

Uso de *wetlands* construídas como alternativa de tratamento de baixo custo em comunidades sem acesso à saneamento

Dayna Raislla Silva Sousa¹ Sophia Melo Conceição Lopes² Barbara Chaves Aguiar Barbosa³

Resumo

O objetivo do estudo foi implantar o tratamento biológico conhecido como *wetlands* construídos, visando sua aplicação em comunidades que não possuem acesso adequado ao saneamento básico. Para isso, foi utilizada a macrófita *Eichhornia crassipes*, espécie selecionada por sua adaptação à região analisada. O processo consistiu na construção do sistema de *wetlands*, seguido da coleta e análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água bruta, e depois e do efluente final. O experimento foi conduzido no Campus do IFMA em Itapecuru-Mirim, utilizando um tempo de reação (TR) de 24 e 48 horas. Foi utilizado um efluente sintético, com características de águas cinzas. As análises realizadas incluíram pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica (CE), totalizando 29 ciclos. Os resultados demonstraram que o sistema foi eficiente, sobretudo na remoção da turbidez. Também foi possível observar redução da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos. As remoções para as variáveis foram: Turbidez: reduziu de $10,2 \pm 7,3$ NTU para $1,8 \pm 1,79$ NTU após 24 h ($\approx 82,4\%$ de remoção) e $2,0 \pm 3,0$ NTU após 48 h ($\approx 80,4\%$); pH: caiu de $8,7 \pm 0,9$ para $8,3 \pm 0,8$ após 24 h e 48 h ($\approx 4,6\%$ de redução); Condutividade elétrica (CE): diminuiu de $1352,2 \pm 728,2$ S/m para $904,7 \pm 165,2$ S/m após 24 h ($\approx 33,1\%$ de remoção) e $807,2 \pm 185,6$ S/m após 48 h ($\approx 40,3\%$) e Sólidos totais dissolvidos (STD): caiu de $681,4 \pm 365,9$ mg/L para $446,5 \pm 79,2$ mg/L após 24 h ($\approx 34,5\%$) e $435,8 \pm 102,7$ mg/L após 48 h ($\approx 36,0\%$). Como conclusão, tem-se que o wetland construído representou-se como uma alternativa viável, de baixo custo e eficaz para o tratamento e melhoria da qualidade de efluentes.

Palavras-chave:

Saneamento básico; *wetlands* construídas; Efluentes; *Eichhornia crassipes*

¹ Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFMA Campus Itapecuru Mirim; E-mail: daynaraislla4@gmail.com

² Estudante do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFMA Campus Itapecuru Mirim; E-mail: sophial@acad.ifma.edu.br

³ Professor(a) do Curso Técnico em Meio Ambiente do IFMA Campus Itapecuru Mirim; E-mail: barbara.barbosa@ifma.edu.br

Introdução

O desenvolvimento urbano no Brasil, rápido e muitas vezes deslumbrante aos sentidos, trouxe modernização ao mesmo tempo que contribuiu para os males sociais, como a falta de igualdade em termos de distribuição de serviços em quase todos os níveis. O saneamento básico que falta nas comunidades, permite que a água se torne ainda mais poluída. O Rio Itapecuru (a segunda maior bacia inteiramente dentro do estado do Maranhão) é um caso paradigmático a esse respeito, com evidentes sinais de degradação ambiental que desvalorizam seu potencial natural e restringem seu uso (PEREIRA et al., 2020). A redução da poluição hídrica, por sua vez, demanda investimentos em atividades de saneamento, bem como o estabelecimento e implementação de políticas públicas e tecnologias apropriadas e custo-efetivas, fornecidas para todos e para sempre (BORGES, 2005). Com base nisso, no presente estudo, propõe-se construir um pequeno sistema urbano de tratamento de águas residuais em *wetlands* com base em resíduos de tijolos cerâmicos e na macrófita *Eichhornia crassipes*, abundante na sub-bacia de origem do Itapecuru-Mirim. O desempenho do sistema foi avaliado para o tratamento de águas cinzas sintéticas e, paralelamente, foram realizadas atividades educativas com a comunidade acadêmica e escolas locais, sobre esgoto doméstico e possível uso de *wetlands* como alternativa de saneamento.

Metodologia

O estudo foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão-IFMA, Campus Itapecuru-Mirim. O sistema utilizado foi composto por um mini *wetland* construído contando com substrato e mais a presença das *macrófitas*. Para a confecção do sistema foram utilizados os seguintes materiais: 01 (uma) caixa de polipropileno com volume total de 30 litros, para o meio filtrante foram utilizados 03 (três) kg de tijolos cerâmicos, que foram reaproveitados de uma cerâmica de Itapecuru, 04 (quatro) mudas da macrófita *Eichhornia crassipes*, conhecida popularmente como Jacinto-de-água que foram coletadas em Bacabeira MA.

Etapas de construção da wetland construída: A primeira fase foi colocar o substrato composto de pedra brita e tijolos quebrados em pedaços pequenos na caixa, até uma altura de 30cm. Em seguida foram adicionadas água (de poço) e 4 (quatro) mudas de *Eichhornia crassipes* ao sistema (Figura 1).

Figura 01 - Imagem do Sistema de wetland



(Fonte: Autores 2025)

Tabela 1: Composição do efluente sintético simulando água cinza doméstica.

Produto	Quantidade g/ml (shampoo) em 100L	Quantidade em 11L	Quantidade em 17L
Fosfato de potássio	1,32	0,145	0,224
Cloreto de sódio PA	25,0	2,750	4,250
Amido solúvel	0,5	0,055	0,085
Sacarose	0,875	0,096	0,149
Cloreto de amônio	5,1	0,561	0,867
Shampoo	5,00	0,550	0,850
Cloreto de magnésio	0,7	0,077	0,119
Cloreto de cálcio	0,45	0,050	0,077
Bicarbonato de sódio	10,0	1,100	1,700
Pasta de dente	2,0	0,220	0,340

Fonte:

Adaptado Abed e Scholz (2016).

Resultados e Discussão

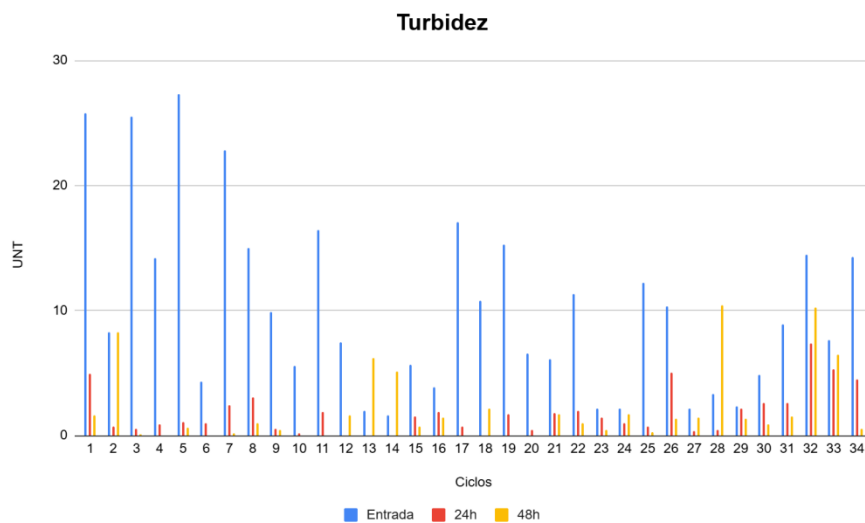
Foram realizados 34 ciclos de tratamento do efluente artificial no sistema para os parâmetros Turbidez, 59 ciclos para os parâmetros pH, 60 ciclos para o parâmetro Condutividade elétrica, e 55 ciclos para o parâmetro Sólidos totais dissolvidos. A oscilação da quantidade de ciclos por análise ocorreu por conta da disponibilidade de aparelhos para realização delas.

- **Turbidez**

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma amostra de água, causada pela presença de partículas sólidas em suspensão. Ela é determinada por meio de um turbidímetro, que compara o espalhamento da luz ao passar pela amostra com o espalhamento de luz em uma suspensão padrão de intensidade conhecida (CORREIA et al., 2008). Os resultados obtidos indicam que o sistema de wetland construído foi eficaz na redução da turbidez. Os valores médios diminuíram de $10,2 \pm 7,3$ NTU para $1,8 \pm 1,79$ NTU após 24 horas, representando aproximadamente 82,4% de remoção, e para $2,0 \pm 3,0$ NTU após 48 horas, equivalente a 80,4% de remoção.

A Figura 02 apresenta os ciclos referentes à turbidez, evidenciando como ela variou de acordo com a capacidade do sistema em remover partículas em suspensão. Esses resultados confirmam a eficiência da *wetland* construída no tratamento da água e na melhora de sua qualidade física.

Figura 02 - Variação da turbidez ao longo dos ciclos.



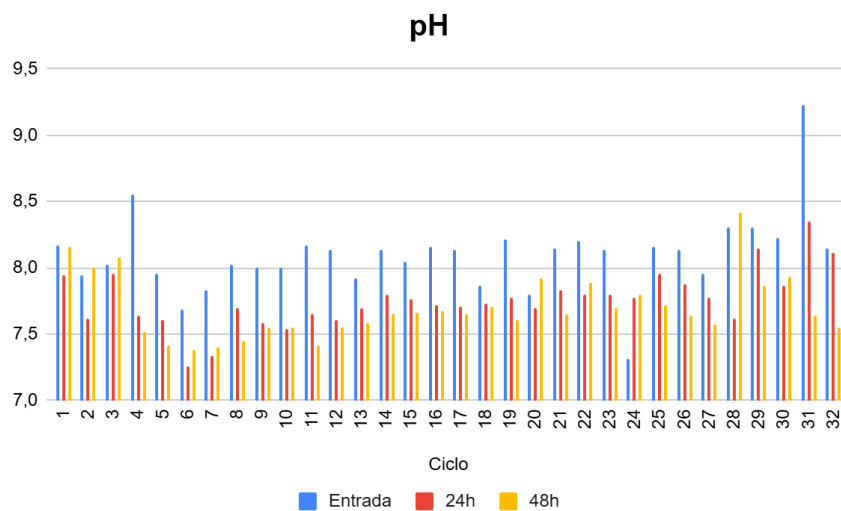
Fonte: Autores (2025)

- pH

O pH é um parâmetro que indica o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma amostra de água. No presente estudo, os valores médios de pH diminuíram de $8,7 \pm 0,9$ para $8,3 \pm 0,8$ após 24 horas e mantiveram-se em $8,3 \pm 0,8$ após 48 horas de tratamento. Essa redução corresponde a uma variação aproximada de 4,6%, mantendo-se dentro do intervalo permitido pela Resolução CONAMA 430/2011 (5 a 9). A Figura 03 apresenta os resultados obtidos para o pH, considerando a comparação entre o efluente artificial e os efluentes tratados por 24 e 48 horas.

Observa-se que, apesar da ligeira redução, o pH permaneceu estável ao longo do período de tratamento, o que sugere que o sistema de *wetlands* construído não promoveu alterações significativas na acidez ou alcalinidade da água. Esse comportamento é desejável, uma vez que variações bruscas de pH poderiam comprometer a qualidade do efluente tratado, além de afetar negativamente organismos aquáticos. Dessa forma, os resultados reforçam a eficiência do sistema não apenas na remoção de turbidez e sólidos dissolvidos, mas também na manutenção da estabilidade química da água tratada.

Figura 03- Variação do pH ao longo dos ciclos.

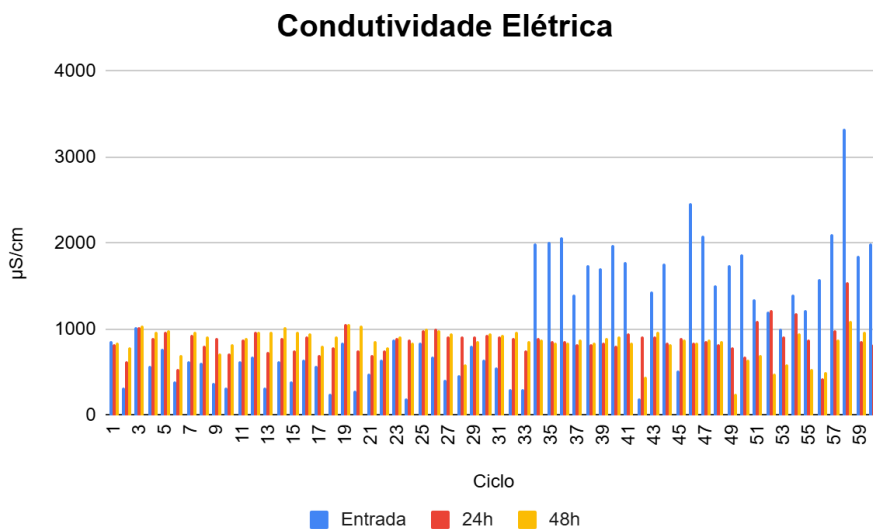


Fonte: Autores(2025)

- **Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica é dependente do número e do tipo de espécies iônicas nela dispersas, da mobilidade, valência, concentrações, e temperatura do meio em análise (SILVA; OLIVEIRA, 2001) e não há faixa estabelecida nas resoluções CONAMA para águas classe 1 e 2, ou mesmo nos padrões de lançamento de efluentes. A condutividade elétrica evidenciou uma queda notável, passando de $1352,2 \pm 728,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ para $904,7 \pm 165,2 \mu\text{S}/\text{cm}$ (24h) e $807,2 \pm 185,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ (48h). Essa redução, embora não regulada pelo CONAMA, é importante porque mostra menor quantidade de sais dissolvidos. Na Figura 04 temos os valores obtidos para a análise desse parâmetro em nosso estudo, onde não observamos redução no parâmetro.

Figura 04 - Variação de Condutividade Elétrica ao longo dos ciclos.



Fonte: Autores (2025)

- **Sólidos Totais Dissolvidos**

Quimicamente, os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) representam a soma de compostos solubilizados na água, presentes em formas coloidais, moleculares ou iônicas, refletindo a massa total de matéria dissolvida por unidade de volume. Esse parâmetro é influenciado diretamente pelo pH e pela temperatura, que modulam a capacidade de solubilização dos

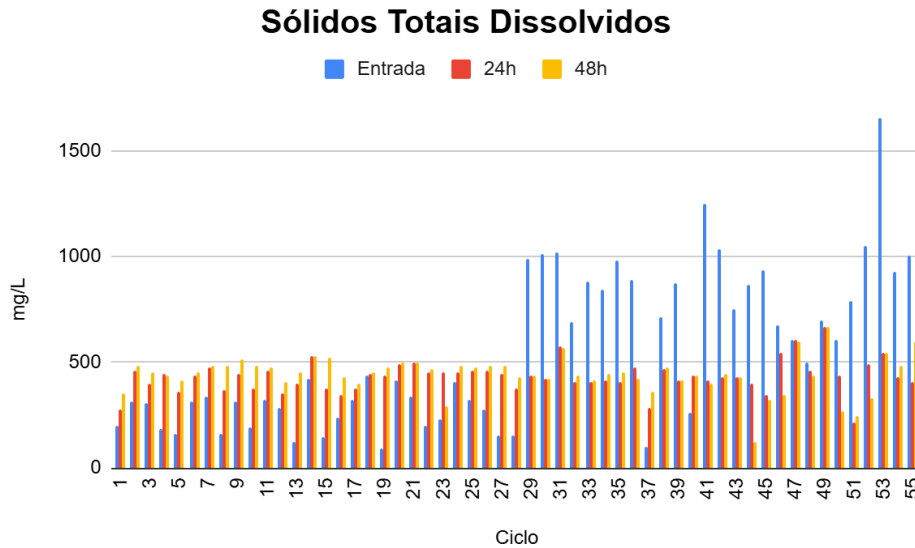
compostos (FEITOSA; MANOEL-FILHO, 2000). Assim, o monitoramento dos STD constitui um indicador importante não apenas da qualidade da água, mas também do impacto que os efluentes podem exercer sobre corpos hídricos receptores.

No presente estudo, verificou-se uma redução expressiva nos valores de STD, que passaram de $681,4 \pm 365,9$ mg/L para $446,5 \pm 79,2$ mg/L após 24 horas, e para $435,8 \pm 102,7$ mg/L após 48 horas de tratamento, representando reduções de 34,5% e 36,1%, respectivamente. Embora tenha ocorrido oscilações em alguns ciclos experimentais, a tendência geral observada foi de diminuição consistente desse parâmetro.

Essa redução pode estar relacionada a diferentes mecanismos atuantes nas *wetlands* construídas. Primeiramente, a retenção física de partículas coloidais no leito filtrante contribui para a remoção de sólidos dissolvidos de maior peso molecular. Além disso, processos biológicos mediados pela macrófita *Eichhornia crassipes* e pela microbiota associada às raízes podem ter desempenhado papel relevante, promovendo a absorção de íons e moléculas orgânicas. A atividade microbiana, em especial, favorece processos de biodegradação e precipitação de compostos, reduzindo sua concentração na fase aquosa.

A Figura 05 ilustra a evolução dos valores de STD durante o período experimental, evidenciando que, apesar de variações pontuais possivelmente atribuídas a condições sazonais, flutuações na qualidade da água bruta ou até limitações do próprio sistema em determinados ciclos, a redução média foi expressiva e consistente.

Figura 05- Variação de sólidos Totais Dissolvido ao longo dos ciclos.



Fonte:Autores (2025)

Do ponto de vista ambiental, a diminuição de STD tem grande relevância, pois concentrações elevadas podem comprometer o equilíbrio ecológico de corpos hídricos, alterando a penetração de luz, a solubilidade de gases e até a toxicidade de metais pesados. A capacidade do sistema de *wetlands* em reduzir esse parâmetro indica que a tecnologia pode contribuir para o cumprimento de padrões ambientais de lançamento de efluentes, tornando-se uma alternativa promissora para comunidades carentes de infraestrutura de saneamento básico.

Conclusão

As *wetlands* construídas mostraram-se eficientes no tratamento de efluentes sintéticos, com reduções na turbidez, nos sólidos totais dissolvidos (STD) e na condutividade elétrica, além da manutenção do pH dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA. Os resultados indicam que essa tecnologia representa uma alternativa sustentável e de baixo custo, especialmente para comunidades sem acesso a saneamento básico. Embora os usos finais da água tratada sejam restritos a fins não potáveis, a aplicabilidade do sistema é evidente, reforçando sua relevância como estratégia de saneamento descentralizado.

Recomenda-se a realização de estudos adicionais para avaliar outros parâmetros de qualidade da água e otimizar a eficiência do sistema em diferentes contextos. Dessa forma,

as *wetlands* construídas devem ser consideradas na formulação de políticas públicas, tanto em áreas rurais quanto urbanas, como solução viável, acessível e ambientalmente adequada para o tratamento de efluentes.

Agradecimentos

Estamos encarecidamente agradecidas pela FAPEMA e ao Campus Itapecuru Mirim, a FAPEMA pelas duas bolsas do projeto e pela aceitação do mesmo, e ao Campus Itapecuru Mirim pelo apoio durante todo o projeto e por nos proporcionar um local em que realizamos o projeto.

Referências

BORGES, Ana Kleiber Pessoa. *Despoluição de águas superficiais e efluentes de piscicultura através de sistemas construídos de áreas alagadas (constructed wetland)*. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, n. 92, p. 89-95, 16 maio 2011.

CORREIA, Aislan et al. Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento. *Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional*, v. 10, p. 1-5, 2008.

FEITOSA, A. C.; MANOEL-FILHO, J. *Hidrologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM; LABHID-UFPE, 2000.

PEREIRA, Cristina da Silva; RODRIGUES, Mayara Oliveira Sousa; BARROS, Cindhi Lorrane dos Santos; ALMEIDA, Bruna Lays Nascimento de; DIOGO, Maria Lays Sousa de Andrade. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. de O. *Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias*. Campina Grande: [s. n.], 266 p., 2001.