

WETLANDS CONSTRUÍDOS COM MEIO SUPORTE DE SOLO E FIBRA DE COCO PLANTADOS COM FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARISE*) NA REMOÇÃO DE NUTRIENTES EM ESGOTOS DOMÉSTICOS

HUMEDALES CONSTRUIDAS CON MEDIO APOYO DE TIERRA Y FIBRA DE COCO SEMBLADOS CON FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARISE*) EN LA ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

WETLANDS CONSTRUCTED WITH HALF-SUPPORT OF SOIL AND COCONUT FIBER PLANTED WITH BEAN (*PHASEOLUS VULGARISE*) IN THE REMOVAL OF NUTRIENTS FROM DOMESTIC SEWAGE

Daniely Teixeira de Carvalho¹, Joyce Kaline Sousa Santos², Francisco de Souza Fadigas³ e Selma Cristina da Silva⁴.

¹Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas (CETEC) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas-Ba, Brasil, danielyteixeira@aluno.ufrb.edu.br, nº de ORCID 0009-0006-7652-8786;

²Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental-CETEC/UFRB, Cruz das Almas, Brasil, joycekaline@aluno.ufrb.edu.br, nº de ORCID 0009-0005-0473-7020;

³Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutor em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Professor Associado II do CETEC/UFRB, Cruz das Almas, Brasil, fadigas@ufrb.edu.br, nº de ORCID 0000-0002-6826-3611;

⁴Engenheira Sanitarista e Ambiental e Especialista em Gerenciamento de recursos pela UFBA. Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Tecnologia Ambiental pelo Departamento pela Univerdade de Brasília. Pós Doutora em tratamento de efluentes pela UFRCG. Professora Associada do CETEC/UFRB, Cruz das Almas, Brasil, selma@ufrb.edu.br, nº de ORCID 0000-0002-0387-6943

Eixo Temático 05 – Esgotamento sanitário

Tecnologias descentralizadas de tratamento: fossas sépticas, biodigestores, wetlands, reatores e outras soluções de baixo custo para comunidades rurais.

Eje Temático 05 – Alcantarillado sanitario

Tecnologías de tratamiento descentralizado: fosas sépticas, biodigestores, humedales, reactores y otras soluciones de bajo costo para comunidades rurales.

Thematic Axis 05 – Sanitary sewerage

Decentralized treatment technologies: septic tanks, biodigesters, wetlands, reactors, and other low-cost solutions for rural communities.

RESUMO

Os *wetlands* construídos (WCs) são sistemas criados artificialmente para o tratamento de águas residuárias domésticas ou industriais, aproveitando processos naturais de purificação. Eles são formados por um meio filtrante ou suporte geralmente composto por cascalho, areia grossa ou brita e por plantas aquáticas (macrófitas). Nesses sistemas, a água passa pelo material filtrante, onde ocorre a remoção de impurezas por meio da interação entre o solo, a vegetação e os microrganismos. São empregados principalmente para reduzir matéria orgânica (tratamento secundário), além de promover a remoção de nutrientes como nitrogênio total (NT) e fósforo

total (PT) (tratamento terciário). O Nitrogênio (N), presente nas formas orgânica e amoniacal, é eliminado por processos como mineralização, volatilização, desnitrificação, fixação microbiana, absorção pelas plantas e imobilização. O fósforo (P), encontrado principalmente na forma de ortofosfato, é removido por adsorção ao material filtrante e nas raízes das plantas, assimilação pelas macrófitas e imobilização microbiana. Esse trabalho avaliou a eficiência dos *wetlands* construídos de fluxo vertical com solo e fibra de coco (WCFV-1) e sem fibra de coco (WCFV-3), plantados com feijão, na remoção de nutrientes (N e P). O desempenho dos sistemas foi avaliado por meio dos parâmetros: PT, NT e Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃). A análise de nutrientes foi realizada no terceiro e quarto ciclo da cultura, sendo o terceiro ciclo com periodicidade semanal e quarto com periodicidade quinzenal. No terceiro ciclo, as eficiências médias de remoção de PT, NT e N-NH₃ foram, respectivamente, de 62,28%, 75,33% e 73,42% (WCFV-1), e de 83,33%, 90,43% e 91,89% (WCFV-3). No quarto ciclo, de 67,71%, 82,03% e 85,19% (WCFV-1) e de 77,58%, 86,95% e 90,10% (WCFV-3). A avaliação comparativa entre as duas unidades experimentais evidenciou que o WCFV-3, caracterizado por maior tempo de detenção hidráulica (TDH), apresentou, na maioria dos ciclos analisados, eficiências superiores de remoção de PT, NT e N-NH₃. No WCFV-1, as eficiências foram menores, em função do menor TDH proporcionado pela presença da fibra de coco. Mesmo assim, obteve resultados consistentes, indicando que o uso da fibra de coco é possível como parte do meio suporte desses sistemas. Esses resultados reforçam a importância de considerar a interação entre configuração do sistema, TDH e desenvolvimento saudável da vegetação no desempenho global de WCs.

Palavras-chave: Saneamento básico, tratamento de esgotos, sistemas naturais, economia circular

RESÚMEN

Los humedales artificiales (HA) son sistemas creados artificialmente para el tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales, aprovechando los procesos naturales de depuración. Consisten en un medio filtrante o soporte, generalmente compuesto de grava, arena gruesa o piedra triturada, y plantas acuáticas (macrófitas). En estos sistemas, el agua pasa a través del material filtrante, donde se eliminan las impurezas mediante la interacción entre el suelo, la vegetación y los microorganismos. Se utilizan principalmente para reducir la materia orgánica (tratamiento secundario) y promover la eliminación de nutrientes como el nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT) (tratamiento terciario). El nitrógeno (N), presente en formas orgánicas y amoniacales, se elimina mediante procesos como la mineralización, la volatilización, la desnitrificación, la fijación microbiana, la absorción vegetal y la inmovilización. El fósforo (P), presente principalmente en forma de ortofosfato, se elimina por adsorción al material filtrante y las raíces de las plantas, asimilación por las macrófitas e inmovilización microbiana. Este estudio evaluó la eficiencia de humedales de flujo vertical construidos con tierra y fibra de coco (WCFV-1) y sin fibra de coco (WCFV-3), sembrados con frijol, en la remoción de nutrientes (N y P). El desempeño de los sistemas se evaluó utilizando los parámetros: PT, NT y nitrógeno amoniacal (N-NH₃). El análisis de nutrientes se realizó en el tercer y cuarto ciclo de cultivo, siendo el tercer ciclo semanal y el cuarto ciclo quincenal. En el tercer ciclo, las eficiencias promedio de remoción de PT, NT y N-NH₃ fueron, respectivamente, 62.28%, 75.33% y 73.42% (WCFV-1), y 83.33%, 90.43% y 91.89% (WCFV-3). En el cuarto ciclo, las eficiencias de remoción fueron 67.71%, 82.03% y 85.19% (WCFV-1) y 77.58%, 86.95% y 90.10% (WCFV-3). La evaluación comparativa entre las dos unidades experimentales mostró que WCFV-3,



caracterizado por un mayor tiempo de retención hidráulica (TRH), presentó, en la mayoría de los ciclos analizados, mayores eficiencias de remoción de PT, NT y N-NH₃. En WCFV-1, las eficiencias fueron menores debido al menor TRH proporcionado por la presencia de fibra de coco. Aun así, se obtuvieron resultados consistentes, lo que indica que la fibra de coco puede ser utilizada como parte del medio de soporte en estos sistemas. Estos resultados refuerzan la importancia de considerar la interacción entre la configuración del sistema, el TRH y el desarrollo de una vegetación saludable en el rendimiento general de los WCs.

Palabras clave: Saneamiento básico, tratamiento de aguas residuales, sistemas naturales, economía circular

ABSTRACT

Constructed wetlands (WCs) are artificially created systems for treating domestic or industrial wastewater, harnessing natural purification processes. They consist of a filter media or support generally composed of gravel, coarse sand, or crushed stone, and aquatic plants (macrophytes). In these systems, water passes through the filter material, where impurities are removed through the interaction between soil, vegetation, and microorganisms. They are primarily used to reduce organic matter (secondary treatment) and promote the removal of nutrients such as total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) (tertiary treatment). Nitrogen (N), present in organic and ammoniacal forms, is eliminated through processes such as mineralization, volatilization, denitrification, microbial fixation, plant uptake, and immobilization. Phosphorus (P), found primarily in the form of orthophosphate, is removed by adsorption to the filter material and plant roots, assimilation by macrophytes, and microbial immobilization. This study evaluated the efficiency of vertical flow wetlands constructed with soil and coconut fiber (WCFV-1) and without coconut fiber (WCFV-3), planted with beans, in the removal of nutrients (N and P). The performance of the systems was evaluated using the parameters: PT, NT, and Ammoniacal Nitrogen (N-NH₃). Nutrient analysis was performed in the third and fourth crop cycles, the third cycle being weekly and the fourth cycle being biweekly. In the third cycle, the average removal efficiencies of PT, NT, and N-NH₃ were, respectively, 62.28%, 75.33%, and 73.42% (WCFV-1), and 83.33%, 90.43%, and 91.89% (WCFV-3). In the fourth cycle, the removal efficiencies were 67.71%, 82.03%, and 85.19% (WCFV-1) and 77.58%, 86.95%, and 90.10% (WCFV-3). The comparative evaluation between the two experimental units showed that WCFV-3, characterized by a longer hydraulic retention time (HRT), presented, in most of the analyzed cycles, higher PT, NT, and N-NH₃ removal efficiencies. In WCFV-1, the efficiencies were lower due to the lower HRT provided by the presence of coconut fiber. Even so, consistent results were obtained, indicating that coconut fiber can be used as part of the support medium in these systems. These results reinforce the importance of considering the interaction between system configuration, HRT, and healthy vegetation development in the overall performance of WCs.

Keywords: Basic sanitation, sewage treatment, natural systems, circular economy

INTRODUÇÃO

A experiência de estudo foi realizada na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), em Cruz das Almas – BA, no ano de 2024. O experimento teve como objetivo avaliar a eficiência de remoção de nutrientes em *Wetlands* Construídos de Fluxo Vertical (WCFV),



empregando dois tipos de meio suporte: solo combinado com fibra de coco e solo puro, ambos plantados com feijão (*Phaseolus vulgaris*).

A pesquisa foca no desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias descentralizadas de tratamento que se mostram viáveis para comunidades rurais, como os *wetlands* construídos (WCs). Os WCs são sistemas construídos pelo homem, que tentam imitar os processos que ocorrem nos *wetlands* naturais, estes locais estão representados em forma de manguezais, banhados e pântanos (SILVEIRA, 2023), para tratamento de águas residuárias. Por volta de 1950, houve o primeiro registro de utilização dessa tecnologia pela bióloga Limnóloga Kathe Seidel do Instituto Max Planck, na Alemanha (KADLEC; KNIGHT, 2009). Esses sistemas funcionam aproveitando a interação entre a água residuária e uma série de componentes biológicos e físicos presentes no sistema. Nesse processo, ocorrem fenômenos como sedimentação, adsorção e filtração, que são essenciais para a remoção de poluentes. Além disso, a degradação microbiológica desempenha um papel crucial na transformação de substâncias nocivas em compostos menos prejudiciais.

Os WCs podem ser classificados em diferentes modalidades de escoamento. Na modalidade de escoamento subsuperficial, destacam-se duas principais configurações: o fluxo vertical (WCFV) e o fluxo horizontal (WCFH). Cada uma dessas configurações apresenta características específicas que influenciam sua operação e eficiência no tratamento dos efluentes.

O uso dos WCs produz diversos benefícios, incluindo uma série de serviços ecossistêmicos, como resfriamento, restauração da biodiversidade e paisagismo (Stefanakis, 2019). Compreender o funcionamento desses sistemas é essencial para aprimorar suas aplicações e desenvolver estratégias ainda mais eficazes para enfrentar os desafios relacionados ao gerenciamento da água em um mundo em constante mudança.

Os WCs desempenham um papel fundamental na remoção e transformação de nutrientes presentes nas águas residuárias, especialmente nitrogênio (N) e fósforo (P), que podem causar eutrofização dos corpos d'água.

A utilização da fibra de coco, resíduo agroindustrial abundante na região, representa uma adaptação tecnológica sustentável, que alia reaproveitamento de materiais a melhorias na eficiência de tratamento.

A importância desta experiência reside na contribuição para a engenharia sanitária e



ambiental, ao oferecer alternativas eficientes e economicamente acessíveis para a remoção de N e P, reduzindo riscos de eutrofização e impactos ambientais. Além disso, os resultados obtidos podem orientar projetos de saneamento básico adaptados às condições de pequenas comunidades e áreas rurais, promovendo soluções que integram inovação, sustentabilidade e uso de recursos locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a partir de três unidades experimentais *de* WCs com meio suporte de solo composto por areia grossa lavada misturada com solo na proporção de 1:1,5. Contudo, um dos tanques foi utilizada uma camada de 2 cm de fibra de coco verde seca lavada. A metodologia de montagem e operação foi a mesma utilizada por Silva (2007).

Para a construção das unidades experimentais, foram utilizados os seguintes materiais: seis caixas d'água com capacidade de 250 litros cada, apresentando uma altura sem tampa de 0,50 m, diâmetro interno de 1,03 m e área superficial de 0,83 m², além de uma caixa de 1000 litros para armazenamento semanal do esgoto. Também foram empregadas tubulações de PVC para drenagem, com diâmetro de 50 mm, e tubulações de PVC para a distribuição dos esgotos, com diâmetro de 40 mm. Outras peças de PVC incluíram torneiras pretas de jardim de ½", juntas e joelhos com diâmetro de 40 mm, e registros esféricos de 40 mm. Adicionalmente, foram utilizados areia lavada, brita, gravilhão, pedrisco de jardim, bidim, tela fina, mangueiras para medição de nível e suporte de madeira.

Na primeira unidade experimental (WCFV-1) foi utilizado solo e fibra de coco verde seca lavada plantado com feijão; na segunda (WCFV-2), solo plantado com sorgo e; na terceira (WCFV-3) apenas o solo plantado com feijão. Porém, para esse trabalho estão sendo apresentados dados apenas das unidades WCVF-1 e WCVF-3, plantadas com a cultura do feijão.

O esgoto afluente as unidades WCs foram coletados na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada em Cruz das Almas-Ba na saída de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), popularmente conhecido pela sigla em inglês, UASB. Optou-se pelo efluente pré-tratado, a fim de evitar a rápida colmatção de leito filtrante. Os esgotos foram aplicados para tratamento nas segundas, quartas e sextas-feiras, mantendo os outros dias em descanso para controlar o processo de colmatção do solo. A taxa de aplicação hidráulica foi

de $0,07\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$.

A qualidade dos afluentes e efluentes foram monitoradas com base nos seguintes parâmetros: Fósforo Total (PT) pelo método do Amarelo de Vanadato; Nitrogênio Total (NT) e Nitrogênio Amoniacal (N-NH_3) por meio do método *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA-AWWA-WPCF, 2005), sendo os de NT e PT adaptados de acordo com a metodologia de Silva (2009).

A produção das mudas de feijão foi realizada em sacos plásticos pretos apropriados. Foram utilizados solo e adubo na proporção de 2:1. Em cada saco foram feitas covas de até 1 cm e adicionadas 5 sementes dentro da abertura (**Figura 1a**). Após a semeadura, o solo foi irrigado todos os dias pela manhã e à tarde com água de poço, para manter a umidade adequada para a germinação, que ocorreu em 4 dias e o transplântio para os WCFV foi realizado após 8 dias da semeadura (**Figura 1b**).

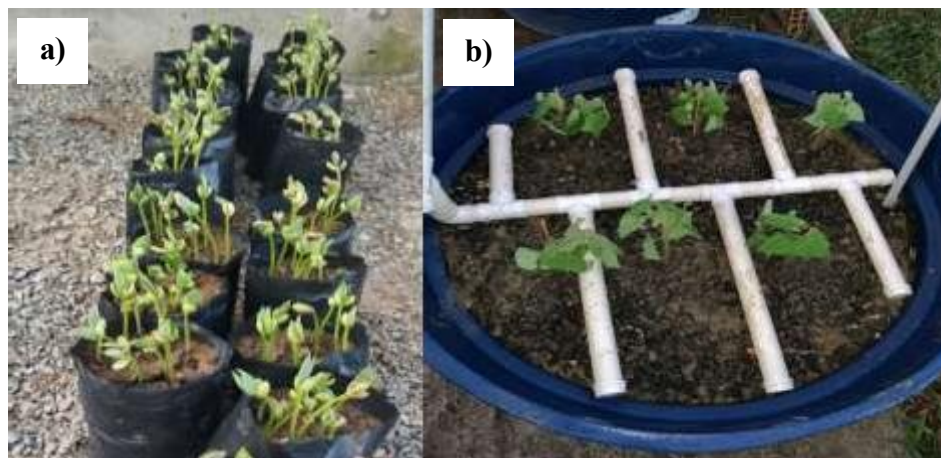


Figura 1: Mudas de feijão: a) após 4 dias de germinação; b) transplantadas para as unidades WCFV.
Fonte: Elaboração própria (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2, observam-se as concentrações médias dos nutrientes nas amostras do esgoto do UASB (afluente) e do efluente das unidades experimentais WCFV, respectivamente, no terceiro e quarto ciclo da cultura do feijão.

As concentrações de P nos efluentes dos dois ciclos do sistema ultrapassam os limites para águas superficiais, que são de $0,02\text{ mg/L}$ (classe 1) e de $0,01\text{ mg/L}$ (classe 2) para lagos e, de $0,05\text{ mg/L}$ (classe 1) e de $0,01\text{ mg/L}$ (classe 2) para rios (Brasil, 2005), podendo causar eutrofização, caso o manancial não apresente vazão suficiente para manter a concentração de P da classe do seu enquadramento, após a mistura.

Tabela 1. Caraterísticas (média $\pm$ desvio padrão) dos afluentes e efluentes dos WCFV durante o terceiro ciclo

(Jun-Jul/2024) de da cultura do feijão.

Parâmetros	Afluente	Efluente	
		WCFV-1	WCFV-3
Fósforo (P) Total (mg/L)	8,32±1,19	3,11±0,63	1,42±0,51
Nitrogênio (N)Total (mg/L)	68,69±4,29	16,81±4,46	6,51±1,49
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃)(mg/L)	40,61±11,77	10,62±3,83	3,29±1,56

Fonte: Elaboração própria (2024).

Tabela 2. Características (média ±desvio padrão) dos afluentes e efluentes dos WCFV durante o quarto ciclo (Out-Nov/2024) de da cultura do feijão.

Parâmetros	Afluente	Efluente	
		WCFV-1	WCFV-3
Fósforo (P) Total (mg/L)	10,01±0,90	3,22±0,45	2,23±0,38
Nitrogênio (N)Total (mg/L)	83,16±2,86	14,91±1,57	10,85±0
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃)(mg/L)	49,61±1,86	7,37±1,84	4,92±0,52

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Resolução CONAMA 430/2011 não define padrão para lançamento de P nas águas, apenas permite que órgãos ambientais o estabeleçam quando houver histórico de floração de cianobactérias em mananciais de abastecimento. Assim, o controle do lançamento de P é essencial para proteger ecossistemas aquáticos.

O limite de lançamento de N-NH₃ é de 20 mg L⁻¹ (Brasil, 2011), respeitando-se, após a diluição, os valores máximos de 1,27 mg L⁻¹ para ambientes lênticos e 2,18 mg L⁻¹ para lóticos (Brasil, 2005). A descarga deve ocorrer apenas quando a vazão do rio for muito superior à do efluente.

Como alternativa ao lançamento, os efluentes podem ser reutilizados na irrigação, fornecendo água e nutrientes (N e P) e, assim, reduzindo o uso de fertilizantes minerais e a necessidade de captação de água de melhor qualidade. Contudo, o acúmulo desses nutrientes no solo precisa ser monitorado para evitar prejuízos ao cultivo e a contaminação de águas subterrâneas. Para manter a produtividade agrícola, é necessário conhecer o limite máximo de N que pode ser aplicado à cultura em questão. Para cereais como milho e trigo, recomenda-se, de acordo com a expectativa de produtividade e a análise de solo, a aplicação de 80 a 200 kg ha⁻¹ de N e 40 a 120 kg ha⁻¹ de P (EMBRAPA, 2014). Para leguminosas, que realizam fixação biológica de nitrogênio, as doses indicadas situam-se em torno de 20 a 80 kg ha⁻¹ de N (quando necessário) e 30 a 90 kg ha⁻¹ de P (EMBRAPA, 2014).

Os resultados mostraram que as eficiências médias de remoção dos nutrientes dos WCFV-1 E WCFV-3 no terceiro ciclo foram de: 62% (P Total); 75% (N Total) e 73% (N-NH₃) (**Figura 2a**) e no quarto ciclo de 67% (PT), 82% (NT) e 85% (N-NH₃) (**Figura 2b**).

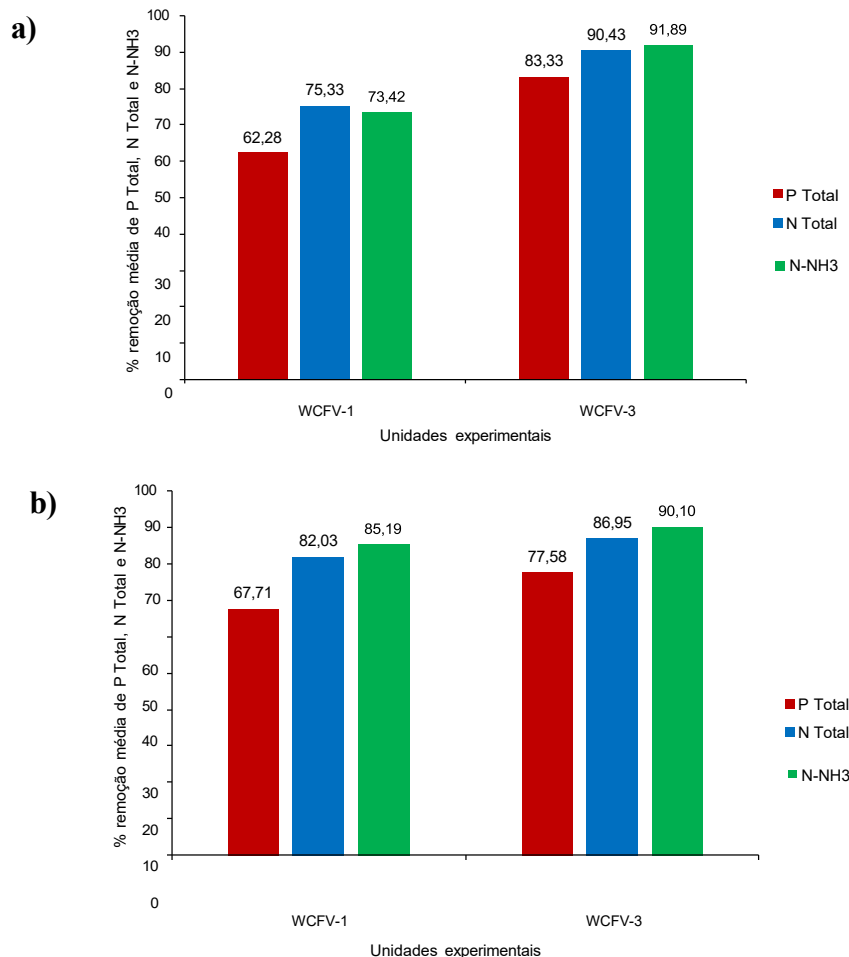


Figura 2. Eficiência média remoção de PT, NT e N-NH₃ nos efluentes ao longo do terceiro (a) e quarto (b) ciclos da cultura do feijão.

Fonte: Elaboração própria (2024).

Os resultados mostraram que a unidade experimental WCFV-3 obteve desempenho superior em comparação ao sistema WCFV-1. Essa diferença está relacionada principalmente ao maior tempo de detenção hidráulica (TDH) e às características do meio suporte, que favoreceram uma remoção mais eficiente dos nutrientes.

No WCFV-3, o maior TDH favoreceu o contato da água residuária com o biofilme microbiano e o meio filtrante, permitindo maior remoção de nutrientes. De acordo com Vymazal (2007), a eficiência de WCs está diretamente associada ao TDH, sendo este um dos parâmetros de maior impacto sobre a remoção de N e P. Além disso, o solo, quando utilizado como meio suporte, apresenta maior capacidade de adsorção e retenção de P devido à presença de óxidos de ferro e alumínio, além de favorecer a colonização microbiana (Saeed e Sun, 2017).

No caso do WCFV-1, a adição da fibra de coco aumentou a porosidade do meio, o que reduziu o TDH efetivo. Outro fator a considerar é que a fibra de coco, sendo um material orgânico, pode liberar carbono dissolvido nos estágios iniciais de operação. Essa liberação pode gerar colmatação localizada ou até mesmo alterar a dinâmica redox do leito, impactando negativamente a remoção de nutrientes (Fan *et al.*, 2022).

Comparando-se os resultados obtidos com os reportados na literatura, observa-se que os valores de remoção de NT (75–90%) e N-NH₃ (73–91%) podem ser classificados como

29, 30 E 31
OUTUBRO DE 2025



II SANEAMENTO BRASIL

Congresso Internacional de Saneamento Rural

Mudanças Climáticas: Um novo Desafio para o Saneamento Rural

RESUMO EXPANDIDO



altos, enquanto a remoção de P-total (62–83%) situa-se em uma faixa média a alta para WCFV.

- American Public Health Association (APHA). 2005. “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.” 21st ed. Washington, DC: APHA/AWWA/WEF.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).



2011. “Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.” Diário Oficial da União, Brasília. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/controle-de-poluicao-e-qualidade-ambiental/conama>.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005. *Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. “Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento.”* Diário Oficial da União, Brasília. <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/controle-de-poluicao-e-qualidade-ambiental/conama>.
- Embrapa. 2014. *Recomendação de adubação para as principais culturas*. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Solos. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/503853/1/12676.pdf>.
- Fan, X., S. Yang, R. Gao, Y. Ren, and H. Xu. 2022. “Co-occurrence of Autotrophic and Heterotrophic Microorganisms in Constructed Wetlands with Coconut Coir Substrate: Implications for Nutrient Removal.” *Journal of Environmental Management* 305: 114367. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114367>.
- Saeed, T., and G. Sun. 2017. “A Comprehensive Review on Nutrients and Organics Removal from Different Wastewaters Employing Subsurface Flow Constructed Wetlands.” *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 47 (4): 203–259. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1318611>.
- Silva, Francisco C., ed. 2009. “*Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*.” 2ª ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Silva J., L., Elzio, 2024. “*Relatório de Iniciação Científica Wetlands construídos com casca de coco verde para tratamento de esgotos e reuso dos efluentes na irrigação de hortaliça*.” Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.