# *EICHHORNIA CRASSIPES* NA BIOINDICAÇÃO DE METAIS PESADOS E USO DA BIOMASSA EM TINTAS ECOLÓGICAS

**Carlos Eduardo dos Santos Souza, Lara Caroline de Andrade, Pedro Henrique Fabrício Monteiro, Márcio Henrique Maranhão Maia**

Fundação Valeparaibana de Ensino, Colégio Univap - Centro, Curso Técnico em Química, Rua Paraibuna, 75, Centro, São José dos Campos – SP, Brasil, carlossantossouza6214@gmail.com, lcandraded@gmail.com, pedrohenriquemo477@gmail.com, profmarciochem@gmail.com.

**Resumo**

A busca por alternativas sustentáveis tem incentivado o uso de fontes renováveis na produção de novos materiais. Nesse contexto, a *Eichhornia crassipes*, conhecida como aguapé, destaca-se pela elevada produção de biomassa e pelo potencial de fitorremediação e bioindicação da qualidade da água, devido à capacidade de absorver e acumular contaminantes em seus tecidos. Este trabalho analisou, por meio de revisão integrativa da literatura, o potencial da espécie para o monitoramento de corpos hídricos contaminados por metais pesados e para a valorização de sua biomassa na produção de pigmentos destinados a tintas de base aquosa. A literatura consultada indica capacidade de remoção de metais em condições experimentais e potencial de aproveitamento da biomassa, mas também evidencia a necessidade de controle da contaminação residual. Como não foram realizados ensaios experimentais de formulação e desempenho no presente estudo, aspectos como aderência, cobertura, estabilidade e resistência à radiação UV são indicados como etapas futuras de avaliação. Conclui-se que a espécie apresenta potencial para aplicações sustentáveis, condicionado à caracterização química da biomassa, à segurança do material e à validação experimental da formulação.

**Palavras-chave:** *Eichhornia crassipes*. Metais pesados. Pigmentos naturais.

**Área do Conhecimento**: Seção de trabalhos Ensino Médio/Ensino Médio Técnico

## Introdução

A água potável figura entre os recursos mais essenciais à sobrevivência humana, sendo amplamente empregada na agricultura, no abastecimento e na manutenção da saúde pública. Diante de sua importância, a Organização das Nações Unidas estabeleceu, como sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6), garantir o acesso à água potável, segura e acessível para todos até 2030. No ritmo atual, contudo, as projeções indicam que essa meta dificilmente será alcançada antes de 2049 (Organização das Nações Unidas, 2024). Nesse cenário, o presente artigo tem como objetivo avaliar o potencial da *Eichhornia crassipes* como bioindicadora de contaminação por metais pesados em corpos hídricos e discutir a possibilidade de valorização de sua biomassa na produção de pigmentos para tintas ecológicas.

Pertencente à família *Pontederiaceae*, a *Eichhornia crassipes* costuma ser vista como um problema ambiental em razão de sua elevada taxa de reprodução. Ao mesmo tempo, apresenta potencial para biorremediação e bioindicação de contaminantes em corpos hídricos, em razão da capacidade de absorver e acumular substâncias em seus tecidos. Essa característica pode auxiliar na avaliação da exposição crônica do ecossistema a contaminantes (Sá; Sousa; Sousa, 2025).

Além do uso ambiental, a biomassa do aguapé apresenta potencial de valorização. Entretanto, a possibilidade de utilização da biomassa para obtenção de pigmentos deve ser analisada em conjunto com o risco de transferência dos contaminantes acumulados para o produto final. Assim, o reaproveitamento somente deve ser considerado após caracterização química e avaliação de segurança do material.

## Metodologia

O estudo caracteriza-se como revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter exploratório, vinculada a um projeto em etapa de desenvolvimento. O objetivo foi analisar o potencial da espécie *Eichhornia crassipes* (aguapé) no monitoramento e na bioindicação de corpos hídricos contaminados por metais pesados, bem como discutir a possibilidade de valorização de sua biomassa na produção de pigmentos para tintas ecológicas.

A coleta dos dados foi realizada entre maio e agosto de 2026, utilizando as bases Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico. Para o levantamento dos estudos, foram utilizadas as palavras-chave "*Eichhornia crassipes*", "bioindicador", "metais pesados" e "pigmentos ecológicos".

Adotaram-se como critérios de inclusão artigos científicos originais e de revisão, publicados em diferentes idiomas, entre 2020 e 2026, que abordassem o acúmulo de contaminantes nos tecidos da planta e/ou seu potencial de valorização. Como critérios de exclusão, foram descartados estudos que não apresentassem relação direta com o tema ou que fossem focados exclusivamente no manejo da espécie como planta invasora.

A seleção dos artigos seguiu as etapas de leitura dos títulos, análise dos resumos e leitura na íntegra dos estudos pré-selecionados. Os dados extraídos foram organizados em uma planilha estruturada contendo autores, ano de publicação, parâmetros de qualidade da água analisados, metais avaliados e principais conclusões.

## Resultados

A capacidade biorremediadora de *Eichhornia crassipes* pode ser discutida, em termos teóricos, a partir da comparação dos resultados encontrados na literatura com os padrões de qualidade definidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Durán Mera e Lino García (2023) expuseram três indivíduos da espécie a efluente de uma estação de tratamento por nove dias, analisando pH, condutividade elétrica, turbidez, cor e odor. Durante o experimento, o pH variou de 5,50 a 8,17, enquanto a turbidez apresentou redução de 49,8% para 4,71%. Também foram observadas alterações na coloração e eliminação do mau odor.

Considerando os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o pH final de 8,17 encontra-se na faixa de 6,0 a 9,0 indicada para águas doces de Classe 1. Entretanto, a turbidez foi expressa no estudo em porcentagem, enquanto o limite normativo é apresentado em unidades nefelométricas de turbidez (UNT); portanto, não é tecnicamente adequado comparar diretamente os valores. Da mesma forma, a condutividade elétrica não deve ser utilizada para verificar conformidade com os padrões da resolução quando não houver limite específico aplicável ao parâmetro.

Estudos específicos com a espécie demonstram capacidade de remoção de metais pesados em condições experimentais. Zhou et al. (2020) observaram, em um sistema multicomponente, remoções de até 92,69% de Pb, 64,21% de Zn, 50,00% de Cd e 92,61% de Mn após 24 dias, com variação de acordo com as concentrações iniciais empregadas. Os autores também observaram fatores de bioconcentração elevados e fatores de translocação inferiores a 1, indicando maior retenção dos metais nas raízes em comparação com as partes aéreas.

Esses resultados são relevantes para a avaliação do potencial de fitorremediação. Entretanto, percentuais de remoção não podem ser comparados diretamente com limites de concentração estabelecidos pela legislação, pois são grandezas distintas. O atendimento aos padrões legais somente pode ser verificado mediante determinação das concentrações finais dos contaminantes, nas unidades previstas na legislação, considerando as condições específicas de cada corpo hídrico ou efluente. A eficiência do processo depende, entre outros fatores, da concentração inicial, do tempo de exposição, da composição do meio e das condições ambientais.

Assim, *E. crassipes* demonstra potencial biorremediador, especialmente pela capacidade de remover contaminantes da fase aquosa e acumulá-los em sua biomassa. Entretanto, a remoção dos metais da água não significa sua eliminação do sistema. A biomassa resultante deve ser coletada e

destinada de forma ambientalmente adequada, e seu eventual reaproveitamento deve ser condicionado à caracterização química e à avaliação de segurança. Os dados apresentados na Tabela 1, portanto, apoiam a investigação da espécie como alternativa complementar de fitorremediação, e não como substituta isolada dos métodos tradicionais de tratamento de efluentes.

**Tabela 1 – Síntese dos resultados de biorremediação e remoção de metais pesados (Pb, Cd, Zn e Mn) reportados na literatura**

| Parâmetro/metais | Resultado reportado na literatura |
|---|---|
| pH | 8,17 |
| Turbidez | 4,71% após redução |
| Pb | Remoção de até 92,69% |
| Cd | Remoção de até 50,00% |
| Zn | Remoção de até 64,21% |
| Mn | Remoção de até 92,61% |

Fonte: Elaborada pelos autores com base na literatura consultada (2026).

Após o processo de fitorremediação, a biomassa de *Eichhornia crassipes* deve ser coletada e caracterizada quanto à presença e concentração de contaminantes. Somente após a avaliação de segurança do material poderá ser definida sua destinação. Caso seja considerada adequada para aproveitamento, a biomassa poderá ser lavada, seca em estufa de circulação de ar até massa constante, triturada e peneirada para obtenção de material de granulometria homogênea, destinado à investigação como pigmento de origem vegetal.

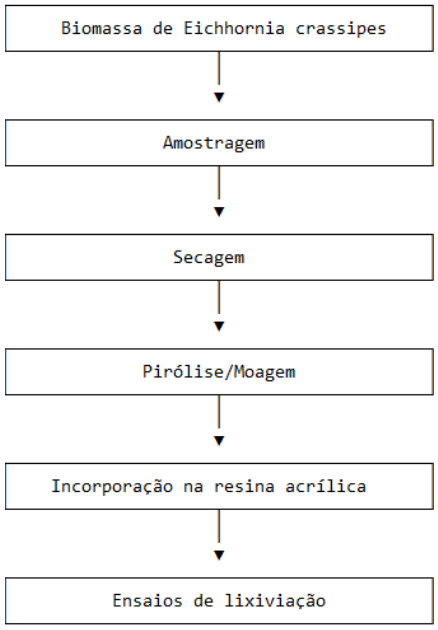
Segundo Carneiro et al. (2022), a biomassa da espécie apresenta potencial de retenção de compostos em solução aquosa e pode ser investigada como material funcional em sistemas de reaproveitamento de resíduos. Singh e Balomajumder (2021) relatam que a biomassa *de Eichhornia crassipes* é composta majoritariamente por celulose, hemicelulose e lignina, características associadas ao potencial de geração de materiais de valor agregado. Os autores também identificaram, por técnicas de caracterização estrutural, grupos funcionais e estruturas relacionadas a materiais lignocelulósicos.

A biomassa seca pode ser investigada como precursora de pigmentos naturais ou como material carbonizado. Processos térmicos controlados, como a pirólise, podem alterar a estrutura do material e modificar suas propriedades físico-químicas, devendo os efeitos sobre estabilidade e desempenho ser determinados experimentalmente (Singh; Balomajumder, 2021).

Em etapa experimental futura, o material previamente caracterizado poderá ser incorporado a uma matriz polimérica à base de água, composta por resina acrílica aquosa, cuja compatibilidade com a carga deverá ser verificada experimentalmente. A literatura citada por Carneiro et al. (2022) sustenta a investigação do uso de materiais derivados de biomassa em matrizes poliméricas.

Em etapa experimental futura, a incorporação poderá ser realizada sob agitação mecânica contínua, com eventual uso de ultrassom, visando favorecer a dispersão das partículas e reduzir aglomerações. Conforme Arrigo et al. (2023), a introdução de pigmentos biológicos em sistemas aquosos depende da adequada dispersão e compatibilidade com a matriz polimérica. Diferentes concentrações de pigmento poderão ser avaliadas quanto à intensidade da cor, estabilidade e desempenho do revestimento.

**Esquema 1 - Proposta experimental futura para valorização da biomassa de *Eichhornia crassipes*.**




Fonte: Autores (2026).

As etapas apresentadas no Esquema 1 não foram realizadas no presente estudo, sendo estruturadas, a partir da análise da literatura utilizada, como uma proposta para futuras investigações experimentais. Além da resina acrílica, poderão ser investigados aditivos compatíveis com sistemas de base aquosa, como dispersantes, espessantes e antiespumantes, visando otimizar a estabilidade física da formulação. A seleção desses componentes deverá considerar sua composição, toxicidade, compatibilidade e impacto ambiental. A proposta busca avaliar a possibilidade de converter biomassa de *Eichhornia crassipes*, após tratamento e caracterização adequados, em insumo pigmentário para tintas de base aquosa, sem presumir sua segurança antes da comprovação experimental.

## Discussão

A possibilidade de uso da biomassa de *Eichhornia crassipes* como insumo pigmentário pode ser relacionada à sua natureza lignocelulósica. Conforme Singh e Balomajumder (2021), a presença de celulose, hemicelulose e lignina confere características estruturais relevantes para a investigação de materiais de valor agregado. A padronização granulométrica após a secagem constitui parâmetro importante, pois a distribuição de tamanho das partículas pode influenciar a homogeneidade do revestimento e a estabilidade visual da formulação.

A rota de processamento poderá influenciar as propriedades ópticas e físico-químicas do revestimento. A biomassa in natura pode preservar compostos responsáveis por determinadas tonalidades, enquanto processos térmicos controlados, como a pirólise, podem modificar sua estrutura e composição (Singh; Balomajumder, 2021). Entretanto, estabilidade química e resistência à degradação por radiação UV não devem ser presumidas e precisam ser determinadas por ensaios específicos.

A integração do pigmento em uma resina acrílica de base aquosa pode contribuir para a redução do uso de solventes orgânicos, mas a formulação completa deve ser avaliada quanto à composição e ao impacto ambiental. A dispersão assistida por ultrassom pode ser investigada como estratégia para reduzir a aglomeração de partículas em meio aquoso, conforme a literatura citada por Arrigo et al. (2023). A incorporação de biomassa proveniente de processos de descontaminação somente deve ser considerada após caracterização dos contaminantes e demonstração de segurança

química. Essa etapa de pirólise é fundamental não apenas para a pigmentação, mas para promover a imobilização química dos metais pesados (como Pb, Cd, Zn e Mn) na matriz de carbono gerada. Esta estabilização térmica é a principal estratégia para impedir a lixiviação dos contaminantes tóxicos do revestimento seco para o ambiente, garantindo a segurança ecológica da tinta.

## Conclusão

Com base na revisão integrativa da literatura realizada, conclui-se que a *Eichhornia crassipes* apresenta potencial biológico e biotecnológico para bioindicação e fitorremediação de corpos hídricos contaminados, além de potencial para valorização de sua biomassa. Entretanto, os dados analisados não permitem afirmar eficiência de uma formulação de tinta, pois não foram apresentados ensaios experimentais de pigmentação e desempenho. A utilização da espécie como bioindicadora deve ser complementada por análises químicas e físico-químicas da água e dos tecidos vegetais.

A possibilidade de reaproveitamento da biomassa deve considerar que a maior retenção de determinados metais nas raízes não garante a ausência de contaminantes nas partes aéreas. Portanto, a separação de folhas e pecíolos não deve ser considerada suficiente para assegurar a segurança da matéria-prima. Antes de qualquer aplicação como pigmento, são necessárias análises químicas da biomassa e do produto obtido, incluindo avaliação de lixiviação. A utilização de resina de base aquosa e de dispersão por ultrassom pode ser investigada como estratégia de formulação, mas seus benefícios ambientais e de desempenho devem ser demonstrados experimentalmente.

Por tratar-se de um estudo de fundamentação teórica, recomenda-se a realização de ensaios experimentais em bancada. São necessários estudos sobre extração e estabilidade do pigmento, caracterização química da biomassa, padronização granulométrica e avaliação da formulação. Também devem ser realizados ensaios de desempenho, como aderência ao substrato, tempo de secagem, estabilidade ao intemperismo e radiação UV, além de ensaios de lixiviação e outros testes de segurança química aplicáveis ao produto final.

## Referências

ARRIGO, R. et al. Synergistic contribution of bio-based additives in wood paint: the combined effect of pigment deriving from spirulina and multifunctional filler based on carnauba wax. Progress in Organic Coatings, v. 182, art. 107713, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107713.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CARNEIRO, M. T. et al. Application of water hyacinth biomass (Eichhornia crassipes) as an adsorbent for methylene blue dye from aqueous medium. Polymers, v. 14, n. 13, art. 2732, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073 4360/14/13/2732. Acesso em: 19 jun. 2026.

DURÁN MERA, Bryan Esteven; LINO GARCÍA, Margarita Jesús. Fitorremediación con Eichhornia crassipes en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, v. 6, e221, 2023. DOI: https://doi.org/10.46380/rias.vol6.e221.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Goal 6: ensure access to water and sanitation for all. [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/. Acesso em: 27 maio 2026.

SÁ, A. A. de; SOUSA, A. R. de; SOUSA, C. R. de C. Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (aguapé): vilã ou aliada na conservação dos ambientes aquáticos continentais? Revista Caribeña de Ciencias Sociales, v. 14, n. 2, e4443, 2025. Disponível em: https://revistacaribena.com/ojs/index.php/rccs/article/view/4443. Acesso em: 18 jun. 2026.

SINGH, N.; BALOMAJUMDER, C. Phytoremediation potential of water hyacinth (Eichhornia crassipes) for pollutant removal from wastewater. Applied Water Science, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-021 01472-8. Acesso em: 19 jun. 2026.

ZHOU, R.; ZHANG, M.; ZHOU, J. et al. Optimization of biochar preparation from the stem of Eichhornia crassipes using response surface methodology on adsorption of $Cd^{2+}$. Scientific Reports, v. 9, art. 17538, 2020. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-019-54105-1. Acesso em: 19 jun. 2026.

**Agradecimento**

Agradecemos ao Colégio Univap – Unidade Centro pelo suporte e estrutura ao longo do curso técnico. Nossa sincera gratidão ao nosso orientador, Prof. Márcio Henrique Maranhão Maia, e ao nosso coorientador, Prof. Kemer Zuri, pela condução, suporte técnico e contribuições fundamentais nesta pesquisa. Agradecemos também à nossa antiga orientadora, Profa. Daniela Santos, por ter acreditado na ideia inicial deste projeto e pelo direcionamento na fase inicial desta jornada.