

Benefícios dos Wetlands Flutuantes além da despoluição da água: Uma nova lente para a Paisagem Urbana

Maria Estela Ribeiro Mendes

Mestre em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, UNICAMP, Brasil.
m073460@dac.unicamp.br

Silvia A. Mikami G. Pina

Professora Doutora, UNICAMP, Brasil.
smikami@unicamp.br

Benefícios dos Wetlands Flutuantes além da despoluição da água: Uma nova lente para a Paisagem Urbana

RESUMO

Objetivo - sintetizar e analisar conhecimentos existentes sobre a implementação das *Floating Treatment Wetlands* (FTW) em corpos hídricos, identificando contribuições além da melhoria da qualidade das águas e seu potencial como estratégia da paisagem urbana para promoção das Contribuições da Natureza para as Pessoas (NCP).

Metodologia - Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar os principais aspectos abordados sobre o tema em publicações científicas a partir de 2012, recorte temporal que explora o marco teórico das Soluções baseadas na Natureza (SbN), uma referência importante para o olhar multifuncional das FTW.

Originalidade/relevância - os corpos hídricos urbanos encontram-se em crescente declínio, não apenas pela degradação da qualidade da água, mas também por sua invisibilidade ao cotidiano da população, um cenário que revela a profunda desconexão entre as pessoas e a natureza, dessa forma, as FTW podem ser uma estratégia para o uso e apropriação de espaços próximos à água, promovendo valores culturais e ecológicos.

Resultados - a implementação das FTW promove benefícios socioambientais em todas as categorias das NCP (contribuições materiais, não-materiais e de regulação), confirmado seu potencial para integrar o planejamento urbano de forma abrangente, como uma SbN, e não apenas como um tratamento de águas.

Contribuições teóricas/metodológicas - um novo olhar para os benefícios na implantação das FTW na paisagem urbana, valorizando sua multifuncionalidade, inclusive com a sugestão de uma nomenclatura que reflete tal abrangência: Ecossistemas Flutuantes (EF).

Contribuições sociais e ambientais - destaque para o valor socioambiental das FTW na melhoria da qualidade de vida, requalificação do espaço urbano e funções ecológicas na promoção das NCP.

PALAVRAS-CHAVE: Wetlands Flutuantes, Soluções baseadas na Natureza, Contribuições da Natureza para as Pessoas.

Benefits of Floating Wetlands beyond water pollution control: A new perspective for Urban Landscape

2

ABSTRACT

Objective – To synthesize and analyze existing knowledge on the implementation of Floating Treatment Wetlands (FTWs) in water bodies, identifying contributions beyond water quality improvement and their potential as an urban landscape strategy to promote Nature's Contributions to People (NCP).

Methodology – A Systematic Literature Review (SLR) to identify the main aspects addressed on the topic in scientific publications since 2012, a timeframe that explores the theoretical framework of Nature-based Solutions (NbS), an important reference for the multifunctional perspective of FTWs.

Originality/Relevance – Urban water bodies are in increasing decline, not only due to the degradation of water quality but also their invisibility in the population's daily life, a scenario that reveals the profound disconnection between people and nature. Thus, FTWs can be a strategy for the use and appropriation of spaces near water, promoting cultural and ecological values.

Results – The implementation of FTWs promotes socio-environmental benefits across all NCP categories (material, non-material, and regulating contributions), confirming their potential for comprehensive integration into urban planning as an NbS, and not merely as a water treatment method.

Theoretical/Methodological Contributions – A new perspective on the benefits of implementing FTWs in the urban landscape, valuing their multifunctionality, including the suggestion of a nomenclature that reflects such breadth: Floating Ecosystems (FE).

Social and Environmental Contributions – Emphasis on the socio-environmental value of FTWs in improving the quality of life, the requalification of urban space, and ecological functions in the promotion of NCP.

KEYWORDS: Floating Wetlands, Nature-based Solutions, Nature's Contributions to People.

Beneficios de los Wetlands Flotantes más allá de la depuración del agua: Una nueva perspectiva para el Paisaje Urbano

RESUMEN

Objetivo – Sintetizar y analizar los conocimientos existentes sobre la implementación de los Humedales Flotantes de Tratamiento (FTW, por sus siglas en inglés) en cuerpos de agua, identificando contribuciones más allá de la mejora de la calidad del agua y su potencial como estrategia del paisaje urbano para la promoción de las Contribuciones de la Naturaleza para las Personas (NCP).

Metodología – Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) para identificar los principales aspectos abordados sobre el tema en publicaciones científicas desde 2012, un recorte temporal que explora el marco teórico de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), una referencia importante para la perspectiva multifuncional de las FTW.

Originalidad/Relevancia – Los cuerpos de agua urbanos se encuentran en creciente declive, no solo por la degradación de la calidad del agua, sino también por su invisibilidad en la vida cotidiana de la población, un escenario que revela la profunda desconexión entre las personas y la naturaleza. De esta forma, las FTW pueden ser una estrategia para el uso y apropiación de espacios cercanos al agua, promoviendo valores culturales y ecológicos.

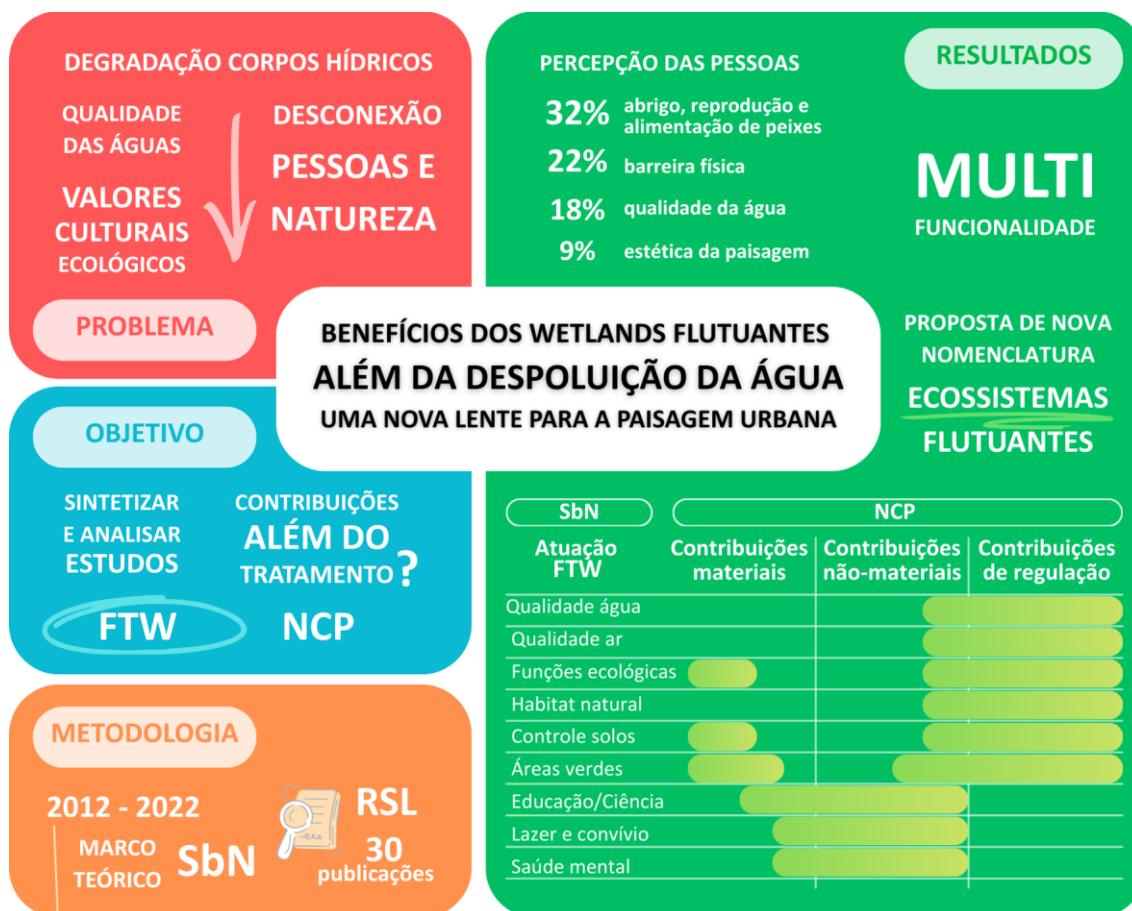
Resultados – La implementación de las FTW promueve beneficios socioambientales en todas las categorías de las NCP (contribuciones materiales, inmateriales y de regulación), confirmando su potencial para integrar la planificación urbana de forma integral como una SbN, y no solo como un tratamiento de aguas.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas – Una nueva perspectiva sobre los beneficios de la implementación de las FTW en el paisaje urbano, valorando su multifuncionalidad, incluyendo la sugerencia de una nomenclatura que refleje tal amplitud: Ecosistemas Flotantes (EF).

Contribuciones Sociales y Ambientales – Se destaca el valor socioambiental de las FTW en la mejora de la calidad de vida, la recualificación del espacio urbano y las funciones ecológicas en la promoción de las NCP.

PALABRAS CLAVE: Wetlands Flotantes, Soluciones basadas en la Naturaleza, Contribuciones de la Naturaleza para las Personas.

RESUMO GRÁFICO



1 INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos urbanos encontram-se em crescente declínio devido a forma de uso e ocupação do solo nas cidades, comprometendo as Contribuições da Natureza para as Pessoas (NCP). Historicamente, as intervenções humanas nos sistemas fluviais foram orientadas por paradigmas da engenharia sanitária, o que resultou na retificação e canalização de diversos rios e córregos para o rápido escoamento da água e controle de vetores de doenças (Herzog, 2013). Nesse processo, esses elementos estruturantes da paisagem foram progressivamente suprimidos e fragmentados, tornando-se invisíveis ao cotidiano da população e emergindo na consciência coletiva apenas em momentos de crise, como quando as águas reivindicam seus espaços naturais através de enchentes e alagamentos, ou ainda quando a poluição fica evidente através do mau cheiro e coloração. Esse cenário revela uma profunda desconexão entre as pessoas e a água, enfraquecendo os valores culturais, sociais e de uso e apropriação desses espaços (Lyra; Constantino, 2024).

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) ganham destaque nessa discussão como possíveis estratégias para conservação, restauração e resiliência dos corpos hídricos. As *Floating Treatment Wetlands (FTW)*, foram criadas a partir dos *Constructed Wetlands (CW)*, uma técnica de jardins construídos por escavação e impermeabilização no solo, criados com o principal objetivo de tratar efluentes pela mimetização dos processos que ocorrem de forma espontânea nas áreas alagadas naturais através do controle de nutrientes pela fitorremediação. As FTW são uma variação dos CW com a construção de jardins em estruturas flutuantes – como ilhas, que podem ser implementadas sob a lâmina d’água de corpos hídricos (Mendes, 2018). Inicialmente criadas com o mesmo objetivo de melhorar a qualidade de águas poluídas, as FTW foram vastamente estudadas em relação a eficiência de tratamento, porém ao ser vista como uma SbN entende-se a multifuncionalidade como um potencial amplo de restauração socioambiental e reinserção dos corpos hídricos na paisagem urbana (Rigotti, 2020).

A fim de aprofundar a compreensão sobre essa multifuncionalidade, o presente estudo realiza uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de sintetizar e analisar os conhecimentos existentes sobre a implantação de FTW em corpos hídricos. A análise visa identificar as contribuições que extrapolam os aspectos qualitativos da água, explorando seu amplo potencial como uma Solução baseada na Natureza (SbN) promotora das Contribuições da Natureza para as Pessoas (NCP). A pesquisa é norteada pela hipótese de que as FTW, ao serem integradas à paisagem, funcionam como uma estratégia para a construção de cidades mais resilientes e, fundamentalmente, para reverter o quadro de desconexão entre as pessoas e as águas urbanas.

2 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) foi realizada em abril de 2022 com o levantamento de publicações nas bases SciELO, Scopus e *ScienceDirect*. A busca considerou o cruzamento de assuntos, títulos e resumos e foi dividida em duas rodadas: (1) encontrar publicações em português, utilizando as expressões “ilhas flutuantes” ou “jardins flutuantes” ou “ecossistemas flutuantes” ou “wetlands flutuantes” associadas simultaneamente à “corpos

hídricos” com exclusão das palavras “hidroponia”, “efluentes” e “esgoto” no título; (2) encontrar publicações nos demais idiomas, utilizando a expressão “constructed floating wetlands” ou “floating treatment wetlands” associada simultaneamente à “waterbodies” e “ecosystem”, com exclusão das palavras “hydroponic”, “stormwater”, “runoff”, “wastewater”, “effluents”, “sewage”, “nitrogen”, “nitrate”, “phosphorus”. Além das palavras, foi utilizado o filtro de período de publicação, determinando um recorte de 10 anos (2012-2022), referente a emergência do tema nas produções acadêmicas com o marco teórico das SbN.

As palavras e expressões da rodada (1) e (2) foram definidas de formas distintas por entender que as publicações nacionais sobre o tema ainda são muito reduzidas em relação às internacionais, dessa forma, foi menos restritiva para recuperar mais trabalhos publicados em português. A exclusão das palavras relacionadas ao saneamento, teve como objetivo desclassificar as pesquisas focadas na análise de eficiência e tratamento, ou redução de parâmetros físico-químicos indicadores de poluição, pois o objetivo da busca foi encontrar estudos sobre FTW em corpos d’água, onde foram analisadas questões socioambientais, ecologia, ambiente e paisagem urbana. Na rodada (1), foram encontradas 33 publicações e na rodada (2), foram encontradas 39 publicações, totalizando 72 publicações, que foram cadastradas no gerenciador de referências Zotero e as duplicidades foram removidas. Posteriormente, foi feita uma seleção de publicações mais relevantes, analisando títulos e resumos, de acordo com os seguintes critérios de elegibilidade: (a) objeto de estudo, selecionando as publicações cujo objeto central eram os FTW, nessa seleção muitos trabalhos que apenas citavam a solução ou tratavam do assunto de maneira muito generalizada e marginal, foram desclassificados; (b) fatores contextuais, desclassificando estudos internacionais com condicionantes que não se aplicam ao Brasil, como baixas temperaturas e análise espécies vegetais e animais não-endêmicas do Brasil.

Foram selecionadas 30 publicações atendendo os critérios de elegibilidade, das quais foram extraídas as seguintes informações: dados gerais (tipo de publicação, data, autoria, país de desenvolvimento da pesquisa, universidades ou instituições relacionadas, área temática e idioma); desenho do estudo (objetivo, palavras-chave, metodologia, contexto, resultados, desafios e recomendações). As informações extraídas foram sintetizadas a partir de interpretação e organizadas em planilha, permitindo a compreensão dos fatores contextuais, o cruzamento de dados e agrupamento de semelhanças evidenciadas nas pesquisas.

3 RESULTADOS

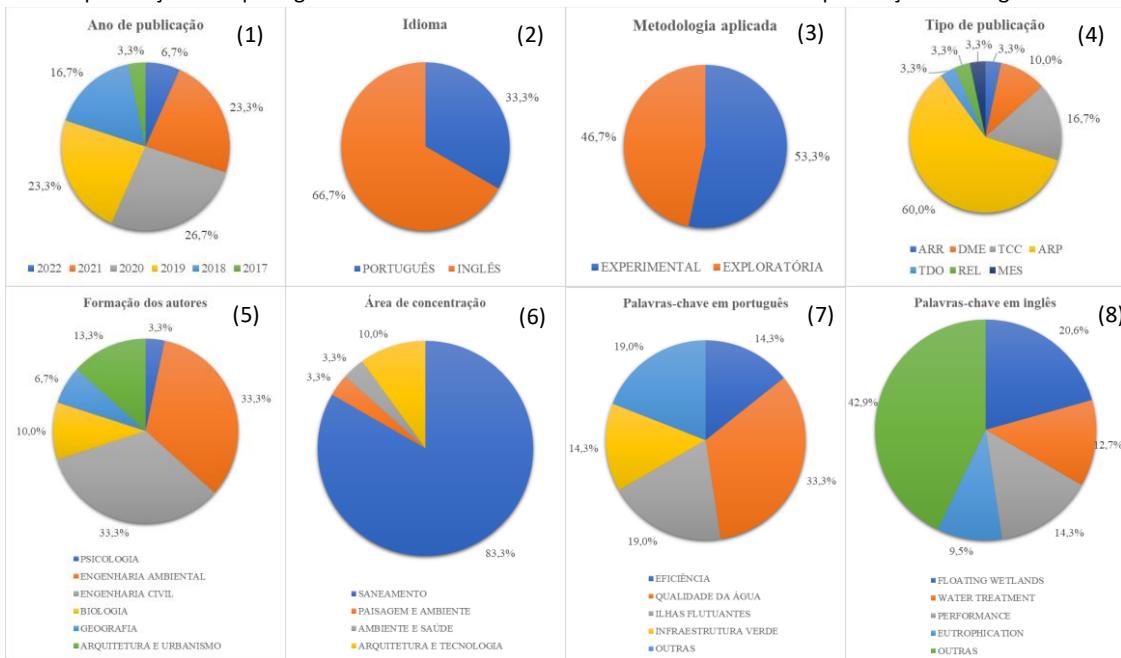
3.1 Características evidenciadas

As 30 publicações elegidas foram publicadas entre 2017 e 2022, sendo que o ano de maior produção foi 2020 (26,7%), seguido dos anos de 2021 e 2019 (ambos 23,3%), conforme indicado no Gráfico 1. A ausência de estudos anteriores a 2017, demonstram como o recorte do tema é recente e pouco explorado. Em relação ao tipo de publicação, 60% são artigos de periódicos, seguido de 16,7% de trabalhos finais de graduação, 10% dissertação de mestrado e as porcentagens inferiores distribuídas entre artigos de revista, monografias de especialização e teses de doutorado, conforme indicado no Gráfico 4. O idioma dominante foi o inglês, com

66,7%, contra 33,3% em português, conforme Gráfico 2. Em relação a metodologia de pesquisa aplicada, a maior parte foi experimental (53,3%), conforme Gráfico 3. Dentre as características evidenciadas, destaca-se a área de concentração das publicações, sendo que, 83,3% delas são relacionadas ao saneamento e controle da poluição dos recursos hídricos, distribuídos entre autores com formação em engenharia civil (33,3%), engenharia ambiental (33,3%), biologia (10%) e geografia (6,7%). As demais pesquisas estão distribuídas entre as áreas de ambiente e saúde, paisagem e ambiente e arquitetura e tecnologia, conforme Gráfico 6, sendo a formação dos autores 13,3% em arquitetura e urbanismo e 3,3% em psicologia, conforme Gráfico 5. No que diz respeito as palavras-chave, conforme Gráfico 7, nas publicações em português foi observada uma maior recorrência para: qualidade da água (33,3%), ilhas flutuantes (19%), eficiência e infraestrutura verde (ambas 14,3%); já nas publicações em inglês: “*floating wetlands*” (20,6%), “*performance*” (14,3%), “*water treatment*” (12,7%), “*eutrophication*” (9,5%) e “*ecosystem services*” (4,8%), conforme Gráfico 8. As demais palavras em português, ficaram distribuídas em termos referentes a despoluição, como coliformes, desinfecção, fitoremedeiação, wetlands construídos, recuperação de rios, água, balneabilidade e demais termos como ecologia aplicada, macrófitas emergentes, soluções inspiradas na natureza, etc. Em inglês, houve maior diversidade de palavras-chave, sendo que foram classificadas como “outras” 42,9% das palavras mapeadas, contra 19% em português, demonstrando maior concentração temática dos estudos no Brasil.

Gráfico 1 – Ano de publicação. Gráfico 2 – Idioma de publicação. Gráfico 3 – Metodologia aplicada. Gráfico 4 – Tipo de publicação: (ARR) Artigo de Revista, (DME) Dissertação de Mestrado, (TCC) Trabalho de Conclusão de Curso, (ARP) Artigo de Periódico, (TDO) Tese de Doutorado, (REL) Relatório, (MES) Monografia de Especialização. Gráfico 5

– Formação dos autores. Gráfico 6 – Área de concentração. Gráfico 7 – Palavras-chaves mais utilizadas nas publicações em português. Gráfico 8 – Palavras-chaves mais utilizadas nas publicações em inglês.



Fonte: elaborado pelas autoras.

3.2 Contextualização

Os contextos levantados nas publicações estavam, de maneira geral, relacionados com o aumento da poluição das águas urbanas devido: ao déficit de saneamento básico que resulta no lançamento inadequado de efluentes não tratados nos corpos hídricos e poluição difusa (Feitosa et al., 2018; Krebs; Oliveira; Schröder, 2021; Licheski, 2018; Moreira, 2019), fenômenos como a eutrofização (Johnson, 2021; Karstens et al., 2021; Ritzenhofen et al., 2022; Rocha, 2018), o aumento populacional nas áreas urbanas associado ao consumo massivo de recursos naturais (De Souza, 2020; Shen; Li; Lu, 2021), a canalização de rios (Medeiros, 2018), as atividades turísticas mal planejadas, que ocasionam picos de ocupação e saturação dos sistemas de infraestrutura existentes (Scaini, 2019) e demais atividades antrópicas que influenciam direta ou indiretamente nos ecossistemas contribuindo para as mudanças climáticas, como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento (Cunha, 2018; Sánchez-Galván et al., 2022) e atividades comerciais em zonas costeiras (Takavakoglou et al., 2021).

Peterson et al. (2021), descreve a *urban stream syndrome*, traduzida como síndrome urbana dos córregos, e a define como: “(...) consistente observação da degradação ecológica de córregos que drenam o solo urbano.” (PETERSON et al., 2021, pg. 1). Em consequência dessa síndrome, seria possível observar a alteração de características químicas, ecológicas e hidrológicas nos rios e córregos urbanos, apresentando inclusive sintomas mais específicos, como aumento da temperatura da água, diminuição do oxigênio dissolvido (OD), perda de habitats aquáticos, elevadas concentrações de metais pesados, nutrientes e sais. Segundo Barco et al. (2021), as plantas aquáticas não flutuantes (macrófitas emergentes), quando instaladas em estruturas flutuantes, expandem suas raízes em hidropônia, promovendo interação com a biodiversidade de microrganismos simbiontes que habitam sua rizosfera e removem os poluentes orgânicos e inorgânicos da água. Quanto mais as plantas se desenvolvem, mais as raízes crescem e a superfície de aderência dos microrganismos na rizosfera aumenta. Dessa forma, Bi et al. (2019) revela que, quanto maior a idade da planta, maiores os níveis de remoção de poluentes. Esse fator também justifica a utilização de macrófitas emergentes ao invés de macrófitas flutuantes, pois as raízes de plantas fibrosas são muito maiores e apresentam maiores níveis fotossintéticos, sendo mais eficientes do que plantas de raízes pequenas. Além disso, foi evidenciado que macrófitas flutuantes tendem a gerar descontrole, pois ficam livres na superfície da água e se proliferam e/ou deslocam rapidamente com influência dos ventos e fluxos hídricos.

Johnson (2021) descreve que, com o passar do tempo, as longas raízes ficam revestidas por biofilme, formando uma fina camada verde por toda sua superfície. Os microrganismos utilizam os nutrientes da água para sua multiplicação através da assimilação, nesse processo acontece a excreção de enzimas que aceleram a degradação dos poluentes. Como resultado, as plantas se beneficiam, pois essas reações resultam na transformação de nutrientes em forma biodisponível para sua absorção e metabolização, permitindo também o seu desenvolvimento (Wang et al., 2020a). Além disso, devido a fitofisionomia das macrófitas, como produto da sua respiração, ocorre a liberação de oxigênio na água, o que eleva o nível de OD, essencial para vida aquática (Wang et al., 2020b). Outro aspecto identificado é a redução da presença de

patógenos na água devido a competição direta com as bactérias presentes na zona de raízes das plantas (De Souza, 2020). O autor descreve que as bactérias patogênicas se aderem nas raízes e acabam morrendo e sedimentando junto com os outros componentes no decaimento da matéria orgânica. As macrófitas também atuam na absorção e sequestro de metais pesados, retendo-os em seus tecidos (Shen; Li; Lu, 2021). Essa característica de acumulação é positiva em termos de despoluição da água, mas requer cuidado com o impacto na cadeia alimentar dos herbívoros, pois em algumas espécies pode haver a translocação dos metais para a parte aérea – folhas (Samal; Kar; Trivedi, 2019).

Henny et al. (2020) descreve as FTW como uma biotecnologia eficiente para remediação de rios poluídos, e que, em casos críticos de degradação, pode ser otimizada com a adição de sistemas de aeração artificiais integrados à estrutura flutuante. Esses equipamentos mecânicos (aeradores e chafarizes) são controlados por *timmers* que alternam o funcionamento em intervalos programados e podem ser alimentados por energia solar, com painéis fotovoltaicos (Krebs; Oliveira; Schröder, 2021). Outra estratégia, é a adição de extensores e/ou preenchimentos de biofilme artificial, que funcionam como raízes ou substratos, oferecendo maior área de superfície para o desenvolvimento dos microrganismos e maior tempo de contato com o poluente. São exemplos: *stereo-elastic packing* (media plástica) e substratos doadores de elétrons, como serragem orgânica e carvão ativado (Shen; Li; Lu, 2021). De acordo com Samal et al. (2019) o sistema radicular das plantas reduz a velocidade da água, aumentando o processo de sedimentação e favorecendo o controle de sólidos suspensos e erosão. Em contrapartida, revela que uma profundidade mínima de 0,8-1,0m deve ser mantida para o bom funcionamento da FTW, pois em profundidades inferiores, existe a tendência de enraizamento das plantas no fundo sedimentado dos corpos hídricos, prejudicando a flutuabilidade da estrutura. Esse cenário pode resultar na submersão da FTW caso o nível d'água aumente em eventos chuvosos e consequentemente danificar o sistema.

A presença vegetal também favorece o ambiente acima do nível d'água, como por exemplo a melhoria da qualidade do ar, uma vez que para realização da fotossíntese as plantas captam dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e liberam oxigênio. Sánchez-Galván et al. (2022), contextualiza o sequestro de carbono como uma contribuição de regulação provido por diversos ecossistemas, incluindo os wetlands. A contribuição das macrófitas aquáticas emergentes é muito significativa para o sequestro de carbono, pois em contato com águas ricas em nutrientes, seu crescimento é potencializado, resultando em uma elevada taxa de fotossíntese. Segundo o autor, o estoque de carbono na biomassa de rizosfera dessas plantas, atinge de 617 a 977gC/m² e na biomassa acima do solo, de 988 a 1515gC/m². Em adição, a vegetação também fornece habitat para aves e polinizadores, esconderijos de reprodução, ninhos e escape de predadores e/ou influências antrópicas. Outro fator associado às FTW, é a atração turística e aumento da qualidade de vida da população que interage com as áreas de intervenção, em função do enriquecimento da paisagem e criação de áreas naturais voltadas ao convívio e lazer (De Souza, 2020). Dessa forma, as NCP fornecidas pelas FTW incluem a melhoria da qualidade da água, sequestro de carbono, habitat para fauna, atividades educativas e benefícios socioeconômicos (Sánchez-Galván et al., 2022).

Frente aos contextos abordados, foram identificados objetivos semelhantes entre alguns grupos de autores: (1) avaliar a eficiência de tratamento das FTW para melhoria da

qualidade da água analisando parâmetros como DBO, DQO, fósforo, compostos nitrogenados, OD, pH, coliformes e metais (Barco; Borin, 2020; Bi et al., 2019; Cunha, 2018; Feitosa et al., 2018; Grosshans et al., 2019; Henny et al., 2020; Hossain, 2020; Johnson, 2021; Krebs; Oliveira; Schröder, 2021; Licheski, 2018; Moreira, 2019; Peterson et al., 2021; Rocha, 2018; Saeed et al., 2016; Scaini, 2019; Shahid et al., 2020; Shen; Li; Lu, 2021; Takavakoglou et al., 2021; Wang et al., 2020b); (2) avaliar o design, métodos construtivos e operacionais das FTW (De Souza, 2020; Karstens et al., 2021; Lucke; Walker; Beecham, 2019; Pavlineri; Skoulikidis; Tsihrintzis, 2017; Rocha, 2018; Samal; Kar; Trivedi, 2019; Takavakoglou et al., 2021; Wang et al., 2020a, 2020b); (3) avaliar os efeitos da implantação das FTW na prestação de serviços ecossistêmicos e impactos ambientais (Calheiros et al., 2020; De Souza, 2020; Licheski, 2018; Medeiros, 2018; Rigotti, 2020; Ritzenhofen et al., 2022; Takavakoglou et al., 2021); (4) avaliar o desempenho de determinadas espécies vegetais na despoluição da água, sequestro de carbono e demais atuações (Barco; Borin, 2020; Sánchez-Galván et al., 2022; Wang et al., 2020a).

3.3 Técnicas e benefícios das FTW

Foram identificados diversos métodos construtivos e materiais para compor a plataforma flutuante, meio suporte para crescimento da vegetação e ancoramento das FTW. De maneira geral, a escolha dos materiais busca atender quesitos de alta durabilidade e resistência, hidrofobia, simplicidade construtiva, fácil disponibilidade do material e viabilidade financeira. De acordo com Samal et al. (2019), a flutuabilidade da FTW deve ser mantida naturalmente como resultado do ar que fica retido nos rizomas das macrófitas, isso ocorre de acordo com a idade da planta. Dessa forma, os materiais flutuantes artificiais poderiam ser biodegradáveis ou removidos, uma vez que não são mais necessários quando a base natural auto-flutuante das raízes é estabelecida. Os materiais mais comumente utilizados para flutuabilidade são tubos PVC, PE, PP; varas de bambu; placas de poliestireno e grades poliméricas, isopor, EVA e demais espumas de baixa densidade; e ainda recipientes fechados como barris, toneis, galões, garrafões PET e boias infláveis de vinil (De Souza, 2020; Karstens et al., 2021; Samal; Kar; Trivedi, 2019; Scaini, 2019). Além da estrutura flutuante, é necessário prever elementos que funcionam como meio de suporte e cultivo inicial, com objetivo de sustentar a vegetação durante o desenvolvimento do sistema radicular e para colonização de microrganismos em sua superfície. Assim, identificou-se recorrência no uso de telas ou redes plásticas e materiais fibrosos como manta de fibra de coco, cordas, varetas e placas de madeira. É importante que esses materiais sejam porosos para que as raízes fiquem em contato com a água e que sejam inertes para não contaminar o meio (Barco; Borin, 2020).

Por fim, os elementos de ancoramento são fundamentais para que as FTW não sejam arrastadas pelo fluxo hídrico, ventos e demais interferências; no entanto, deve ser dimensionado para que a estrutura flutuante suporte a variação de nível d'água, permitindo seu deslocamento vertical. O ancoramento pode ser feito no fundo ou na borda do corpo hídrico, de acordo com as condicionantes do local, usualmente as ancoras podem ser compostas por hastas, pilares, cabos, cordas, correntes e demais elementos navais. A poita, por sua vez, pode ser constituída por blocos de ferro, concreto e demais materiais, em formatos e pesos variados. Tão importante quanto os aspectos construtivos, o dimensionamento, posicionamento, formato

e desenho do projeto, são essenciais para uma boa performance das FTW. É preciso atentar que os processos de interação que promovem o tratamento da água contaminada, acontecem de acordo com o tempo de contato das raízes, dessa forma é possível instalar as FTW em ambientes lênticos ou buscar regiões dos corpos hídricos lóticos onde a corrente é mais calma, ou em desvios “offline” (De Souza, 2020). A presença desses elementos em meio aos corpos d’água geram modificações dos fluxos, interferindo na velocidade e caminho percorrido pela água, o que pode ser aproveitado no desenho do projeto para aumentar o tempo de contato com as raízes (Lucke; Walker; Beecham, 2019; Wang et al., 2020a).

Áreas extensas cobertas por FTW ocasionam regiões anóxicas favoráveis para imobilização de metais pesados e desnitrificação por bactérias heterotróficas, por outro lado, a baixa concentração de oxigênio prejudica alguns grupos da fauna aquática. As regiões com maior presença de oxigênio favorecem processos bioquímicos como decomposição de matéria orgânica e nitrificação (Samal; Kar; Trivedi, 2019). Nota-se que, cada desenho oferece vantagens para diferentes finalidades e é possível utilizar estratégias de reoxigenação passivas – áreas livres para interação da superfície com a atmosfera e geração de turbulências por quedas; ou ativas – aeradores ou difusores de ar. Outro fator importante em relação ao posicionamento das FTW é a insolação, que contribui para o desenvolvimento das plantas. De acordo com Rigotti (2020) a partir de 5 horas de sol por dia, as macrófitas apresentaram folhagens mais robustas, facilitando a manutenção vertical da planta e povoamento da ilha com aumento de biomassa vegetal, devido a fotossíntese. Na Figura 1, as setas indicam o caminho preferencial da água, é possível perceber que, com a implantação dispersa (A), existe o risco de se formar áreas de água parada ou de passagem direta (“curto-circuito”) sem contato com as raízes. Já nos exemplos de instalação tipo barreira (B e C), o fluxo é mais homogêneo, com diferenças entre eles de áreas livres para penetração de luminosidade abaixo das plataformas, concentração de oxigênio e trocas gasosas entre água e atmosfera (De Souza, 2020).

10

Figura 1 – Opções de desenho do projeto para posicionamento dos FTW e simulação dos fluxos hídricos (esquerda).
Foto do projeto implementado (direita).



Fonte: De Souza, 2020, pg. 63, pg. 122.

De acordo com Ritzenhofen et al. (2022), diferentes classes de serviços ecossistêmicos (SE) podem ser beneficiadas com a implantação das FTW e para Rigotti (2020), ainda podem ser identificados co-benefícios nos aspectos socioculturais e econômicos. Originalmente, o termo

SE foi definido no *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) como benefícios que os seres humanos poderiam obter dos diferentes ecossistemas, em quatro grandes categorias: provisão (e.g. comida, água, matéria-prima, recursos medicinais), regulação (e.g. qualidade do ar, da água, condições climáticas, controle de doenças e pragas), suporte (e.g. biodiversidade, ciclo d'água, fotossíntese, formação dos solos) e cultural (e.g. valores espirituais, recreação, turismo, educação). No entanto, esse conceito passou por atualizações e atualmente a Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, da sigla em inglês) apresenta as “Contribuições da Natureza para as Pessoas” (em livre tradução do termo em inglês *Nature's Contribution to People* – NCP), trazendo a perspectiva de que as contribuições do processo evolutivo podem ser benéficas ou negativas, como por exemplo a transmissão de doenças e destaca a cultura como elemento transversal, valorizando os conhecimentos tradicionais. Assim, a categorização mais atual é composta por: contribuições de regulação (e.g. aspectos funcionais e estruturais dos ecossistemas), contribuições materiais (e.g. substâncias, matéria-prima, alimento, energia) e contribuições não-materiais (e.g. aspectos subjetivos e psicológicos que influenciam na qualidade de vida humana) (Díaz et al., 2018).

Quadro 1 – Relação entre as NCP e os benefícios oferecidos pela implantação dos FTW.

Benefícios oferecidos pela implantação dos FTW	Contribuições materiais	Contribuições não-materiais	Contribuições de regulação
Melhoria da qualidade da água de corpos hídricos			
Sequestro de carbono e regulação da qualidade do ar			
Criação e manutenção de habitat para fauna			
Polinização e dispersão de sementes/propágulos			
Suprimento à biodiversidade e funções ecológicas			
Proteção e descontaminação do solo e sedimentos			
Aumento de áreas verdes em espaço urbano			
Contribuição científica e educacional			
Experiência estética e recreativa			
Experiências psicológicas e inspiração			

Fonte: Elaborado pelas autoras, modificado de De Souza, 2020, pg. 129; Ritzenhofen, 2022, pg. 6.

Podemos identificar no Quadro 1 que as contribuições de regulação estão muito relacionadas as condições ambientais que influenciam a experiência de vida das pessoas e animais, impactando diretamente as contribuições não-materiais e podendo impactar na geração das contribuições materiais, uma vez que sua disponibilidade depende do equilíbrio biofísico dos ecossistemas. Dessa forma, de maneira direta ou indireta, a implantação das FTW tende a oferecer benefícios à área de influência do local de intervenção, pois atua como um agente regulador das condições ambientais, formando uma base para manutenção do habitat ecológico e qualidade dos recursos naturais, que por sua vez aumenta a oferta de elementos que sustentam a existência humana (e.g. água). Tão importante quanto, as experiências

psicológicas, inspiração e aprendizado, favorecem o bem-estar pessoal (e.g. melhoria da autoestima, humor, redução de estresse), desenvolvimento cognitivo, facilidade de integração social, redução dos níveis de mortalidade e até mesmo redução da criminalidade e violência nas áreas urbanas. Ainda, em termos econômicos, as FTW podem reduzir despesas públicas como no caso de controle da eutrofização através da remoção de nutrientes pela fitorremediação, consequentemente o controle de odor, fixação de carbono, conforto térmico; e aumento da perspectiva de valor atribuído pelas pessoas aos ambientes ecologicamente mais abundantes. Esses fatores revelam a necessidade de investimentos não apenas para implantação, mas também manutenção das áreas verdes das FTW para que os benefícios apontados se mantenham ao longo do tempo (De Souza, 2020).

Em relação aos resultados observados para criação e manutenção de habitat, polinização, dispersão de sementes e desenvolvimento de vegetação, foram obtidos através de observação visual. De Souza (2020) relatou a presença de novas espécies vegetais nas FTW ao longo do estudo, criando um novo habitat para colonização da flora. No início da implantação as FTW tinham de 4-6 espécies plantadas, sendo que no final do acompanhamento foram registradas 20-22 espécies, revelando alto índice de colonização com destaque para família *Cyperaceae*, seguida das famílias *Asteraceae* e *Marantaceae*. Em habitat para fauna, o autor revela que foram avistadas diferentes espécies de aves, borboletas, lagartas, abelhas, aranhas e joaninhas interagindo de maneira ativa com as FTW para pouso, caça, nidificação e alimentação dos frutos e néctar das plantas. Também foi identificado a presença de animais aquáticos nadando entre a estrutura e nas proximidades da plataforma flutuante, como alevinos de peixes e girinos (Rigotti, 2020). As taxas de sequestro de carbono (SC) foram investigadas por Sánchez-Galván et al. (2022) para FTW com espécies *Cyperus papyrus* e *Pontederia sagittata*, localizados em uma lagoa urbana em estado de eutrofização no México. Os cálculos de SC foram feitos através do crescimento das plantas (biomassa superior) e crescimento das raízes (biomassa inferior). Apesar do crescimento variar de acordo com as estações, espécies e localização das FTW, foram medidos valores relativamente altos: 0,125 e 0,142 d⁻¹ para *P. sagittata* e *C. papyrus*, respectivamente; sendo as taxas de SC: $1.90 \pm 0.94 \text{ kg.m}^{-2}$ e $4.09 \pm 0.73 \text{ kg.m}^{-2}$, para *P. sagittata* e *C. papyrus*, respectivamente. A contribuição das raízes para SC também foi relevante, cerca de $4.58 \pm 0.59 \text{ kg.m}^{-2}$.

Em relação a percepção ambiental pelas pessoas, De Souza (2020) relata o resultado de 54 entrevistados que tiveram contato com as FTW em ambiente de lago. Uma das perguntas realizadas foi uma questão aberta, perguntando qual seria a função do dispositivo e quais os benefícios que as pessoas acreditavam que poderiam ser gerados: 32% dos entrevistados respondeu que a função era para uso dos peixes, como abrigo, reprodução e alimentação; 22% acreditou ser uma barreira física para limitação dos anzóis de pesca; 18% associou o dispositivo a melhoria da qualidade da água pela renaturalização com plantas; 9% atribuiu ao embelezamento estético e atração de pessoas; 6% respondeu que era uma atração para peixes, visando ponto estratégico de pesca; 5% disse que era uma simulação de ambiente natural para melhorar a qualidade de vida dos animais e beneficiar os usuários através de relaxamento e inspiração; 4% pensou ser um dispositivo para uso das aves, como pouso, abrigo e alimentação; 2% acreditou ser um incentivo a produção de microrganismos; por fim 1% relacionou as FTW a segurança para redução de potenciais impactos ambientais. Outra pergunta realizada foi o grau

de concordância em relação as funcionalidades das FTW, quanto a aprovação do projeto e quanto ao incentivo de ampliar o projeto: 80% dos usuários avaliaram positivamente quanto a utilidade para a qualidade de água, 88% avaliaram positivamente para a utilidade à vida silvestre e 76% avaliaram positivamente a utilidade de beleza paisagística. Quanto a aprovação do projeto, 92% dos respondentes eram favoráveis e em relação a incentivar o aumento da quantidade de ilhas, 58% demonstrou parecer favorável.

Outro ponto importante na esfera social é a promoção da educação ambiental na implementação de soluções como as FTW. Além da sensibilização e conscientização sobre questões ambientais, a educação possibilita a disseminação de informações sobre os benefícios e impactos das soluções, criando base de entendimento para sua replicação e manutenção (Meneses et al., 2023).

Também foram mapeadas limitações das FTW, como susceptibilidade a temperatura, exposição solar, profundidade de água, concentração de poluição e oscilação da performance, área de superfície das raízes e espécies de macrófitas. Em baixas temperaturas, a atividade microbiana e crescimento das plantas é reduzido, diminuindo a remoção de nutrientes da água. A luz solar, é fundamental para fotossíntese e consequentemente controle de oxigênio na água, o que também influencia no controle de nutrientes. Quanto maior a profundidade de água e ecossistemas lênticos, podem levar à estratificação da coluna de água, o que limita o desempenho de purificação da FTW. Por fim, a concentração excessiva de fósforo e/ou amônia podem ser tóxicos para as plantas (Johnson, 2021; Shen; Li; Lu, 2021). De acordo com Barco et al. (2021), existe certa vulnerabilidade nas FTW por dependerem de processos naturais, por isso é essencial a catalogação e escolha das espécies certas para essa solução, a fim de que isso não seja uma limitação. Em sua pesquisa identificou espécies vegetais (e.g. *P. australis* e *T. latifolia*) que tiveram o desenvolvimento vegetal extremamente comprometidos quando os níveis de nutrientes e matéria orgânica da água aumentaram, no entanto, outras espécies (e.g. *I. pseudacorus*) apresentaram um comportamento diferente, com aumento de produção de biomassa acima do meio suporte. No geral todas as espécies tiveram taxa de sobrevivência relativamente alta, mesmo com impactos em eventos climáticos extremos e populações de animais exóticos.

Wang et al. (2020) revela outro aspecto desafiador quanto a implantação da FTW em rios, pois a velocidade da água nesses corpos hídricos pode ser relativamente alta, além de apresentarem condições ambientais complexas que dificultam o sistema de ancoragem e baixa estabilidade das ilhas. Dessa forma, plantas grandes e baixa estabilidade causaram tombamento da vegetação e até mesmo desprendimento da estrutura em estações de fortes ventos e chuvas. A fim de minimizar essa fragilidade, a pesquisa testou uma nova composição com minerais (e.g. zeólita e ferro-esponja, ou em inglês *Direct-Reduced Iron – DRI*) abaixo do meio suporte das ilhas, o que aumentou sua estabilidade, promoveu maior resistência das plantas na estrutura e ainda elevou a eficiência de purificação da água, mesmo em baixas temperaturas.

4 CONCLUSÃO

Mesmo com a metodologia de busca desenhada para encontrar contribuições para além do tratamento de água, a temática da despoluição permaneceu onipresente. De fato, não

foi encontrado nenhum trabalho que não abordasse, em alguma medida, a melhoria da qualidade da água, confirmando que esta é uma função primária e exaustivamente estudada das FTW. Contudo, a RSL foi bem-sucedida em identificar um conjunto de trabalhos que, partindo dessa função essencial, expandiram sua análise para investigar os múltiplos co-benefícios socioambientais, alinhando-se à perspectiva das SbN e das NCP.

A pesquisa indica que as FTW são sistemas emergentes adequados para implantação em corpos hídricos naturais ou artificiais, como rios, lagos e lagoas, apresentando capacidade de prover diversos benefícios socioambientais relacionados às NCP. Apesar das vulnerabilidades atreladas à fatores incontroláveis do ponto de vista antrópico, por se tratar de uma SbN, os resultados obtidos foram positivos com consequente diminuição da pegada ecológica das populações humanas sobre os recursos naturais e demonstrando ser uma importante ferramenta para adaptação climática. Dentre os benefícios atrelados à implantação das FTW, talvez o menos discutido até o presente momento seja a melhoria estética da paisagem urbana e o desenho de cidades mais integradas com a natureza, revelando um novo campo de estudo a ser explorado. Inclusive, a associação desse tipo de ambiente pode ser vinculada ao turismo, com a previsão de decks e passarelas flutuantes na matriz das FTW, com áreas de descanso e caminhada, pontos para observação de fauna, bem como centros de educação ambiental.

Dessa forma, a revisão de literatura realizada confirma a hipótese da necessidade de maior compreensão da aplicação das FTW no contexto da paisagem urbana como uma SbN, o que abre a possibilidade de implementar essa solução em corpos hídricos não poluídos, como uma ferramenta de integração entre as pessoas e a água. Visto que a contribuição das FTW vai muito além da eficiência em relação ao tratamento da água, o ponto de partida apresentado para futuras pesquisas seria em relação a uma nomenclatura capaz de abranger todos os conceitos e funções apresentados, sugerindo-se assim o nome **Ecossistemas Flutuantes (EF)**.

14

5 RECOMENDAÇÕES

Grande parte das pesquisas foi desenvolvida em escala piloto, portanto diversos autores fizeram a recomendação para desenvolvimento de investigações em escala-real com monitoramento à longo prazo, a fim de entender o comportamento e necessidade de manutenções das FTW em um contexto mais complexo e real (Bi et al., 2019; Karstens et al., 2021; Lucke; Walker; Beecham, 2019; Peterson et al., 2021; Rigotti, 2020; Rocha, 2018; Samal; Kar; Trivedi, 2019; Shen; Li; Lu, 2021).

Por se tratar de uma solução natural, diretamente relacionada com o contexto do local de implantação em termos ecossistêmicos, culturais e hidrológicos, os projetos devem ser desenvolvidos considerando espécies vegetais macrófitas nativas, design e dimensionamento de acordo com os níveis de poluição e demais particularidades dos corpos hídricos em questão (Cunha, 2018; Licheski, 2018; Sánchez-Galván et al., 2022; Scaini, 2019; Shen; Li; Lu, 2021).

É essencial entender não apenas a capacidade de beneficiamento das FTW, porém também os impactos provenientes da sua implantação no local e as possíveis adversidades e/ou adaptabilidades operacionais para mitigar riscos de poluição secundária (e.g. *dead zones*, deposição de sedimentos, cobertura e oxigênio dissolvido), desequilíbrio ecológico, abandono e

vandalismo dos sistemas (Feitosa et al., 2018; Rigotti, 2020; Samal; Kar; Trivedi, 2019; Shen; Li; Lu, 2021; Takavakoglou et al., 2021).

As FTW dever ser posicionadas nas proximidades de pontos de lançamento de carga poluente nos corpos hídricos, pois suas raízes atuam como uma barreira física para evitar a dispersão da poluição. É necessário desenvolver mais investigações para estabelecer uma relação entre a profundidade da água e crescimento em profundidade das raízes das plantas (Bi et al., 2019; Henny et al., 2020; Hossain, 2020; Samal; Kar; Trivedi, 2019).

6 REFERÊNCIAS

BARCO, Alberto; BORIN, Maurizio. Treatment performances of floating wetlands: A decade of studies in North Italy. *Ecological Engineering*, v. 158, p. 106016, 1 dez. 2020.

BI, Ran et al. Giving waterbodies the treatment they need: A critical review of the application of constructed floating wetlands. *Journal of Environmental Management*, v. 238, p. 484–498, 15 maio 2019.

CALHEIROS, Cristina S. C. et al. Floating Wetland Islands Implementation and Biodiversity Assessment in a Port Marina. *Water*, v. 12, n. 11, p. 3273, nov. 2020.

CUNHA, Dra Patrícia Hermínio. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE JARDINS FLUTUANTES NA QUALIDADE DA ÁGUA NO AÇUDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG**. Trabalho Final de Graduação—Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

DE SOUZA, Cleandho Marcos. **Alagados flutuantes construídos: design do produto, inovações, eficiência e prestação de serviços ecossistêmicos**. Mestrado em Paisagem e Ambiente—São Paulo: Universidade de São Paulo, 14 maio 2020.

15

DÍAZ, Sandra et al. Assessing nature's contributions to people. *Science*, v. 359, n. 6373, p. 270–272, 19 jan. 2018.

FEITOSA, Patrícia Hermínio Cunha et al. IV-048 - SISTEMA ECOLÓGICO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA POLIMENTO DE AÇUDES URBANOS: ESTUDO DE CASO EM CAMPINA GRANDE-PB. *XIV SIBESA*, v. IV-048, p. 7, 2018.

GROSSHANS, Richard et al. **Floating Treatment Wetlands and Plant Bioremediation: Nutrient treatment in eutrophic freshwater lakes**. Canada: International Institute for Sustainable Development (IISD), 2019.

HENNY, C. et al. The effectiveness of integrated floating treatment wetlands (FTWs) and lake fountain aeration systems (LFAS) in improving the landscape ecology and water quality of a eutrophic lake in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 535, n. 1, p. 012018, jul. 2020.

HERZOG, Cecilia Polacow. **Cidade para todos (RE) aprendendo a conviver com a natureza**. [S.l.]: Mauad X, 2013.

HOSSAIN, S. M. Anwar. **APPLICATION OF CONSTRUCTED FLOATING WETLAND (CFW) IN TREATING URBAN WASTE WATER: A CASE STUDY ON HATIRJHEEL LAKE**. Master—Bangladesh: MILITARY INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, nov. 2020.

JOHNSON, Sophie. **Literature Review: Pollutant Removal Efficacy of Floating Treatment Wetlands Across Water Bodies**. Trabalho Final de Graduação—EUA, Portland: Portland State University, 16 jun. 2021.

KARSTENS, Svenja et al. Constructed floating wetlands made of natural materials as habitats in eutrophicated coastal lagoons in the Southern Baltic Sea. *Journal of Coastal Conservation*, v. 25, n. 4, p. 44, 6 jul. 2021.

KREBS, Vinícius; OLIVEIRA, Renata Farias; SCHRÖDER, Nádia Teresinha. Avaliação da eficiência de ilhas flutuantes com plantas para a melhoria da qualidade hídrica de ecossistemas aquáticos. *Aletheia*, v. 54, n. 1, 2021.

LICHESKI, Kleber José. **Proposta de aplicação de wetlands construídos para a valorização paisagística e recuperação da qualidade ambiental do rio Belém.** Especialização—Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 17 ago. 2018.

LUCKE, T.; WALKER, C.; BEECHAM, S. Experimental designs of field-based constructed floating wetland studies: A review. **Science of The Total Environment**, v. 660, p. 199–208, 10 abr. 2019.

LYRA, Anna Maria Galvão Carneiro; CONSTANTINO, Norma Regina Truppel. Considerações sobre a paisagem sociocultural e ambiental do Rio Jaú. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 12, n. 87, 16 set. 2024.

MEDEIROS, José Marcelo Martins. **CANAIS URBANOS: UMA INTERVENÇÃO PAISAGÍSTICA PARA O CANAL DA AVENIDA MENDONÇA JÚNIOR EM MACAPÁ-AP.** Trabalho Final de Graduação—Macapá: Universidade Federal do Amapá, 2018.

MENDES, Maria Estela Ribeiro. **A Fitorremediação como uma estratégia de projeto para a Sustentabilidade Urbana.** Mestrado em Arquitetura—Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2018.

MENESES, Fernanda Alves Góis *et al.* Reflections on the contribution of Environmental Education to Sustainability in the Applicability of Green Infrastructures. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 11, n. 84, 31 dez. 2023.

MOREIRA, Kaio José Belém. **Jardins flutuantes e a variação de fósforo total em açudes urbanos eutrofizados.** Trabalho Final de Graduação—Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 6 dez. 2019.

PAVLINERI, Natalia; SKOULIKIDIS, Nikolaos Th.; TSIRINTZIS, Vassilios A. Constructed Floating Wetlands: A review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. **Chemical Engineering Journal**, v. 308, p. 1120–1132, 15 jan. 2017.

PETERSON, Eric W. *et al.* The Effectiveness of an Artificial Floating Wetland to Remove Nutrients in an Urban Stream: A Pilot-Study in the Chicago River, Chicago, IL USA. **Hydrology**, v. 8, n. 3, p. 115, set. 2021.

16

RIGOTTI, Jucimara Andreza. **Desenvolvimento e avaliação de um wetland construído flutuante como solução inspirada na natureza para revitalizar rios urbanos.** Doutorado—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

RITZENHOFEN, Lukas *et al.* Ecosystem Service Assessments within the EU Water Framework Directive: Marine Mussel Cultivation as a Controversial Measure. **Applied Sciences**, v. 12, n. 4, p. 1871, jan. 2022.

ROCHA, Elis Gean. **Uso de Jardins Flutuantes na remediação de águas superficiais poluídas.** Mestrado—Campina Grande, PB: Universidade Federal de Campina Grande, fev. 2018.

SAEED, Tanveer *et al.* Floating constructed wetland for the treatment of polluted river water: A pilot scale study on seasonal variation and shock load. **Chemical Engineering Journal**, v. 287, p. 62–73, mar. 2016.

SAMAL, Kundan; KAR, Soham; TRIVEDI, Shivanshi. Ecological floating bed (EFB) for decontamination of polluted water bodies: Design, mechanism and performance. **Journal of Environmental Management**, v. 251, p. 109550, 1 dez. 2019.

SÁNCHEZ-GALVÁN, Gloria *et al.* Pontederia sagittata and Cyperus papyrus contribution to carbon storage in floating treatment wetlands established in subtropical urban ponds. **Science of The Total Environment**, v. 832, p. 154990, 1 ago. 2022.

SCAINI, Mateus Steiner. **Alternativas de tratamento de corpos d'água contaminados em cidades litorâneas: um estudo de caso em Balneário Arroio do Silva.** Trabalho Final de Graduação—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

SHAHID, Munazzam Jawad *et al.* Role of Microorganisms in the Remediation of Wastewater in Floating Treatment Wetlands: A Review. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5559, 10 jul. 2020.

SHEN, Shuting; LI, Xiang; LU, Xiwu. Recent developments and applications of floating treatment wetlands for treating different source waters: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 44, p. 62061–62084, 1 nov. 2021.

TAKAVAKOGLOU, Vasileios *et al.* Screening Life Cycle Environmental Impacts and Assessing Economic Performance of Floating Wetlands for Marine Water Pollution Control. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 9, n. 12, p. 1345, dez. 2021.

WANG, Wen-Huai *et al.* Research and application status of ecological floating bed in eutrophic landscape water restoration. **Science of The Total Environment**, v. 704, p. 135434, 20 fev. 2020a.

WANG, Wen-Huai *et al.* Stability and purification efficiency of composite ecological floating bed with suspended inorganic functional filler in a field study. **Journal of Water Process Engineering**, v. 37, p. 101482, 1 out. 2020b.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Maria Estela Ribeiro Mendes foi responsável pela concepção, curadoria de dados, análise de dados, investigação, redação do rascunho inicial, revisão e edição final deste estudo.

Silvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina foi responsável pelo delineamento dos objetivos e metodologia, redação da revisão crítica e supervisão deste estudo.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

17

Nós, **Maria Estela Ribeiro Mendes** e **Silvia A. Mikami G. Pina**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Benefícios dos Wetlands Flutuantes além da despoluição da água: Uma nova lente para a Paisagem Urbana**":

1. **Vínculos Financeiros:** Não possui vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho.
 2. **Relações Profissionais:** Não possui relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados.
 3. **Conflitos Pessoais:** Não possui conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.
-