correlação, utilizando como base os dados disponibilizados em bancos de dados acadêmicos, como Scopus e Web of Science (VAN ECK; WALTMAN, 2021). No *software*, os objetos escolhidos para análise, ou *itens*, são representados por círculos de tamanhos variados, que aumentam de tamanho conforme seu número de ocorrências. Estes círculos, por sua vez, apresentam *links*, ou seja, linhas de maior ou menor espessura, que indicam a força entre as conexões ou relações entre *itens*. *Itens* com maiores relações entre si são agrupados por meio de grupos, ou *clusters*. Portanto, adotou-se como *item* de avaliação as palavras-chaves que permeiam os conceitos de "infraestrutura verde e azul" e "cidades inteligentes", com o objetivo de compreender suas maiores conexões e ocorrências.

Na Base Scopus, a busca pela palavra-chave "smart cit*" (onde o asterisco em cit* significa as terminações *city* ou *cities*) resultou em um total de 30.657 resultados datados entre 1984 e 2022. Devido ao grande número de resultados obtidos, optou-se por limitar a busca somente para artigos datados de 2021 e concentrados nas áreas de interesse voltadas para engenharias, ciências sociais, energia e ciência ambiental. Neste caso, a separação por áreas de interesse ocorre para que seja mais bem filtrado o número de resultados, uma vez que o conceito de "cidades inteligentes" engloba campos multidisciplinares do conhecimento, bem como múltiplas definições. A limitação da busca resultou em um total de 1.003 documentos, onde os 100 primeiros foram selecionados e posteriormente transformados em formato de planilha contendo informações referentes aos resumos e palavras-chaves. Por sua vez, para o conceito de "infraestrutura verde e azul", buscou-se pelas palavras "blue-green infrastructure" ou "green-blue infrastructure". A busca resultou em 158 documentos datados entre 2010 e 2021. Devido ao menor número de resultados, optou-se por não limitar o tipo de documento (artigo ou capítulo de livro, por exemplo) ou o ano de publicação. No entanto, a limitação das áreas de interesse foi mantida, o que resultou em um total de 148 artigos, onde os 100 primeiros foram selecionados. Assim, 200 artigos foram analisados no *software*.

A partir da obtenção das planilhas geradas pela Base Scopus, as correlações entre as palavras-chaves puderam ser realizadas pelo *software* VOSviewer, em que a junção de dados ofereceu um total de 2.271 palavras-chaves. Para efeitos de estudo e melhor visualização do conjunto, optou-se por reduzir o número de palavras-chave a serem analisadas, destacando as mais citadas. Utilizando um arquivo tesauro, foram listadas as palavras com maior semelhança, como "cities" e "city", ou "internet of things" e "IoT", e excluídas aquelas que fugiam do escopo da pesquisa, como "article", "priority journal" e nomes de países. Em seguida, após as configurações e delimitação de um total de 50 palavras-chaves a serem mostradas, os arquivos puderam ser interpretados pelo *software*. Os resultados obtidos pelo mapeamento conduzem à segunda etapa da pesquisa que, por meio de revisão literária, sugere

as relações que podem melhorar as conexões entre as cidades inteligentes e seus grupos de relação com as infraestruturas verdes e azuis.

4. RESULTADOS

O mapeamento das 50 palavras-chave resultou na criação de cinco grupos (*clusters*), com um total de 382 *links*. Conforme observado na Figura 1, as palavras-chaves referentes aos conceitos de "cidades inteligentes" (*smart cities*) e "infraestruturas verdes e azuis" (*blue-green infrastructure*) se localizam nas extremidades e são principalmente conectadas pelos conceitos de desenvolvimento sustentável (*sustainable development*), planejamento urbano (*urban planning*) e serviços ecossistêmicos (*ecosystem services*), localizados no centro da figura.

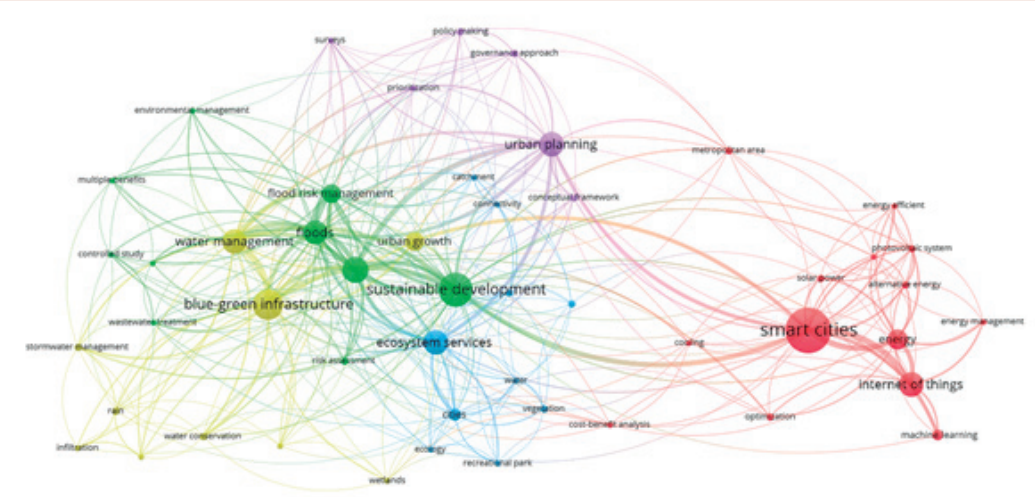

Figura 1. Levantamento bibliométrico realizado no VOSviewer.

Nota-se, contudo, que a partir da amostragem total de artigos selecionados, nenhum destes explora a relação entre cidades inteligentes e infraestruturas verdes e azuis, o que explica a inexistência de conexões diretas entre os dois conceitos. Nos artigos selecionados para o mapeamento, é verificada também uma maior predominância das palavras-chaves relacionadas com "gerenciamento hídrico" (*water management*), "inundações" (*floods*), "gerenciamento de risco de inundações" (*flood risk management*), "crescimento urbano" (*urban growth*), "internet das coisas" (*internet of things*), e "energia" (*energy*). Embora o número de artigos tenha sido equivalente para cada um dos conceitos, é notada uma maior tendência de concentração de palavras voltadas para o conceito de infraestruturas verdes e azuis, afastando o grupo vermelho, representado pela palavra-chave "cidades inteligentes" (*smart cities*).

Conforme mencionado, cada *item* mapeado no *software* possui uma determinada quantidade de *links*, ou seja, as conexões entre as palavras-chaves que podem apresentar maior ou menor força de acordo com a espessura de linha que é representada. Ao analisar a qualidade de *links* referentes à palavra-chave "cidades inteligentes" (*smart cities*), 21 ocorrências puderam ser encontradas, demonstradas na

Figura 2. Partindo destas ligações e dos grupos formados pelo *software*, nota-se que o grupo vermelho, representado pelas "cidades inteligentes", possui ligações diretas com os outros quatro grupos gerados pela ferramenta, a partir de suas conexões com as palavras-chaves "crescimento urbano" (*urban growth*), no grupo amarelo; "desenvolvimento sustentável" (*sustainable development*), no grupo verde; "serviços ecossistêmicos" (*ecosystem services*), no grupo azul; e "planejamento urbano" (*urban planning*), no grupo roxo. Assim, uma segunda questão é levantada neste trabalho: como as infraestruturas verdes e azuis podem ser incorporadas para melhorar as atuais conexões com as cidades inteligentes? Para respondê-la, as seções seguintes conduzem a uma breve revisão literária, onde são sugeridas as relações que podem fortalecer as conexões entre grupos, considerando a junção de infraestruturas verdes e azuis e cidades inteligentes.

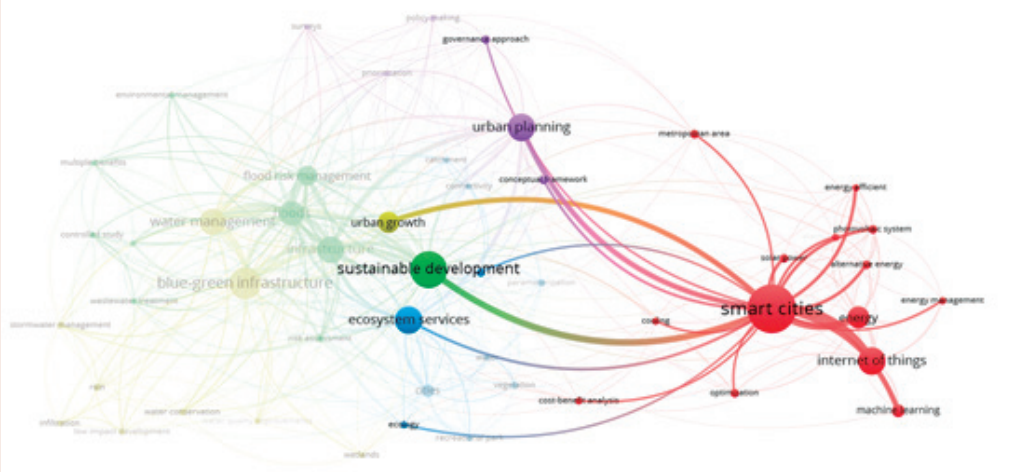

Figura 2. Os principais *links* das cidades inteligentes (*smart cities*).

4.1 GRUPO ROXO: PLANEJAMENTO URBANO *(URBAN PLANNING)*

No grupo roxo, representado por "planejamento urbano" (*urban planning*), nota-se o agrupamento de palavras que destacam uma maior preocupação com abordagem de governança, formulação de políticas, pesquisas e priorização. Quando considerado o conceito de cidades inteligentes em combinação com o planejamento urbano, a busca por literatura identificou uma associação direta ao desenvolvimento e à aplicação de ferramentas digitais que auxiliem na governança, por meio do monitoramento e digitalização de dados para acesso público (KARNOVEN; COOK; HAARSTAD, 2020). Nesse sentido, a rápida obtenção e processamento de informações, por meio de mecanismos como Big Data, foi entendido como essencial para facilitar a divulgação e a tomada de decisão relacionada à cidade (RATHORE *et al.*, 2016). De acordo com Anthopoulos e Vakali (2012), as principais relações entre as cidades inteligentes e o planejamento urbano se voltam para o fornecimento de serviços públicos voltados para a qualidade de vida dos cidadãos, como o atendimento de saúde à distância; os serviços de segurança eletrônica; os

serviços de transporte; além dos serviços ambientais, que auxiliam na gestão de resíduos, energia e água, e ainda fornecem dados sobre clima e poluição.

Para autores como Anguluri e Narayanan (2017), a infraestrutura verde é considerada como uma peça essencial no planejamento urbano de cidades inteligentes, como estratégia de manter a qualidade natural e a sustentabilidade do ambiente. Sendo assim, ao considerar sua aplicação em múltiplas escalas, tornando-se parte do planejamento urbano, destaca-se também a necessidade de continuidade de ações, como monitoramento, divulgação das informações projetuais, e de relatórios periódicos (MONTEIRO; FERREIRA; ANTUNES, 2020) de modo que a evolução dos projetos possa ser consultada por meio digital. A ampla divulgação de dados permite, então, mensurar as falhas e os avanços de cada proposta ou ação realizada, incentivando o envolvimento da população durante as fases de planejamento e formulação de políticas urbanas.

Rathore *et al.* (2016) apresentam alguns dos mecanismos utilizados nas cidades inteligentes e que, por sua vez, oferecem relações com o monitoramento de infraestruturas verdes e azuis. A utilização de sensores de medição de chuva em espaços abertos, por exemplo, consegue prever a ocorrência de inundações e sinalizar sobre os níveis de águas em rios, lagos ou represas, prezando pela segurança dos cidadãos. O monitoramento de dados meteorológicos e de consumo de água pode subsidiar a criação de planos para a agricultura e a segurança hídrica, além de planos para a redução de consumo de eletricidade a partir do monitoramento de dados de temperatura. O autor destaca, contudo, que o planejamento urbano é uma consequência da análise de dados históricos gerados por tais dispositivos inteligentes, sendo necessária sua observação contínua.

4.2 GRUPO AMARELO: CRESCIMENTO URBANO *(URBAN GROWTH)*

As palavras-chaves pertencentes ao grupo amarelo, representado por "crescimento urbano", também se unem à "infraestrutura verde e azul", "chuvas", "infiltração", "*wetlands*" e "gerenciamento hídrico". Neste grupo, é percebida uma maior concentração de palavras voltadas para as medidas capazes de melhorar a resiliência urbana nas cidades, minimizando impactos decorrentes do crescimento desordenado da malha urbana. Gren *et al.* (2018) comentam que o surgimento de conceitos como "cidades compactas" e "crescimento inteligente", surgiu como resposta para o crescimento desordenado e para a densificação habitacional urbana. Assim, o crescimento considerado compacto se relaciona com as cidades inteligentes ao abordar a formulação de políticas e de planejamentos ambientalmente corretos; o uso misto do solo; a proteção de espaços abertos e ecossistemas; além de priorizar ambientes que possam ser percorridos a pé (TIAN, 2020).

Ao mesmo tempo, o aumento de resiliência é também um dos fatores principais para o crescimento urbano inteligente, especialmente quando consideradas as ameaças decorrentes das mudanças climáticas (ARAFAH; WINARSO, 2017). A melhora da resiliência consiste principalmente em aumentar o armazenamento de água, a infiltração do solo e reduzir o estresse na infraestrutura subsuperficial

(O'DONNELL *et al.*, 2017; GHOFRANI *et al.*, 2017), o que inclui uma melhor gestão do ambiente verde e azul na malha urbana. As soluções estruturais de infraestrutura verde e azul que podem auxiliar na formulação de cidades compactas e resilientes, se concentram na implementação de parques, jardins pluviais, biovaletas, ou *wetlands*, por exemplo.

4.3 GRUPO VERDE: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL *(SUSTAINABLE DEVELOPMENT)*

A partir do mapeamento realizado, a palavra-chave "desenvolvimento sustentável" foi reconhecida como central para a união entre os conceitos de cidades inteligentes e infraestruturas verdes e azuis. Ao mesmo tempo, o agrupamento concentrou palavras como "infraestrutura", "gestão de risco de inundação" e "gestão ambiental", apresentando um indicativo de maior preocupação com o equilíbrio entre o ambiente natural e construído. Dentro do conceito de cidades inteligentes, esta preocupação se torna ainda mais urgente quando se consideram os impactos ambientais da urbanização nos mais diversos sistemas que compõem as cidades, além da preocupação com a preservação de recursos naturais. A busca por literatura que demonstrasse a associação entre cidades inteligentes e desenvolvimento sustentável revelou artigos de diversos campos de interesse, havendo uma predominância de trabalhos voltados para a redução de gases de efeito estufa; aumento da qualidade de vida; eficiência energética; construções e seu ciclo de vida.

Quando considerados os gases de efeito estufa, por exemplo, sabe-se que o setor de transportes é atualmente reconhecido por gerar a maior parte de suas emissões, contribuindo para a intensificação dos efeitos das mudanças climáticas. Contudo, estratégias de incorporação de infraestruturas verdes e azuis, como parques urbanos, parques fluviais e vias verdes podem ser utilizadas como incentivo à redução de uso de automóveis nas cidades inteligentes, favorecendo as caminhadas e o uso de bicicletas. A estratégia de aumentar os espaços vegetados urbanos, além de atuar na redução do volume de gases lançados ao ambiente, também possui efeitos positivos na saúde e no bem-estar humano, melhorando o sistema imunológico (WHO, 2016).

Por sua vez, quando voltado para temas como eficiência energética, construções, e ciclo de vida de materiais, autores como Moraci *et al.* (2018) defendem a utilização do conceito de resiliência não apenas no planejamento urbano, como na arquitetura, defendendo o *retrofit* de edificações. Sua defesa se dá pelo reconhecimento de que um edifício construído é um recurso que deve ser reciclado e reintroduzido no ciclo de vida das cidades, reduzindo a pegada ecológica que é gerada pela construção de novos edifícios. Estratégias de infraestrutura verde e azul podem ser aplicadas em construções já existentes, como telhados e paredes verdes (MACHÁC; LOUDA; DUBOVÁ, 2016), possibilitando o alcance da sustentabilidade por meio da redução do consumo de energia e da gestão de águas residuais. A utilização de tecnologias para monitoramento da poluição ambiental e redução de resíduos sólidos (KALUARACHCHI, 2021) são reconhecidas como possibilidades

viabilizadas por cidades inteligentes, buscando o alcance de um desenvolvimento sustentável que também se associa às infraestruturas verdes e azuis.

4.4 GRUPO AZUL: SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS *(ECOSYSTEM SERVICES)*

O grupo azul, representado por "serviços ecossistêmicos", agrupa palavras-chaves voltadas para o ambiente natural, como "água", "vegetação", "bacias hidrográficas", "cidades", "conectividade" e "parque recreacional", por exemplo. Sua maior proximidade com o grupo vermelho se dá pela "análise de custo-benefício" e o "resfriamento" obtido por meio da vegetação. Identifica-se, neste caso, uma associação com a necessidade de se buscar medidas de recuperação da biodiversidade no espaço urbano. A busca por trabalhos que tratam da provisão de serviços ecossistêmicos associados às cidades inteligentes revelou o consenso quanto à necessidade de se incluir áreas vegetadas no meio urbano, de modo a melhorar também a qualidade de vida e a saúde das populações. Muvuna *et al.* (2020) relatam a importância da arborização urbana em ambientes inteligentes, de modo a reduzir a poluição atmosférica, especialmente nas proximidades do ambiente rodoviário, onde há a maior concentração de carros. Machác *et al.* (2020) buscaram identificar quais elementos de infraestrutura verde e azul eram os preferidos pelos residentes de Praga, República Tcheca, notando que as áreas que forneciam serviços culturais ecossistêmicos eram frequentemente preferidas pelos residentes.

A inserção de parques e florestas na área urbana apresenta a possibilidade de melhorar a conectividade através de corredores de biodiversidade, permitindo a migração de espécies, a dispersão de sementes e a conexão de áreas verdes fragmentadas (MONTEIRO; FERREIRA; ANTUNES, 2020), melhorando a qualidade da água e a conservação dos ecossistemas naturais. Além disso, por meio de *wetlands* no ambiente urbano, é possível proporcionar o tratamento de efluentes pelo processo de fitorremediação (KOZAK *et al.*, 2020); enquanto a utilização de lagoas de retenção é capaz de prevenir enchentes, recarregar águas subterrâneas e melhorar sua qualidade (VERAWATY *et al.*, 2019). Gulsrud *et al.* (2018) comentam sobre tecnologias inteligentes como os inventários florestais urbanos, que apresentam marcações digitais das árvores e transmitem informações para plataformas inteligentes; avaliações de biodiversidade realizadas por meio de jogos; e monitoramento das preferências por espaços naturais, por meio de imagens do Instagram e *hashtags*, por exemplo. Anguluri e Narayanan (2017) comentam sobre o uso de ferramentas como os Sistemas de Informação Geográfica para avaliar quantitativamente a existência de espaços verdes urbanos, orientando sua manutenção e proteção no ambiente natural.

4.5 COMO AS INFRAESTRUTURAS VERDES E AZUIS PODEM SER INCORPORADAS PARA MELHORAR AS ATUAIS CONEXÕES COM AS CIDADES INTELIGENTES?

De acordo com a breve revisão literária realizada anteriormente, que buscou relacionar o conceito de cidades inteligentes às palavras-chaves predominantes do mapeamento realizado, foi notada uma maior possibilidade de integração dos elementos naturais na elaboração de cidades compactas, bem como na possibilidade de fornecimento de serviços ecossistêmicos. Foi observado que o acesso à informação quanto aos dados de poluição do ar, alerta de cheias, e qualidade da água, por exemplo, são também essenciais para a junção dos conceitos, por sua capacidade de conscientizar a população quanto aos serviços ambientais prestados pelos tomadores de decisão, e incentivo de participação popular na cobrança de ações e decisões de projeto. Observou-se também que a preservação de áreas verdes e azuis no ambiente urbano pode ser assegurada através do uso de Sistemas de Informação Geográfica e inventários florestais urbanos, permitindo o compartilhamento constante de dados com os cidadãos. Sendo assim, para estudos futuros, sugere-se que uma maior conexão entre os dois conceitos estudados possa ser explorada a partir de três frentes: o aumento de pesquisas voltadas para modelos de cidades inteligentes que aliem natureza e tecnologia; a verificação de iniciativas nacionais que unam ambos os temas; e o estudo dos indicadores de ferramentas de avaliação de cidades inteligentes e sustentáveis, com vistas a relacioná-los com as infraestruturas verdes e azuis.

5. CONCLUSÕES

O crescimento desordenado das cidades e a crescente escassez de recursos naturais aumentaram as preocupações relacionadas à qualidade de vida das gerações futuras, enfatizando a necessidade de se abordar práticas mais sustentáveis e inteligentes no planejamento urbano. Neste contexto, considerando o escasso número de publicações que consideram simultaneamente os conceitos de cidades inteligentes e infraestruturas verdes e azuis, este trabalho buscou avaliar as principais relações entre ambos, por meio de uma amostra de artigos que foram analisados a partir de um estudo bibliométrico. Os resultados complementados pela revisão bibliográfica demonstraram algumas das pesquisas que comprovam a possibilidade de integração entre natureza e tecnologia, atuando na construção de cidades mais sustentáveis e conectadas. No cenário atual, principalmente quando considerada a pandemia de COVID-19, o acesso às tecnologias digitais se torna também um fator de indicação da qualidade de vida das populações, atuando como uma ferramenta de apoio aos gestores das cidades, e permitindo o acesso à informação e à tomada de decisões. Ao mesmo tempo, embora as soluções de infraestrutura verde e azul proporcionem uma série de benefícios, países em desenvolvimento ainda lidam com a falta de investimento político na gestão de espaços verdes, devido a restrições orçamentárias e à emergência de lidar com outros diversos serviços essenciais, o que pode ser considerado como um desafio para a melhor integração de

ambos os conceitos. Como considerações finais, destaca-se também a importância do VOSviewer como ferramenta de mapeamento das publicações existentes, onde a combinação de novas palavras-chaves voltadas para a sustentabilidade pode gerar novas possibilidades de resultados e pesquisas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anguluri, R.; Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. Urban Forestry & Urban Greening, v. 25, p. 58–65.

Anthopoulos, L. G.; Vakali, A. (2012). Urban Planning and Smart Cities: Interrelations and Reciprocities. In: Álvarez, F.; Cleary, F.; Daras, P.; et al (Orgs.). The Future Internet. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, v. 7281, p. 178–189.

Arafah, Y. and Winarso, H. (2017). Redefining smart city concept with resilience approach, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., Vol. 70, No. 1, p. 012065.

Bacchin, T. K.; Ashley, R.; Sijmons, D.; Zevenbergen, C.; Van Timmeren, A. (2014). Green-blue multifunctional infrastructure: an urban landscape system design new approach. In: 13th International Conference on Urban Drainage. Sarawak, Malaysia, v. 4, p. 1–8.

Bibri, S. E.; Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities and Society. v. 31, p. 183–212.

Gazzola, P.; Del Campo, A. G.; Onyango, V. (2019). Going green vs going smart for sustainable development: Quo vadis?. Journal of Cleaner Production, Vol. 214, p. 881–892.

Ghofrani, Z.; Sposito, V.; Faggian, R. (2017). A Comprehensive Review of Blue-Green Infrastructure Concepts, Int. J. Environ. Sustain., Vol. 6, No. 1.

Gren, A.; Colding, J.; Berghauser-Pont, M.; Marcus, L. (2019). How smart is smart growth? Examining the environmental validation behind city compaction. Ambio, v. 48, n. 6, p. 580–589.

Gulsrud, N. M.; Raymond, C. M.; Rutt, R. L.; Olafsson, A. S.; Plieninger, T.; Sandberg, M.; Beery, T.; Jonsson, K. (2018). 'Rage against the machine'? The opportunities and risks concerning the automation of urban green infrastructure. Landscape and Urban Planning, v. 180, p. 85–92.

Kaluarachchi, Y. (2021). Potential advantages in combining smart and green infrastructure over silo approaches for future cities, Front. Eng. Manag., Vol. 8, No. 1, p. 98–108.

Karvonen, A.; Cook, M.; Haarstad, H. (2020). Urban Planning and the Smart City: Projects, Practices and Politics. Urban Planning, v. 5, n. 1, p. 65–68.

Kozak, D., Henderson, H., Mazarro, A. D. C., and Aradas, R. (2020). Blue-Green Infrastructure (BGI) in Dense Urban Watersheds. The Case of the Medrano Stream Basin (MSB) in Buenos Aires, Sustainability, Vol. 12, No. 6, p. 2163.

Machác, J.; Hekrle, M.; Meyer, P.; Staňková, N.; Brabec, J.; Sýkorová, M. (2020). Cultural ecosystem services and public preferences: How to integrate them effectively into Smart City planning? In: Smart Cities Symposium Prague (SCSP): Prague, p. 1–6.

Machác, J., Louda, J., and Dubová, L. (2016). Green and Blue Infrastructure: An Opportunity for Smart Cities?, In: 2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP), p. 1–6.

Miguez, M. G.; Veról, A. P.; Battemarco, B. P.; Yamamoto, L. M. T.; Brito, F. A.; Fernandez, F. F.; Merlo, M. L.; Rego, A. Q. (2019). A framework to support the urbanization process on lowland coastal areas: Exploring the case of Vargem Grande – Rio de Janeiro, Brazil. Journal of Cleaner Production, Vol. 231, pp. 1281–1293.

Monteiro, R.; Ferreira, J. C.; Antunes, P. (2020). Green Infrastructure Planning Principles: An Integrated Literature Review. Land, v. 9, n. 12, p. 525.

Moraci, F., Errigo, M. F., Fazia, C., Burgio, G., and Foresta, S. (2018). Making less vulnerable cities: Resilience as a new paradigm of smart planning, Sustain., Vol. 10, No. 3, pp. 1–18.

Muvuna, J.; Boutaleb, T.; Mickovski, S. B.; Baker, K.; Mohammad, G.; Cools, M.; Selmi, W. (2020). Information Integration in a Smart City System—A Case Study on Air Pollution Removal by Green Infrastructure through a Vehicle Smart Routing System. Sustainability, v. 12, n. 12, p. 5099.

O'Donnell, E. C.; Lamond, J. E.; Thorne, C. R. (2017). Recognising barriers to implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle case study. Urban Water Journal, v. 14, n. 9, p. 964–971.

Perini, K.; Sabbion, P. (2018). Urban sustainability and river restoration: green and blue infrastructure. Chichester, United Kingdom: Wiley Blackwell.

Rathore, M. M.; Ahmad, A.; Paul, A.; Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics. Computer Networks, v. 101, p. 63–80.

Silva, B. N.; Khan, M.; Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. Sustainable Cities and Society, v. 38, p. 697–713.

Tian, D. (2020). The Strategy to Measure the Effectiveness of Smart City Growth Model. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 567, p. 012003.

Turaga, R. M. R.; Jha-Thakur, U.; Chakrabarti, S.; Hossain, D. (2019). Exploring the role of Urban Green Spaces in "smartening" cities in India. Impact Assess. Proj. Apprais., Vol. 00, No. 00, p. 1–12.

Van Eck, N. J.; Waltman, L. (2021). Manual for VOSviewer version 1.6.17. Univeristeit Leiden, p. 1–54.

Verawaty, M; Amalia, M; Wulandari, R; Hartina, D. (2019). Retention Ponds Pollution Level Monitoring in Palembang City for Achieving a Sustainable Urban Environmental Health and Ecosystem Service. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 248, p. 012006.

Wendling, L. A.; Huovila, A.; Castell-Rüdenhausen, M.; Hukkalainen, M.; Airaksinen, M. (2018). Benchmarking nature-based solution and smart city assessment schemes against the sustainable development goal indicator framework. Front. Environ. Sci., Vol. 6, No. JUL, p. 1–18.

WHO – World Health Organization. (2016). Regional Office for Europe, Urban green spaces and health, p. 92.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, códigos de financiamento 001 e; E-26/200.417/2021; e E-26/201.404/2021(26079), e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (303862/2020-3). Agradecemos também a Cátedra UNESCO "Drenagem Urbana em Regiões Costeiras", da Universidade Federal do Rio de Janeiro, à qual esta pesquisa está vinculada.