

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., Mayifuila, M., & Ndala, M. (2026). *Eficiência de Heliconia psittacorum e Canna indica no tratamento de águas residuais*, Universidade Kimpa Vita, Angola

A análise estatística dos dados revelou uma distribuição anormal, e o teste de Kruskal-Wallis indicou a ausência de diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os sistemas, no que concerne à remoção da carga carbónica (CQO, CBO5 e SST), dos nutrientes (NT) e dos indicadores microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes totais e enterococos), apesar de alguns parâmetros apresentarem eficiência de remoção inferior a 30%. Outrossim, o sistema com *Canna* indicou e evidenciou uma melhor condutividade hidráulica de 2040 mL.min⁻¹, atribuída ao desenvolvimento das suas raízes e rizomas, o que lhe permite suportar sobrecargas hidráulicas.

Palavras-chave: Filtros construídos, *Heliconia psittacorum*, *Canna indica*, águas residuais, Universidade Kimpa Vita.

ABSTRACT

This study focuses on using local macrophytes to treat domestic wastewater under vertical flow regimes in a tropical climate. The main objective of the research is to evaluate the removal efficiency of *Heliconia psittacorum* and *Canna indica*, local plants from the Northern region of Angola, for domestic wastewater treatment in peri-urban and rural areas (at Kimpa Vita University), using macrophyte filters. The experiment used an experimental system with macrophyte filters and a non-vegetated filter as a control. The systems were irrigated with a hydraulic retention time of 7 days and a weekly rest period. Samples of raw and treated effluents were collected and analyzed in an accredited international reference laboratory. Statistical analysis of the data showed an abnormal distribution, and the Kruskal-Wallis test indicated the absence of statistically significant differences ($p > 0.05$) between the systems regarding the removal of carbon dioxide (COD, BOD5, and TSS), nutrients (NT), and microbiological indicators (*Escherichia coli*, total coliforms, and enterococci), although some parameters showed removal efficiencies lower than 30%. Furthermore, the *Canna indica* system showed a higher hydraulic conductivity of 2040 mL.min⁻¹,

attributed to the development of its roots and rhizomes, which allows it to withstand hydraulic overloads.

Keywords: Constructed filters, *Heliconia psittacorum*, *Canna indica*, wastewater, Kimpa Vita University.

RESUMEN

Este estudio se centra en el uso de macrófitas locales para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante regímenes de flujo vertical en un clima tropical. El objetivo principal de la investigación es evaluar la eficiencia de la remoción de *Heliconia psittacorum* y *Canna indica*, plantas locales de la región norte de Angola, aplicadas al tratamiento de aguas residuales domésticas en áreas periurbanas y rurales (como en el caso de la Universidad Kimpa Vita), mediante filtros construidos con macrófitas. El experimento se llevó a cabo en un sistema compuesto por filtros construidos con macrófitas y por otro sin vegetación, que sirvió como control. Los sistemas se regan con un tiempo de retención hidráulica de 7 días y un período de descanso semanal. Se recolectaron muestras de efluentes crudos y tratados y se analizaron en un laboratorio de referencia internacional acreditado. El análisis estadístico de los datos mostró una distribución anormal, y la prueba de Kruskal-Wallis indicó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas con respecto a la eliminación de dióxido de carbono (DQO, DBO5 y SST), nutrientes (NT) e indicadores microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes totales y enterococos), aunque algunos parámetros mostraron eficiencias de eliminación inferiores al 30%. Además, el sistema con *Canna* presentó una conductividad hidráulica de 2040 mL.min⁻¹, atribuible al desarrollo de sus raíces y rizomas, lo que le permite soportar sobrecargas hidráulicas.

Palabras clave: filtros construidos, *Heliconia psittacorum*, *Canna indica*, aguas residuales, Universidad Kimpa Vita.

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., Mayifuila, M., & Ndala, M. (2026). *Eficiência de Heliconia psittacorum e Canna indica no tratamento de águas residuais, Universidade Kimpa Vita, Angola*

fiáveis, robustas, económicas, integráveis na paisagem e adaptadas à realidade dos países em desenvolvimento.

O interesse centra-se nos sistemas de tratamento de águas residuais por filtros construídos com macrófitas, desenvolvidos desde o início dos anos 1950, com base nos trabalhos de K. Siedel (Boutin & Dutartre, 2014). Segundo Boutin et al. (2000), este sistema tem-se destacado nas últimas décadas, sendo aplicado em pequenas e médias comunidades com entre 50 e 2 000 habitantes. É igualmente utilizado em sistemas de saneamento não colectivo e adaptado a climas temperados e tropicais (Alexandre et al., 1998; Koné et al., 2012; Eme, 2012). A avaliação da eficiência das macrófitas locais de Angola, adaptadas ao clima tropical, enquadra-se nesta abordagem com o Objectivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), proporcionando benefícios técnicos e resiliência económica, incluindo custos de construção e manutenção reduzidos.

O presente estudo avalia a eficiência de *Heliconia psittacorum* e *Canna indica* no tratamento de águas residuais domésticas em leitos de macrófitas na zona tropical. O objectivo é comparar a qualidade do efluente tratado por estes helófitos locais com a de um filtro sem vegetação, ao longo de uma semana de retenção, identificando a espécie mais eficaz na degradação das águas residuais domésticas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

A experiência foi realizada na estação piloto de filtração com leitos construídos com macrófitas, localizada na Universidade Kimpa Vita (UNIKIVI), no Uíge, Angola (Fig. 1). A região apresenta clima quente e

húmido, com precipitação anual máxima de 1 600 mm em março e abril e média anual de 1 400 mm. A temperatura média anual é de 22,9 °C, atingindo máximos de 28,9 °C entre abril e maio e mínimos de 13,2 °C entre julho e agosto (GPU, 2012).

O experimento é constituído por seis bacias de polietileno, cada uma com capacidade de 250 L. Cada bacia é composta por três camadas de gravilha e dispõe de um recuo de 0,25 m destinado à recepção do efluente e à acumulação das lamas geradas. A camada de drenagem, situada no fundo, possui granulometria de 20–40 mm e espessura de 0,200 m; a camada de transição, no centro, apresenta granulometria de 3–20 mm e espessura de 0,100 m; e a camada de filtração, na superfície, tem granulometria de 2–8 mm e espessura de 0,200 m. Cada bacia apresenta um diâmetro de 0,600 m, altura activa de 0,750 m e área de superfície de 0,283 m².

Para esta experiência, foram utilizadas as bacias do primeiro estágio: (P1), coberta com *Heliconia psittacorum* a uma densidade de 49 mudas/m², e (P2), sem vegetação, servindo como controlo. Também foi considerada a bacia (P4) do segundo estágio, coberta por *Canna indica*, com densidade de 71 mudas/m².

Figura 2.

Estação piloto de tratamento de águas residuais domésticas da Universidade Kimpa Vita, composta por sistemas de leitos construídos com macrófitas locais (*Heliconia psittacorum* e *Canna indica*), bem como por um leito de controlo desprovido de vegetação.



O sistema foi abastecido por um reservatório de polietileno com capacidade de 250 L, o que garante a distribuição por gravidade. As mudas de *Heliconia psittacorum* e *Canna indica*, recolhidas no meio natural do Uíge e transplantadas em fevereiro de 2025, apresentaram boa adaptação, apesar das condições de elevada temperatura e baixa precipitação, com maior sensibilidade observada em *Canna indica*. A

A carência química em oxigênio (CQO) foi determinada conforme o método 5220 do SMEWW (23.^a edição), por oxidação da matéria orgânica da amostra a 150 °C com excesso de dicromato de potássio quente e ácido, na presença de sulfato de prata, seguida de quantificação por método colorimétrico. A carência bioquímica em oxigênio durante cinco dias (CBO inferior à linha 5) foi quantificada de acordo com o procedimento interno PTQ.021 E02, baseado em métodos normalizados, que consistiu na incubação da

amostra a 20 °C durante 5 dias e na determinação do oxigénio dissolvido consumido. O nitrogénio total de Kjeldahl foi determinado de acordo com o método 4500-Norg do SMEWW (23.^a edição), incluindo a digestão ácida da amostra, seguida de destilação e quantificação da amónia formada.

Os sólidos suspensos totais (SST) foram determinados conforme o método 2540 D do SMEWW (23.^a edição), por filtração de um volume de efluente em filtros celulósicos a vácuo, com malha de 0,45 µm, secagem a 103-105 °C e determinação gravimétrica.

A pesquisa e contagem de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus* foram realizadas segundo o SMEWW (23.^a edição), por filtração membranar (métodos 9222 e 9230), com incubação em meios seletivos.

Os resultados das análises das amostras, provenientes do laboratório ECOFIRMA LAB, foram tratados no Excel (Microsoft 365) e com a ferramenta estatística SPSS 21. A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Considerando que os dados foram anormais, aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis para comparar a qualidade dos filtrados entre os três tipos de filtros, tendo em conta que o TRH foi de 7 dias. A probabilidade de significância admitida designada por “valor $p = 5\%$ ”, para todos os testes. Pelo que, as diferenças entre as médias, só são consideradas significativas quando “valor $p < 0,05$ ”; caso “valor $p > 0,05$ ”, elas não são significativas (Mavioso, 2010). Os resultados foram apresentados em forma de tabelas e gráficos e, de igual modo, as imagens de macrófitas foram documentadas por meio de fotografias.

Levantamento das amostras

A recolha de amostras foi efectuada duas vezes por mês durante um trimestre (Janeiro-Abril de 2026), da seguinte forma: inicialmente, procedeu-se à colheita do efluente bruto à saída do tanque de alimentação das bacias piloto; posteriormente, foram recolhidas três amostras de efluentes filtrados à saída dos respectivos filtros piloto, considerando um período de repouso de sete dias após cada irrigação.

Foram obtidas oito amostras por mês, perfazendo um total de 24 até ao final de abril. Em cada amostra realizaram-se oito análises, totalizando 192 análises laboratoriais. Após a colheita no Campus Universitário, as amostras foram encaminhadas para análises físico-químicas e microbiológicas no laboratório ECOFIRMA LAB³.

Hidráulica de camas

O comportamento hidráulico do sistema de filtração permite monitorizar a evolução do tempo de infiltração correspondente ao escoamento e desaparecimento, à superfície do substrato, de uma lâmina de efluente bruto com altura de 0,12 m.

Foram igualmente considerados o volume total de água fornecido durante o tempo de residência ($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$) e as perdas hídricas associadas à evapotranspiração das macrófitas ao longo do processo de tratamento. Estes parâmetros foram expressos em percentagem e determinados de acordo com a metodologia descrita por Ouattara et al. (2008).

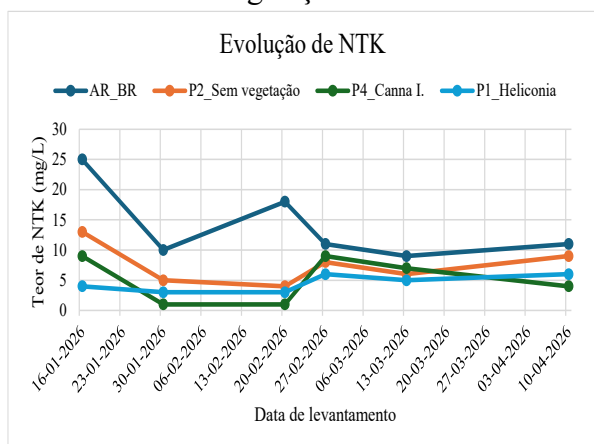
³ Empresa sediada em Luanda – Angola, Laboratório credenciado pelo INIQ (Instituto Nacional de Infraestruturas da Qualidade), Norma ISO 17025, realizando análises

físico-químicas e microbiológicas de águas e efluentes, com objectivo de garantir a conformidade com normas de qualidade e proteger a saúde pública e o meio ambiente.

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., Mayifuila, M., & Ndala, M. (2026). *Eficiência de Heliconia psittacorum e Canna indica no tratamento de águas residuais, Universidade Kimpa Vita, Angola*

apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). No entanto, o filtro sem vegetação registou a menor eficiência de remoção de 42,4%, em relação aos filtros construídos com *H. psittacorum* (62,1%) e *C. indica* (58,7%).

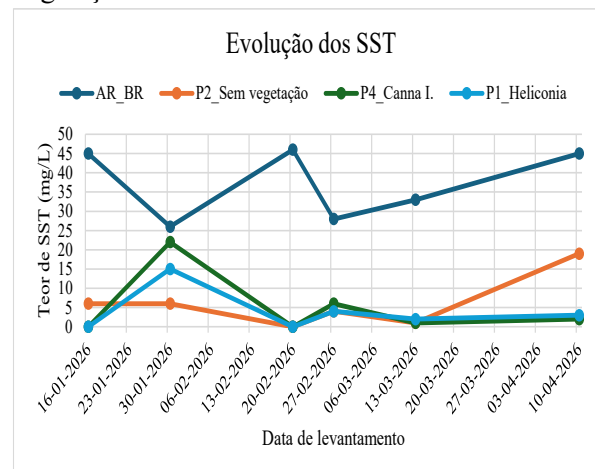
Figura 7: Evolução temporal de Azoto total Kejeldahl do efluente bruto (AR_BR) da UNIKIVI, e dos filtrados após 7 dias de retenção hidráulica nos filtros construídos P1 de *Heliconia psittacorum* & P4 de *Canna indica* e P2 sem vegetação



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2026.

Sólidos suspensos totais: O efluente bruto da UNIKIVI registou uma concentração média em SST de 33,5 mg.L⁻¹, valor inferior à média de uma água residual urbana. Esse teor variou de 46 mg/L (valor máximo) a 26 mg/L (valor mínimo). Os filtrados provenientes dos filtros P2, P1 e P4 revelaram as suas qualidades com um teor médio de 6 mg.L⁻¹, 4 mg.L⁻¹ e de 5,2 mg.L⁻¹, respectivamente (Fig. 7). A análise estatística não apresentou uma diferença significativa ($p > 0,05$) da qualidade de filtrados obtidos após 7 dias entre os três sistemas de filtração. As suas taxas de remoção global são superiores a 81% (Fig. 9).

Figura 8: Evolução temporal de sólidos suspensos totais do efluente bruto (AR_BR) da UNIKIVI, e dos filtrados após 7 dias de retenção hidráulica nos filtros construídos P1 de *Heliconia psittacorum* & P4 de *Canna indica* e P2 sem vegetação



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2026.

Coliformes totais: A concentração de coliformes totais no efluente bruto foi superior a 2 420 UFC·100 mL⁻¹. Os filtrados dos filtros P2, P1 e P4 apresentaram uma redução modesta, com concentrações médias de 1 814 UFC.100 mL⁻¹, 2 041,3 UFC.100 mL⁻¹ e 1 736,5 UFC·100 mL⁻¹ respectivamente, após o tempo de retenção hidráulica (Fig. 8A).

Escherichia coli: O efluente bruto da UNIKIVI apresentou uma carga relativamente baixa de *Escherichia coli*, com concentração média constante de 97 UFC·100 mL⁻¹. Após o processo de filtração, as concentrações médias nos filtros P2, P1 e P4 foram de 72,8 UFC·100 mL⁻¹, 46 e 68,7 UFC·100 mL⁻¹, respectivamente (Fig. 8B).

Enterococos: O efluente bruto da UNIKIVI também apresentou baixos teores de enterococos, com média de 97,2 UFC·100 mL⁻¹, variando entre 90 e 113 UFC·100 mL⁻¹. Após a filtração, os valores médios registados nos filtros P2, P1 e P4 foram de 89,3

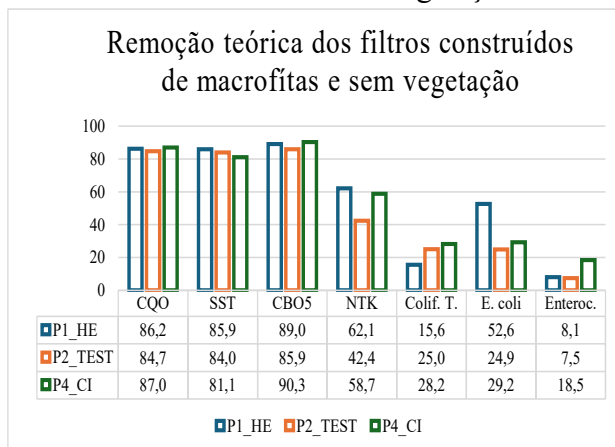
$$\eta_g = \frac{C_e - C_s}{C_e} * 100$$

Equação 2

Onde η_g : remoção teórica em (%); C_e : concentração de efluente bruto (mg.L⁻¹); C_s : concentração do filtrado (mg.L⁻¹).

Os filtros construídos com *Heliconia psittacorum* (P1) e *Canna indica* (P4) apresentaram as melhores eficiências teóricas na remoção de matéria orgânica, nutrientes e poluentes microbiológicos. As taxas teóricas de remoção de CQO e CBO5 foram de 87% e 90,3%, respectivamente, no filtro P4, enquanto a remoção de SST alcançou 85,9% no filtro P1. No que diz respeito aos nutrientes, o filtro P1, registou uma eficiência de remoção de NTK de 62,1%, enquanto os filtros P2 e P4, apresentaram remoção de 42,4% e 58,7% sucessivamente (Fig.9). Tratando dos parâmetros microbiológicos, as maiores taxas médias de remoção de coliforme totais, *Escherichia-coli* e enterococos foram de 28,2%, 52,6% e 18,5%, respectivamente, registados para os filtros P4, P1 e P4 (Fig. 9).

Figura 10: Remoção teórica da remoção do efluente bruto do campus da UNIKIVI após uma semana de retenção hidráulica nos filtros construídos P1 de *Heliconia psittacorum* & P4 de *Canna indica* e P2 sem vegetação



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2026

Remoção real

Os resultados das eficiências de remoção teórica poderiam ser melhorados se considerar a variação dos volumes de água nos sistemas de filtração, e a influência do fenómeno de evapotranspiração que ocorreram durante o período da experiência, entre janeiro e Abril do ano em curso. A remoção real dos filtros construídos de macrófitas calcula-se pela equação (3)(MK & P, 2020).

Remoção real =

$$\frac{\text{Carga na entrada} - \text{Carga na saída}}{\text{Carga na entrada}} * 100$$

Equação 3

Onde a carga na entrada (g) = concentração na entrada (g.L⁻¹) × volume de água bruta trazida ao filtro (L), e a carga na saída (g) = concentração na saída (g.L⁻¹) × volume de água restituída (L) na saída do sistema.

A figura (10) apresenta as eficiências reais de remoção nos filtros construídos com *Heliconia psittacorum*, *Canna indica* e sem vegetação, após o tempo de retenção hidráulica. A eficiência média de remoção da matéria orgânica (CQO, CBO₅, SST) atingiu 99% nos três filtros. Relativamente aos coliformes totais e aos enterococos, as respetivas eficiências de remoção foram superiores a 92%. Para as *Escherichia coli*, a taxa média de remoção real passou a 95,6%, 95,4% e 95% para P1, P4 e P2, respectivamente. A remoção de nutrientes foi menor, com taxas médias de 96,5%, 97,3% e 96,2% nos filtros P1, P4 e P2, respectivamente.

Figura 11: Remoção real da remoção do efluente bruto do campus da UNIKIVI após uma semana de retenção hidráulica nos filtros construídos P1 de *Heliconia psittacorum* & P4 de *Canna indica* e P2 sem vegetação

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., Mayifuila, M., & Ndala, M. (2026). *Eficiência de Heliconia psittacorum e Canna indica no tratamento de águas residuais*, Universidade Kimpa Vita, Angola

filtro por filtração, e os materiais finos atravessando os poros da média filtrante por oxidação pela massa microbiana segundo Kadlec & Wallace (2009), citado por Restrepo (2016) Clique ou toque aqui para introduzir texto.. Qomariyah et al. (2022), nos seus estudos sobre «O tratamento das águas residuais domésticas do tipo cinzentas por *Cyperus alternifolius* nas zonas húmidas», apresentaram a eficiência em CBO₅ de 94,1% e 96,8% nos antigos e novos filtros, respectivamente. Ciria et al. (2005) também confirmaram a elevada eficiência de macrófitas de 79% e 81% no primeiro e no segundo ano de experiência, respectivamente, nos estudos sobre o papel de *Typha latifolia* para o tratamento de águas residuais de Sória, em Espanha, por leitos construídos. Pinninti et al., (2022) confirmaram a eficiência de remoção de *C. indica* em CQO e CBO₅ de 85% após 7 dias de TRH no seu estudo sobre «Performance of *C. indica* based microscale vertical flow constructed wetland under tropical conditions for domestic wastewater treatment». Resultados iguais encontrados por (Injil et al., 2023) nos seus estudos «Aplicação de diferentes plantas aquáticas em um sistema de drenagem e aterro alternados para tratamento de águas residuais municipais em Phetchaburi, Tailândia», onde os filtros com *C. indica* e *H. psittacorum* apresentaram uma taxa de remoção em CBO de 90,5% e 86,9%, respectivamente, e para a CQO, a taxa não variou nas ambas espécies, na faixa de 75%.

A eficiência de remoção de SST após 7 dias de TRH foi levemente superior no filtro construído com *H. psittacorum* (P1), em comparação com o filtro com *C. indica* (P4) e o filtro sem vegetação (P2), com valores de 85,9%, 81,1% e 84%, respectivamente. Esta eficiência de remoção resulta possivelmente

do maior tempo de contacto entre o efluente bruto e a biomassa microbiana presente no meio filtrante. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo sobre «Tratamento de água residuária de sinocultura em sistemas alagados construídos cultivados com *Heliconia psittacorum* e *Heliconia coronarium*», onde a taxa de remoção em SST na bacia de *H. psittacorum* foi de 81,5% e de Lírio-do-brejo de 68,7% (Lo Monaco et al., 2017). Ascúntar R. & Toro V., (2007) citado por (Enrique J. et al., 2014) Nos seus estudos «Estudio del comportamiento hidrodinámico de humedales de flujo superficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas» confirmou a eficiência de *H. psittacorum* no tratamento das águas residuais, com uma taxa de 90%.

A remoção em NTK no filtro de *H. psittacorum* (P1) foi ligeiramente superior à observada no filtro com *C. indica* (P4) e no filtro testemunha (P2), apresentando valores de 62,1%, 58,4% e 42,4%, respectivamente, no TRH de 7 dias. Esta eficiência de remoção pode ser atribuída às actividades das biomassas microbianas presentes no meio filtrante (Fig. 9). Um estudo similar realizado sobre «Aplicação de diferentes plantas aquáticas em um sistema de drenagem e aterro alternados para tratamento de águas residuais municipais em Phetchaburi, Tailândia» teve uma similar taxa média de remoção de 43,3% de nitrogénio total em *C. indica* e 38,7% em *H. psittacorum* após 5 dias de RTH (Injil et al., 2023). Fidele et al., (2026) Nos seus estudos «Eficiência de *Heliconia psittacorum* no tratamento das águas residuais da Universidade Kimpa Vita, Angola», confirmou a taxa ligeiramente elevada em NTK do filtro com *H. psittacorum* de 53,1% e 66,5% para o TRH de 5 e 7 dias, respectivamente.

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., Mayifuila, M., & Ndala, M. (2026). *Eficiência de Heliconia psittacorum e Canna indica no tratamento de águas residuais*, Universidade Kimpa Vita, Angola

permitem uma redução significativa dos custos de implementação e de manutenção associados aos sistemas convencionais. Eles constituem, desta maneira, uma alternativa viável para o desenvolvimento sustentável de zonas rurais e periurbanas em Angola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ascúntar R., D., & Toro V., A. F. (2007). *Estudio del comportamiento hidrodinámico de humedales de flujo superficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas* [Trabajo de Grado, Ingeniería Sanitaria]. Universidad del Valle, Colombia.

Bourrier, R., Satin, M., & Selmi, B. (2017). *Guide technique de l'assainissement* (Le Moniteur, Ed.; 5e ed.).

Ciria, M. P., Solano, M. L., & Soriano, P. (2005). Role of macrophyte *Typha latifolia* in a constructed wetland for wastewater treatment and assessment of its potential as a biomass fuel. *Biosystems Engineering*, 92(4), 535–544. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.08.007>

Enrique J., P.-S., Carlos A., M.-P., Jesús M., S., & Javier, M.-V. (2014). Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Heliconia psittacorum* (heliconiaceae). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(145), 469. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.29>

Fidele, M. K. (2023). *Conception d'une station expérimentale de traitement des eaux usées par filtres plantés des macrophytes. Cas de l'université Kimpa Vita d'Uíge-Angola* (1a ed.). Editions universitaires européennes.

Fidele, M. K., Mbungu, D. M., & Nzuzi, L. M. (2023). Eficiência da tábua-larga (*Typha latifolia*) e da palmeira-umbela (*Cyperus alternifolius*) no tratamento de águas residuais por leitos de macrófitas

no campus universitário Kimpa Vita. *ALBA*, 1(2), 141–153.

Fidele, M. K., Nzuzi, L. M., & Kamalekilua, N. (2026). Eficiência de *Heliconia psittacorum* no tratamento das águas residuais da Universidade Kimpa Vita, Angola. *ALBA*, 2(10), 155–170.

Injil, K., Kitab, M., Smith, P. D. M., Jurnal, S., & Sastra, M. (2023). *Aplicação de diferentes espécies de plantas aquáticas em um sistema alternado de drenagem e aterro para o tratamento de águas residuais municipais em Phetchaburi, Tailândia*. 80, 311–320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-023-31266-1>

Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment wetlands* (2ª). CRC Press. https://www.google.co.in/books/edition/Treatment_Wetlands/hPDqfNRMH6wC?hl=en&gbpv=1&printsec=frontcover

Koné, D. (2002). *Épuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et du Centre : Etat des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement* [École Polytechnique Fédérale de Lausanne]. <https://doi.org/10.5075/EPFL-THESIS-2653>

Lipps, W. C., Braun-Howland, E. B., & Baxter, T. E. (2023). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (24th ed.). American Public Health Association.

Lo Monaco, P. A. V., Soela, D. M., Haddade, I. R., Oza, E. F., & Dos Santos, M. M. (2017). Tratamento de água residuária de sinocultura em sistemas alagados construídos cultivados com *Heliconia psittacorum* e *Heliconia coronarium*. *Revista Engenharia Na Agricultura*, 25(6), 561–568. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.13083/reveng.v25i6.788>

Mavioso, J. F. (2010). *Tratamento de águas residuais através de leitos de macrófitas - a influência da vegetação na*

Designação Parâmetros	Efluentes brutos (mg/L)				Águas tratadas <i>Canna indica</i> (mg/L)				Remoção teórica <i>Canna indica</i> (P4) (%)			
	Max	Méd	Min.	σ	Max.	Méd.	Min.	σ	Max	Méd.	Min.	σ
CQO	630,0	256,2	62,0	195,8	66,0	25,3	12,0	20,5	97,8	87,0	74,2	8,3
CBO5	230,0	118,3	25,0	65,9	30,0	9,5	3,0	10,3	98,3	90,3	76,6	8,4
SST	46,0	33,5	23,0	9,9	22,0	5,2	0,0	8,5	100,0	81,1	15,4	33,2
NTK	25,0	14,0	9,0	6,3	9,0	5,2	1,0	3,7	94,4	58,7	18,2	32,5
Coliformes totais	2420	2420	2420,0	0,0	2420,0	1736,5	291,0	1060,0	88,0	28,2	0,0	43,8
Escherichia Coli	97,0	97,0	97,0	0,0	97,0	68,7	17,0	29,6	82,5	29,2	0,0	30,5
Enterococos	108,0	97,2	90,0	6,0	98,0	79,0	38,0	25,8	60,8	18,5	-4,4	26,9

Designação Parâmetros	Efluentes brutos (mg/L)				Águas tratadas Testemunha (mg/L)				Remoção teórica Testemunha (P2) (%)			
	Max	Méd.	Min.	σ	Max.	Méd.	Min.	σ	Max	Méd.	Min.	σ
CQO	630,0	256,2	62,0	195,8	55,0	32,0	17,0	17,0	91,9	84,7	72,6	7,5
CBO5	230,0	118,3	25,0	65,9	28,0	15,5	5,0	9,1	91,4	85,9	80,0	5,0
SST	46,0	33,5	23,0	9,9	19,0	6,0	0,0	6,8	100,0	84,0	57,8	15,3
NTK	25,0	14,0	9,0	6,3	13,0	7,5	4,0	3,3	77,8	42,4	18,2	21,2
Coliformes totais	2420	2420,0	2420,0	0,0	2420,0	1814,0	517,0	940,3	78,6	25,0	0,0	38,9
Escherichia Coli	97,0	97,0	97,0	0,0	97,0	72,8	21,0	36,8	78,4	24,9	0,0	37,9
Enterococos	108,0	97,2	90,0	6,0	97,0	89,3	77,0	9,6	27,8	7,5	-7,8	13,7

Fonte: Elaborados pelos Autores, 2026

Tabela 2: Melhoramento da eficiência do filtro plantado de *Heliconia psittacorum* (P1), Cana-de-açúcar (P4) e filtro sem vegetação (P2), considerando a remoção teórica e real média após 7 dias de retenção hidráulica do efluente da UNIKIVI, número de amostras = 24.

Filtro construído de <i>Heliconia psittacorum</i> (P1)							
Parâmetros	CQO	CBO5	SST	NTK	Coliformes totais	Escherichia Coli	Enterococos
Designação							
Remoção real (%)	98,7	99,0	98,6	96,5	92,2	95,6	91,5
Remoção teórica (%)	86,2	89,0	85,9	62,1	15,6	52,6	8,1
Melhoramento (%)	12,5	10,0	12,7	34,4	76,6	43,1	83,4

