

USO DE WETLAND CONSTRUÍDA PARA TRATAMENTO DAS ÁGUAS DO RIACHO CAVOUCO

Ítalo Henrique Martins da Silva

italo.henrique.martins@hotmail.com

Antônio Augusto Costa de Azevedo

antonioazevedo@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A escassez de infraestrutura de saneamento básico nos centros urbanos resulta em severa degradação ambiental e problemas de saúde pública. Em Recife, parcela significativa do esgoto doméstico é lançada *in natura* nos corpos hídricos, como ocorre no Riacho Cavouco, afluente do rio Capibaribe. Diante do alto custo de implantação (CAPEX) e operação (OPEX) dos sistemas convencionais, este trabalho fundamenta-se no Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA) para propor e avaliar a viabilidade técnica de um sistema de fitorremediação do tipo Wetland Construída de Fluxo Subsuperficial Vertical (SAC-V) no Parque Caiara. A partir de dados primários, constatou-se uma vazão afluente de 69.120 m³/dia e concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) incompatíveis com águas de Classe II. O dimensionamento teórico indicou a necessidade de aproximadamente 89.096 m² de leito filtrante para o tratamento integral da vazão. Contudo, o levantamento planialtimétrico revelou uma área útil de 18.000 m², inviabilizando o modelo integral e justificando a adoção de um sis-

tema de derivação (bypass) capaz de tratar 14% da vazão (9.775 m³/dia). Ao comparar este pré-dimensionamento com o projeto piloto real executado no local, observou-se que a engenharia adotou uma carga hidráulica ainda mais conservadora (432 m³/dia) para garantir a eficiência depurativa frente à alta carga poluidora. Conclui-se que o sistema é viável do ponto de vista topográfico e hidráulico, harmonizando infraestrutura de saneamento, paisagismo e baixo custo operacional.

Palavras-chave: wetland construída; fitorremediação; desenho urbano sensível à água; saneamento descentralizado; riacho cavouco.

ABSTRACT

The scarcity of basic sanitation infrastructure in urban centers results in severe environmental degradation and public health problems. In Recife, a significant portion of domestic sewage is discharged untreated into water bodies, as occurs in the Cavouco Stream, a tributary of the Capibaribe River. Given the high cost of implementation (CAPEX) and operation (OPEX) of conventional systems, this work is based on Water-Sensitive Urban Design (WSUD) to propose and evaluate the technical feasibility of a Vertical Subsurface Flow (VSF) Constructed Wetland phytoremediation system in Caiara Park. Based on primary data, an influent flow of 69.120 m³/day and Biochemical Oxygen Demand (BOD) concentrations incompatible with Class II waters were found. Theoretical sizing indicated the need for 89.096 m² of filter bed for the complete treatment of the flow. However, the topographic survey revealed a usable area of 18,000 m², making the integral model unfeasible and justifying the adoption of a bypass system capable of treating 14% of the flow (9.775 m³/day). When comparing this preliminary design with the actual pilot project executed on site, it was observed that the engineering adopted an even more conservative hydraulic load (432 m³/day) to guarantee purification efficiency in the face of the high pollutant load. It is concluded that the system is topographically and hydraulically viable, harmonizing sanitation infrastructure, landscaping, and low operational cost.

Keywords: constructed wetland; phytoremediation; water sensitive urban design; decentralized sanitation; cavouco stream.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o saneamento básico demonstra ser uma peça fundamental no desenvolvimento das sociedades, com impacto direto na saúde pública e na qualidade de vida. A Organização Mundial da Saúde (OMS) reitera frequentemente que o déficit em infraestrutura sanitária é o principal vetor para a proliferação de doenças de veiculação hídrica. No Brasil, apesar dos avanços regulatórios, a universalização do tratamento de esgoto ainda é um desafio substancial, agravado pelo crescimento urbano desordenado e pela falta de planejamento contínuo em infraestrutura (ANA, 2022).

Nesse contexto crítico, a cidade do Recife destaca-se negativamente. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021, apenas 45% da população recifense tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário. Os reflexos dessa deficiência estrutural estendem-se desde os altos índices de endemias e epidemias — como dengue, chikungunya, zika e leptospirose — até a degradação ambiental sistêmica que compromete a salubridade urbana.

Os rios que atravessam a cidade, notadamente as bacias do Capibaribe e do Beberibe, são os principais receptores dessa carga poluidora. Dentro dessa malha hidrográfica, o Riacho Cavouco emerge como um exemplo emblemático. Cortando áreas densamente povoadas, o riacho sofre com a degradação resultante do despejo irregular de esgoto doméstico e resíduos sólidos. Essa sobrecarga contínua resulta em altas concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos, incompatíveis com a sua classificação como afluente de água doce de Classe II, que deveria estar destinado à proteção das comunidades aquáticas (CONAMA, 2005).

A implementação de planos de saneamento ambiental convencionais (Estações de Tratamento de Esgoto - ETE) esbarra frequentemente no alto custo de “CAPEX” e “OPEX”. Sistemas mecanizados exigem alto consumo energético e manutenção especializada, o que muitas vezes inviabiliza sua adoção em larga escala por administrações públicas (VON SPERLING, 2014). Torna-se imperativa a busca por tecnologias alternativas que aliem eficiência, baixo custo e integração urbana.

Esta pesquisa fundamenta-se nos princípios do Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA). Segundo Américo (2023), o DUSA atua na mitigação dos conflitos gerados pela urbanização, promovendo serviços ecossistêmicos que resgatam a relação harmoniosa entre a cidade e as águas. Uma das principais estratégias desse conceito

é a fitorremediação por meio de Wetlands Construídas, ecossistemas artificiais que utilizam processos físicos, químicos e biológicos naturais para a depuração de efluentes, ao mesmo tempo em que funcionam como equipamentos paisagísticos.

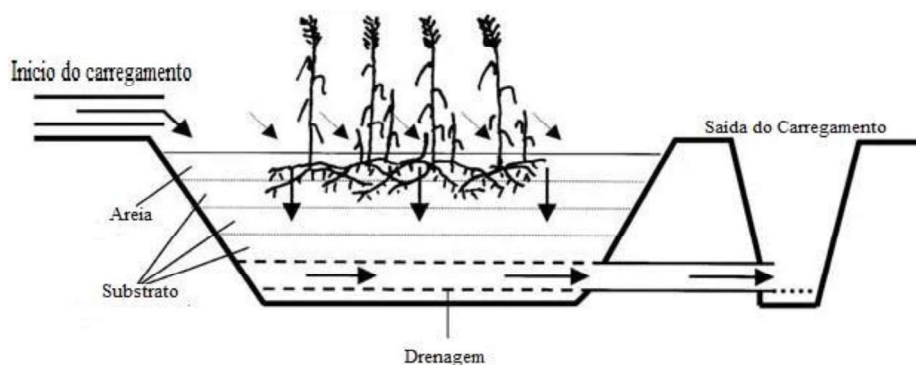
Diante da urgência de requalificação hídrica da bacia, o presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo de viabilidade técnica para o tratamento das águas do Riacho Cavouco no Parque Caiara, utilizando Wetlands Construídas. Especificamente, o trabalho visa: (I) dimensionar o sistema teoricamente a partir de dados reais de vazão e qualidade da água; (II) confrontar as exigências de área do projeto ideal com as restrições planialtimétricas do terreno para proposição de um sistema de derivação (bypass); e (III) comparar o pré-dimensionamento teórico com os parâmetros do projeto piloto efetivamente construído no local, validando a exequibilidade da engenharia adotada.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Wetlands Construídas

As wetlands construídas são sistemas artificiais desenvolvidos para reproduzir e potencializar os processos naturais de tratamento de efluentes observados em áreas alagadas (VON SPERLING, 2014). Esses sistemas utilizam a interação entre meio granular, microrganismos e macrófitas para promover a remoção de poluentes (VON SPERLING, 2014).

Figura 1 – Esquema de uma zona úmida subsuperficial de fluxo vertical.



Fonte: VYMAZAL (2007)

Uma das principais vantagens dessa tecnologia está na baixa demanda energética e na simplicidade operacional, características que a tornam especialmente adequada para aplicações em regiões tropicais e contextos urbanos com restrições de infraestrutura.

2.2 Mecanismos de Fitorremediação

A eficiência das wetlands construídas está associada a uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 2014; SEZERINO et al., 2018). Entre os principais mecanismos destacam-se a filtração de sólidos suspensos, a adsorção de compostos no meio suporte e a degradação microbiológica da matéria orgânica (VON SPERLING, 2014; SEZERINO et al., 2018).

A rizosfera das macrófitas desempenha papel fundamental nesse processo, pois favorece a formação de biofilmes responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela remoção de nutrientes (SEZERINO et al., 2018).

2.3 Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA)

O conceito de Desenho Urbano Sensível à Água propõe a integração entre infraestrutura urbana e processos naturais, promovendo soluções sustentáveis para o manejo das águas pluviais e residuárias (AMÉRICO, 2023).

Nesse contexto, as wetlands construídas destacam-se como elementos de infraestrutura verde (Figura 2), capazes de conciliar tratamento de efluentes, valorização paisagística e melhoria da qualidade ambiental urbana.

Figura 2 – Parc du Chemin de l'Île, França.



Fonte: Ecotelhado (2025)

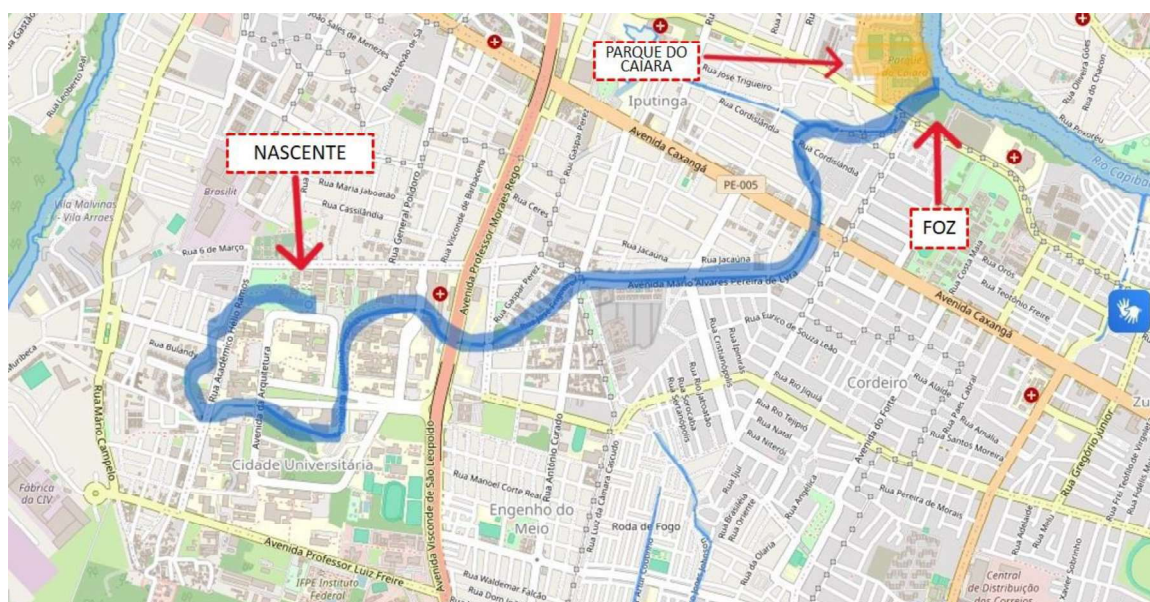
3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de avaliação técnica, com abordagem quantitativa, fundamentado na análise de dados reais de vazão, qualidade da água e levantamento topográfico da área de intervenção.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde à bacia do Riacho Cavouco, como mostra a Figura 3, localizada na cidade do Recife, Pernambuco. O curso d'água atravessa regiões densamente urbanizadas, incluindo os bairros da Várzea, Cidade Universitária, Engenho do Meio, Iputinga e Cordeiro, desaguando no Rio Capibaribe.

Figura 3 – Localização da bacia do Riacho Cavouco e área de intervenção



Fonte: Adaptado de Prefeitura do Recife (2026).

A área de intervenção considerada para implantação do sistema de tratamento é o Parque Caiara, situado na foz do riacho. Trata-se de uma região estratégica, pois concentra a descarga final das águas do Cavouco, possibilitando a implementação de soluções de mitigação da carga poluidora antes do lançamento no corpo hídrico principal.

3.2 Coleta de Dados Primários e Parâmetros de Projeto

Os dados utilizados foram obtidos a partir de fontes secundárias, incluindo relatórios técnicos e levantamentos previamente realizados na área do Riacho Cavouco, destacando-se:

- Vazão e caracterização físico-química da água: BRF Ambiental (2020);
- Dados planialtimétricos: Silva (2020);
- Parâmetros de dimensionamento: Von Sperling (2014) e Sezerino et al. (2018).

A vazão (Q) do riacho foi determinada por medição indireta em campo, conforme relatório técnico da BRF Ambiental (2020), sendo:

- $Q = 0,80 \text{ m}^3/\text{s}$

Convertendo para base diária, obtém-se:

$$Q = 0,80 \times 86.400 = 69.120 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (1)$$

A concentração média de DBO adotada (C) foi de:

- $C = 38,67 \text{ mg/L} = 0,03867 \text{ Kg/m}^3$

Este valor corresponde a uma média representativa entre os valores observados em campo, conforme BRF Ambiental (2020), sendo adotado de forma conservadora para o dimensionamento.

3.3 Critérios de Dimensionamento e Análise de Viabilidade

O dimensionamento do sistema foi realizado com base em metodologias consolidadas na literatura de engenharia sanitária, especialmente aquelas relacionadas ao uso da Taxa de Aplicação Orgânica (TAO) em wetlands construídas (VON SPERLING, 2014).

3.3.1 Cálculo da carga orgânica

A carga orgânica foi determinada pela relação entre vazão e concentração de DBO, conforme metodologia clássica de engenharia sanitária (VON SPERLING, 2014):

$$L=Q \times C \quad (1)$$

Onde:

- L = carga orgânica (kg/dia);
- Q = vazão (m³/dia);
- C = concentração de DBO (mg/L \equiv g/m³).

Substituindo:

$$L = 69.120 \times 38,67 = 2.672.640 \text{ g/dia} = 2.672,87 \text{ kg/dia}$$

3.3.2 Dimensionamento da área do sistema

A área necessária foi estimada com base na Taxa de Aplicação Orgânica (TAO), conforme proposto por Von Sperling (2014) e validado para condições brasileiras por Sezerino et al. (2018):

$$A = L / \text{TAO} \text{ (2)}$$

Onde:

- A = área necessária (m²);
- L = carga orgânica (kg/dia);
- TAO = taxa de aplicação orgânica (kg DBO/m²·dia).

Adotou-se:

$$\text{TAO} = 0,030 \text{ kg DBO/m}^2\cdot\text{dia}$$

Esse valor é recomendado para sistemas de fluxo subsuperficial vertical em clima tropical (VON SPERLING, 2014; SEZERINO et al., 2018).

Assim:

$$A = 2.672,87 / 0,030 = 89.096 \text{ m}^2$$

3.3.3 Dimensionamento em condição real (bypass)

Para fins de dimensionamento, adotou-se que 70% da área total disponível corresponde à área efetivamente útil para tratamento. Essa consideração decorre da necessidade de reservar parte da área para elementos não reacionais do sistema, como estruturas de distribuição, coleta, bordas de contenção, acessos operacionais e zonas com menor eficiência hidráulica.

Embora a literatura não estabeleça um valor fixo para a relação entre área total e área útil em wetlands construídas, estudos indicam que a eficiência hidráulica desses sistemas é influenciada pela presença de zonas mortas e possíveis curtos-circuitos de fluxo, que reduzem o volume efetivamente reacional (KADLEC; WALLACE, 2009).

Dessa forma, a adoção de 70% como área útil representa uma aproximação compatível com práticas de pré-dimensionamento, sendo um valor intermediário que considera as limitações físicas e operacionais do sistema. Ressalta-se que, em projetos executivos, esse valor pode ser refinado com base em modelagem hidráulica e ensaios de campo.

Considerando a área disponível, a carga tratável foi determinada pela relação entre área e TAO, conforme metodologia apresentada por Von Sperling (2014):

$$A_{\text{útil}} = 0,70 \times 18.000 = 12.600 \text{ m}^2$$

A carga tratável foi determinada por:

$$L = A \times \text{TAO} \quad (2)$$

$$L = 12.600 \times 0,030 = 378 \text{ kg/dia}$$

A vazão correspondente à carga tratável foi obtida por rearranjo da equação da carga orgânica (VON SPERLING, 2014):

$$Q = L / C \quad (3)$$

$$Q = 378 / 0,03867 = 9.775 \text{ m}^3/\text{dia}$$

3.3.4 Tempo de detenção hidráulica (TDH)

O tempo de detenção hidráulica foi estimado pela relação entre volume e vazão, conforme abordagem clássica de projetos de tratamento de efluentes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011):

$$\text{TDH} = V / Q \quad (4)$$

Onde:

- V = volume do sistema (m³);
- Q = vazão (m³/dia).

Considerando profundidade média do leito de 0,7 m:

$$V = A \times h \text{ (5)}$$

$$V = 12.600 \times 0,7 = 8.820 \text{ m}^3$$

$$\text{TDH} = 8.820 / 9.775$$

$$\text{TDH} \approx 0,90 \text{ dias} \approx 21,7 \text{ horas}$$

3.3.5 Comportamento hidráulico do sistema

O comportamento hidráulico do sistema constitui fator determinante para sua eficiência. Em wetlands construídas, o fluxo deve ser distribuído de forma uniforme ao longo dos módulos, evitando a ocorrência de curtos-circuitos hidráulicos e zonas mortas, que comprometem o tempo de detenção e a eficiência do tratamento (KADLEC; WALLACE, 2009).

Nos sistemas de fluxo subsuperficial vertical (SAC-V), o escoamento ocorre predominantemente no sentido descendente, favorecendo a oxigenação do meio e a degradação aeróbia da matéria orgânica. Já nos sistemas de fluxo subsuperficial horizontal (SAC-H), o escoamento ocorre lateralmente, proporcionando maior tempo de contato e condições anóxicas, que favorecem processos como a desnitrificação (VON SPERLING, 2014).

A adoção de sistemas híbridos permite combinar esses mecanismos, aumentando a eficiência global do tratamento. Dessa forma, torna-se essencial o adequado dimensionamento das estruturas de entrada e saída, bem como a garantia de distribuição homogênea do fluxo entre os módulos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Área necessária para tratamento integral

O dimensionamento teórico indicou a necessidade de uma área de aproximadamente 89.096 m² para o tratamento integral da vazão do Riacho Cavouco, considerando a Taxa de Aplicação Orgânica (TAO) adotada. Esse valor decorre diretamente da relação entre a carga orgânica afluente e a capacidade de assimilação do sistema (VON SPERLING, 2014).

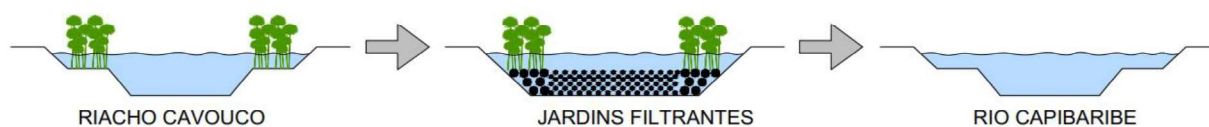
Ao comparar esse resultado com a área disponível para implantação (cerca de 18.000 m²), evidencia-se uma incompatibilidade significativa, típica de áreas urbanas

consolidadas, nas quais a disponibilidade de espaço físico constitui fator limitante para soluções convencionais de saneamento.

4.2 Adequação do sistema em bypass

Diante da limitação espacial, adotou-se a estratégia de derivação parcial da vazão (bypass), permitindo o tratamento de apenas uma fração do escoamento. Considerando uma área útil de 12.600 m² destinada aos leitos filtrantes, a carga orgânica tratável foi estimada em 378 kg DBO/dia.

Figura 4 – Esquema conceitual do sistema de tratamento por wetland construída no Riacho Cavouco.



Fonte: Autor (2026)

Essa abordagem é compatível com práticas contemporâneas de engenharia sanitária em contextos urbanos, nas quais se busca maximizar a eficiência de remoção dentro das restrições existentes, ao invés de garantir o tratamento integral da vazão (SEZERINO et al., 2018).

4.3 Vazão tratada e percentual de atendimento

A carga tratável estimada corresponde a uma vazão de aproximadamente 9.775 m³/dia, o que representa cerca de 14% da vazão total do riacho em condições de tempo seco.

Embora esse percentual seja limitado sob uma perspectiva quantitativa, sua relevância deve ser analisada sob o ponto de vista qualitativo, uma vez que a remoção contínua de parte da carga orgânica contribui significativamente para a melhoria das condições ambientais do corpo hídrico receptor.

4.4 Eficiência de remoção e impacto ambiental

Adotando uma eficiência média de remoção de 80%, valor compatível com sistemas de fluxo subsuperficial vertical operando em clima tropical (VON SPERLING,

2014; KADLEC; WALLACE, 2009), a carga efetivamente removida é da ordem de 302,4 kg DBO/dia.

Esse resultado representa uma redução contínua e relevante da carga poluidora lançada no Rio Capibaribe, contribuindo para a melhoria progressiva da qualidade da água e para a mitigação dos impactos associados à poluição orgânica.

4.5 Análise de viabilidade técnica

A viabilidade técnica da solução proposta não está associada ao tratamento integral da vazão, mas sim à capacidade de promover ganhos ambientais expressivos dentro das limitações físicas do local. Nesse sentido, o sistema em bypass demonstra-se uma alternativa eficiente e coerente com o contexto urbano analisado.

Além disso, a utilização de wetlands construídas apresenta vantagens operacionais importantes, como baixo consumo energético, simplicidade de manutenção e maior resiliência a variações de carga, características amplamente reconhecidas na literatura (KADLEC; WALLACE, 2009; SEZERINO et al., 2018).

4.6 Integração urbana e sustentabilidade

Outro aspecto relevante refere-se à possibilidade de integração do sistema ao espaço urbano, em consonância com os princípios do Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA). Diferentemente de sistemas convencionais, as wetlands construídas podem ser incorporadas à paisagem como infraestrutura verde, promovendo benefícios ambientais, sociais e paisagísticos simultaneamente (AMÉRICO, 2023).

Assim, além de sua função sanitária, o sistema proposto contribui para a valorização do espaço urbano e para a requalificação ambiental da área de estudo.

4.7 Caracterização do projeto piloto

O projeto piloto implantado no Parque Caiara consiste em um sistema de jardim filtrante baseado no conceito de wetlands construídas, desenvolvido no âmbito de iniciativas de inovação urbana e saneamento sustentável.

O sistema foi dimensionado para tratar uma vazão da ordem de 432 m³/dia, valor significativamente inferior à vazão total do Riacho Cavouco, estimada em 69.120 m³/dia. A área ocupada pelo sistema situa-se na faixa de 7.000 a 12.000 m².

A proposta do projeto piloto não visa o tratamento integral da carga poluidora, mas sim a implementação de uma solução inicial, com caráter demonstrativo e experimental, permitindo avaliar o desempenho do sistema em condições reais de operação.

Dessa forma, o projeto piloto representa uma estratégia de implantação progressiva, alinhada aos princípios de soluções baseadas na natureza.

4.8 Comparação entre projeto teórico e projeto piloto

O dimensionamento teórico indicou a necessidade de aproximadamente 89.096 m² para o tratamento integral da vazão, enquanto a área disponível no local é de 18.000 m², o que inviabiliza essa abordagem.

O sistema proposto neste estudo permite o tratamento de aproximadamente 9.775 m³/dia, correspondente a cerca de 14% da vazão total. Em contraste, o projeto piloto implantado opera com vazões da ordem de 432 m³/dia.

Figura 5 – Tabela comparativa Projeto Teórico x Projeto Piloto.

Parâmetro	Projeto Teórico	Projeto Piloto
Vazão considerada	69.120 m ³ /dia / 9.775 m ³ /dia (adaptado)	432 m ³ /dia
Área necessária (100%)	89.096 m ²	7.000 m ²
Área disponível	18.000 m ²	Área implantada compatível
Percentual tratado	100% (teórico) / 14% (adaptado)	< 1% da vazão total
Estratégia	Bypass (derivação parcial)	Sistema piloto (demonstrativo)
Carga removida	302 kg DBO/dia	Escala piloto (muito baixa)
Objetivo	Viabilidade técnica	Implementação prática inicial

Fonte: Autor (2026)

Essa diferença evidencia o distanciamento entre o dimensionamento ideal e as limitações práticas de implantação, especialmente em áreas urbanas consolidadas. Dessa forma, o projeto piloto deve ser compreendido como uma solução inicial, enquanto o presente estudo apresenta uma proposta de ampliação da capacidade de tratamento dentro das restrições existentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou a viabilidade técnica da aplicação de Wetlands Construídas de Fluxo Subsuperficial Vertical para a fitorremediação do Riacho Cavouco, integrando infraestrutura de saneamento básico ao ambiente urbano consolidado do Parque Caiara.

O cruzamento de dados hidrológicos fluviométricos, laudos físico-químicos e topografia real revelou o distanciamento existente entre o dimensionamento ideal da teoria sanitária (que exigiria quase 90.000 m²) e as severas restrições espaciais urbanas. A proposição de um sistema de derivação (bypass) provou-se a solução de engenharia mais adequada, sendo validada pela própria execução de um projeto piloto análogo no local.

Conclui-se que, embora a área física disponível seja insuficiente para a universalização do tratamento do riacho em um único ponto, a implantação descentralizada da fitorremediação consagra os princípios do Desenho Urbano Sensível à Água (DUSA). A intervenção transforma um problema crônico de saúde pública em um equipamento paisagístico exequível, resiliente às oscilações de maré e de baixo custo de manutenção, configurando um passo de engenharia indispensável para a requalificação hídrica sustentável da bacia do rio Capibaribe.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de monitoramento sistemático da qualidade do efluente após a passagem pelo sistema de wetland construída, incluindo parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Essa análise permitirá validar experimentalmente a eficiência do sistema proposto e subsidiar futuras ampliações ou ajustes operacionais.

REFERÊNCIAS

FOLHA DE PERNAMBUCO. **Concentração urbana do Recife é a quinta maior do Brasil**. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/concentracao-urbana-do-recife-e-a-quinta-maior-do-brasil/277888/>. Acesso em: 13 dez. 2023.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. **Os impactos da falta de saneamento básico em Recife/PE**. 2021. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/outros/geral/impactos-falta-saneamento-recife/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

OBSERVATÓRIO SAR. **O riacho do Cavouco como patrimônio natural e cultural**. 2019. Disponível em: <https://observatoriosar.wordpress.com/2019/06/20/o-riacho-do-cavouco-como-patrimonio-natural-e-cultural/>. Acesso em: 14 fev. 2024.

BARROS, Maria Lígia. **PE: Recife e Jaboatão estão entre as 20 cidades do país com pior saneamento básico.** Brasil de Fato, abr. 2022. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2022/04/13/pe-recife-e-jaboatao-estao-entre-as-20-cidades-do-pais-com-pior-saneamento-basico>. Acesso em: 14 nov. 2024.

RIBEIRO, Beatriz de Fátima; BLAUTH, Gabrielle Peruch; BEATI, André A. Gutierrez Fernandez. **Estudo da efetividade dos jardins filtrantes no tratamento de efluentes sanitários.** 2020. Trabalho de Graduação – Universidade São Francisco, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2020/04/efetividade-jardins-filtrantes-tratamento-efluentes.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2024.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. VYMAZAL, J. Constructed wetlands for wastewater treatment. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Eschema-de-uma-wetlands-subsuperficial-de-fluxo-vertical-Fonte-VYMAZAL-2007_fig4_301543348. Acesso em: 14 nov. 2024.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **O saneamento em Recife/PE.** Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pe/recife>. Acesso em: 16 nov. 2024.

COMETTI, José Luis. **SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL DE RIACHOS URBANOS BASEADO EM REGRAS DIFUSAS.** 2019. Tese (Doutorado). Disponível em: https://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2022/06/Tese_Jose_Luis_Cometti_14_02_2020.pdf. Acesso em: 16 nov. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2024.

ALENCAR, Anna Karina Borges de. **Urbanismo sensível às águas: o paradigma da sustentabilidade na concepção de projetos para recuperação de rios urbanos.** 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/21577>. Acesso em: 19 nov. 2024.

SILVA, Simone de Paula. **O uso da wetland paisagística como elemento para despoluição de rios e requalificação urbana.** 2018. Tese (Doutorado) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/80>. Acesso em: 19 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: relatório pleno.** Brasília, DF: ANA, 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIREC.pdf. Acesso em: 22 nov. 2024.

AMÉRICO, Ricardo Henrique Barbosa. **Proposta de requalificação do Cavouco utilizando o processo de fitorremediação.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso – UFPE, Recife, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50963/1/TCC%20Ricardo%20Henrique%20Barbosa%20Am%C3%A9rico.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2025.

ARIES – Agência Recife para Inovação e Estratégia. **Jardim filtrante do Parque Caiara: Projeto CITinova**. Recife, 2023. Disponível em: <https://aries.org.br>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRF AMBIENTAL. **Relatório técnico: análise físico-química de sedimentos, de água e medição de vazão pontual do Riacho Cavouco**. São Paulo: BRF Serviços Ambientais, 2020. Relatório técnico interno.

AEROGIS GEOTECNOLOGIA. **Estudo de marés: planilha de registros históricos e previsão**. Recife: AeroGis, 2020. Relatório técnico interno.

PHYTORESTORE BRASIL. **Memorial técnico de projeto: jardins filtrantes para tratamento do Riacho Cavouco**. São Paulo: Phytorestore, 2020. Relatório técnico interno.

SILVA, J. A. **Levantamento planialtimétrico cadastral: área de abrangência do Parque Caiara**. Recife: J. A. da Silva Serviços Topográficos, 2020. Relatório técnico interno.

SEZERINO, P. H. et al. **Wetlands construídos: experiências brasileiras**. Florianópolis: GESAD/UFSC, 2021. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experi%C3%AAs-Brasileiras-1.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

SEZERINO, P. H. et al. **Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil**. Wetlands Brasil, 2018. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2018/12/Boletim-Wetlands-Brasil-Edi%C3%A7%C3%A3o-Especial-Dimensionamento-de-Wetlands-Constru%C3%ADdos-no-Brasil-von-Sperling-Sezerino-2018-2.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

ECOTELHADO. **A utilização de wetlands no paisagismo e desenho urbano: parque na França contribui para a despoluição do Rio Sena**. Disponível em: <https://ecotelhado.com/blog/a-utilizacao-de-wetlands-no-paisagismo-e-desenho-urbano-parque-na-franca-contribui-para-a-despoluicao-do-rio-sena/>. Acesso em: 25 fev. 2026.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment wetlands. 2. ed.** Boca Raton: CRC Press, 2009. Disponível em: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/KADLEC%20WALLACE%202009%20Treatment%20Wetlands%202nd%20Edition_0.pdf. Acesso em: 25 fev. 2026.

PREFEITURA DO RECIFE. **Área urbana do Recife**. 2026. Disponível em: <https://dados.recife.pe.gov.br/lv/dataset/area-urbana/resource/dc655db0-6b58-4334-8d72-1ef666de4b86>. Acesso em: 25 fev. 2026.