



UTILIZAÇÃO DE LEITOS FLUTUANTES PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA MASSA DE ÁGUA SUPERFICIAL

- O CASO DA RIBEIRA DO ROXO -

Teresa CARVALHOS¹, Anabela DURÃO², Adelaide ALMEIDA¹, Ana PARDAL¹, Izabel PARENTE¹,
Valter LOPES³, António PARREIRA³, Carlos MARQUES³

1. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior Agrária, Rua Pedro Soares - Campus do IPBeja, 7800-295 Beja, mtcarvalhos@ipbeja.pt, maalmeida@ipbeja.pt, anap@ipbeja.pt, 11591@stu.ipbeja.pt
2. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Rua Pedro Soares - Campus do IPBeja, 7800-295 Beja: adurao@ipbeja.pt
3. Associação de Beneficiários do Roxo, Estrada Nacional nº383, Montes Velhos, vlopes@abroxoxo.pt, amparreira@sapo.pt, cmarques@abroxoxo.pt

RESUMO

Devido aos efeitos negativos das suas principais afluentes, a qualidade da água da ribeira do Roxo apresenta-se degradada deteriorando a qualidade da água do Perímetro de Rega do Roxo tendo consequências muito próximas na actividade agrícola de regadio. Perante esta situação, considerou-se pertinente a tentativa de minimização deste problema, recorrendo a soluções eficazes de remoção de poluentes e ambientalmente sustentáveis. Assim, o objectivo primordial deste trabalho foi o de testar a tecnologia de eco-reabilitação de leitos flutuantes (LF) de macrófitas com a finalidade de melhorar a qualidade daquela massa de água superficial, nomeadamente na remoção de metais pesados, de forma a compatibilizar a protecção do meio ambiente e as actividades agrícolas de regadio do Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo. Assim, ao longo de 2018/19, avaliou-se em instalação piloto o desempenho de dois leitos flutuantes de macrófitas, *Vetiveria zizanioides* (LF1) e *Phragmites australis* (LF2) no que concerne à sua capacidade de remover os metais Fe, Zn, Cu e Mn da massa de água bem como a sua resistência/ adaptabilidade ao meio. Os resultados obtidos em LF1 sugerem taxas médias de remoção para os diferentes metais, a variarem entre os 40% e 14% e em LF2 de 27% a 6%. O crescimento das macrófitas evidenciou capacidade de sobrevivência neste tipo de meio sem a ocorrência de dano severo na sua morfologia externa e anatómica. Ao longo do período de monitorização, verificou-se que a *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* apresentaram um Factor de Bioconcentração, $FBC > 1$, o que significa que têm capacidade de acumular metais pesados.

Palavras-Chave: ribeira do Roxo, eco-reabilitação; leitos flutuantes; qualidade da água; perímetro de rega do Roxo.

1. INTRODUÇÃO

O rio/ribeira é um ecossistema aberto cuja dinâmica depende da matéria orgânica e dos nutrientes com origem no sistema terrestre (Souza & Kobiyama, 2003), devendo-se compreender a variabilidade dos processos físicos e biológicos que ocorrem ao longo das dimensões espacial e temporal. A melhoria dos ecossistemas degradados pode ser expressa em função da característica estrutural e funcional, na medida em que quando um ecossistema se degrada ambas as características estão normalmente reduzidas

As medidas de Eco-reabilitação recorrem ao uso sustentável de ecossistemas naturais e/ou construídos para protecção e restauração ambiental. As tecnologias de remediação ecológica incluem mecanismos de

fitorremediação (leitos flutuantes (LFs) e zonas húmidas artificiais (ZHA), entre outros), biomanipulação e várias técnicas combinadas (Ning et al., 2014).

As zonas húmidas de LFs foram utilizadas em muitos locais e em grande variedade de situações. São constituídas por matrizes flutuantes (Jangadas flutuantes), a qual está associado comunidades ecológicas, tais como macrófitas e microrganismos (Kadlec & Wallace, 2009). Têm a capacidade de degradar os poluentes tirando partido dos benefícios que os ecossistemas apresentam, pelo que podem ser utilizados para melhorar a qualidade de massas de água superficiais (Walker et al., 2017).

O tratamento da água com recurso a jangadas flutuantes ocorre como resultado da relação simbiótica entre as plantas (sistema radicular), os microrganismos e o substrato. As plantas desempenham um papel fundamental, na medida em que possuem um sistema radicular denso, proporcionando:

(i) a criação de condições necessárias para a circulação da água; (ii) a criação de fluxo laminar entre a superfície e o fundo da coluna de água; (iii) a fixação de microrganismos; (iv) o transporte do ar atmosférico através dos seus órgãos superiores até às raízes; (v) a assimilação de nutrientes; (vi) a ocorrência de processos de sedimentação de sólidos e (vii) a capacidade de armazenamento de sedimentos sem provocar danos excessivos ao sistema (Billore et al 2009).

A escolha de planta em leitos flutuantes depende do tipo de processo que se pretende (aeróbio, anóxico ou anaeróbio), uma vez que as plantas transportam o oxigénio para o meio permitindo compensar o consumo de oxigénio da degradação dos poluentes (Brix, 2003). As plantas não sendo enraizadas absorvem os nutrientes da água (Ning et al, 2014). Entre as diferentes plantas referidas na literatura constam a *Phragmites Australis* e a *Vetiver Zizanioides*. As *Phragmites*, apresentam eficiências de remoção de: 35% a 50% para compostos azotados; 26% a 46% para sólidos suspensos; 40% a 50% para matéria orgânica e promovem um aumento do teor de oxigénio dissolvido na massa de água (Billore et al. 2009). As *Vetiver Zizanioides* para além de apresentarem boas eficiências de remoção de nutrientes e matéria orgânica (Zhao et al 2012), removem também metais pesados (Danh et al 2009) e a sua biomassa pode ser valorizada.

Os estudos à “escala real” evidenciam uma variabilidade de resultados dificultando a percepção dos fenómenos envolvidos e a previsão do comportamento da tecnologia de tratamento. As instalações piloto pretendem minimizar o carácter estocástico dos sistemas naturais, limitando a variabilidade dos parâmetros, influência climática, variabilidade de caudais e cargas afluentes (Durão, 2013).

Pretendeu-se, assim, testar, em instalação piloto, a tecnologia de ecoreabilitação de leitos flutuantes (LF) de macrófitas (*Vetiver Zizanioides* e *Phragmites Australis*) com a finalidade de melhorar a qualidade da água da Ribeira do Roxo, nomeadamente na remoção de metais pesados, de forma a compatibilizar a protecção do meio ambiente e as actividades agrícolas de regadio do Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo. O trabalho a apresentar enquadra-se no âmbito de projeto da Rede Rural Nacional em curso e envolve a Associação de Beneficiários do Roxo, o Instituto Politécnico de Beja e o agricultor António Rocha Parreira. Será apresentada uma breve caracterização do Aproveitamento Hidroagrícola do Roxo, contexto no qual os problemas que se irão abordar serão tratados e com uma relação muito próxima com a actividade agrícola de regadio.

2. ENQUADRAMENTO

O projeto PRODER 4.2.2- Qualidade da Água da Albufeira do Roxo na Dinâmica dos Solos e Culturas Agrícolas ao avaliar a qualidade da água do Perímetro de Rega do Roxo mostrou a influência das actividades agrícolas praticadas, das explorações agropecuárias e mineiras limítrofes, evidenciando os efeitos negativos sobre os principais afluentes da ribeira do Roxo; (i) A ribeira de Água Forte, por receber as escorrências do efluente tratado proveniente da atividade mineira de Aljustrel; (ii) A ribeira do Outeiro por transportar, a água da Estação de Tratamentos de Águas Residuais de Beja; (iii) A ribeira da Malhada, por incorporar resíduos de origem animal, que pastoreiam ao longo da referida ribeira; (iv) A ribeira do Roxo, troço junto à Barragem do Roxo, por ação de descargas de lamas resultantes do tratamento da água na Estação de Tratamento de Águas do Roxo (Borrvalho & Durão, 2016).

O efeito destas actividades contribui para a degradação da qualidade da água e conseqüente redução da fauna e flora autóctones. A eutrofização da água em conjunto com intervenções de limpeza da ribeira incorrectas, executadas no passado, conduziram ao acelerado assoreamento do leito da ribeira.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Construção da instalação piloto e monitorização dos leitos flutuantes

Construiu-se uma instalação piloto, onde se pretendeu minimizar o carácter estocástico do sistema natural, limitando a variabilidade dos parâmetros, a influência climática, a variabilidade de caudais e cargas afluentes. Esta é constituída por 3 depósitos de capacidade nominal de 1000 L cada um: a) controlo (contendo água da ribeira do Roxo); b) LF1 (Jangada flutuante contendo *Vetiveria zizanioides* e água da ribeira do Roxo) e c) LF2 (Jangada flutuante contendo *Phragmites australis* e água da ribeira do Roxo). A qualidade da água dos leitos flutuantes foi monitorizada, bem como o crescimento foliar e radicular das macrófitas e o seu conteúdo em metais e pigmentos fotossintéticos durante o ano de 2018/19.

3.2. Amostragem e Monitorização da água da ribeira do Roxo

As colheitas de água da Ribeira do Roxo foram realizadas de acordo com Standard Methods of Analysis (APHA, 2005).

Os leitos foram monitorizados mensalmente com a sonda portátil multiparamétrica (HI9829 HANNA), para os seguintes parâmetros: pH; temperatura da água (Tw); potencial redox (Eh); Condutividade Elétrica (CE); Oxigénio Dissolvido (OD) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT).

A monitorização físico-química foi realizada com a periodicidade mensal, de acordo com os métodos padronizados para a qualidade de água referidos no Standard Methods of Analysis (APHA, 2005), para os seguintes parâmetros: Sódio (Na^+); Potássio (K^+); Magnésio (Mg^{2+}); Cálcio (Ca^{2+}); Sólidos Suspensos Totais (SST); Cloretos (Cl^-); Azoto Amoniacal (NH_4^+); Azoto kjeldhal (Nkj); Nitratos (NO_3^-); Nitritos (NO_2^-); Fósforo (P); Fosfato (PO_4^{3-}); Boro (B^{3+}); Carência Química de Oxigénio (CQO); Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅); Sulfuretos (S_2^-); Sulfitos (SO_3^{2-}); Tiosulfatos ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$); Sulfatos (SO_4^{2-}); Zinco (Zn); Cobre (Cu); Manganês (Mn) e Ferro (Fe).

3.3 Monitorização da produção de biomassa foliar e radicular das macrófitas, seu conteúdo em metais pesados e pigmentos fotossintéticos

Com a periodicidade mensal, a monitorização da produção de biomassa aérea e radicular das macrófitas foi feita pelo método gravimétrico. Mensalmente analisou-se, por espectrometria de absorção atómica o conteúdo em metais existente na biomassa foliar e radicular das macrófitas e os seus conteúdos fotossintéticos por espectrometria de absorção molecular.

4. PRINCIPAIS RESULTADOS

A caracterização da qualidade da água da ribeira do Roxo demonstrou que possui, entre outros: (i) pH ligeiramente alcalino, (ii) condutividade eléctrica elevada (CE), (iii) Carência Química em Oxigénio (CQO) elevada, (iv) níveis de oxigénio dissolvido baixos (OD), (v) teores de metais pesados elevados (Fe, Zn, Cu, Mn) elevados e (vi) concentrações baixas dos nutrientes azotados e fosfatados.

Obtiveram-se taxas médias de remoção dos metais pesados no LF1 e no LF2, de Fe=40%; Zn=25%; Cu=15%; Mn=14% e Fe=27%; Zn=17%; Mn=16%; Cu=6%; respetivamente.

A ordem de acumulação de metais pesados na biomassa total na *Vetiveria zizanioides* foi Fe> Zn>Cu> Mn e em *Phragmites australis* Fe>Zn>Mn>Cu.

O crescimento da biomassa foliar de *Vetiveria zizanioides* e *Phragmites australis* foi de $7,1 \pm 0,3$ cm/mês e $2,5 \pm 0,0$ cm/mês e da biomassa radicular $3,8 \pm 0,1$ cm/mês e $4,1 \pm 0,2$ cm/mês, respetivamente.

5. CONCLUSÕES

A eficiência de remoção de metais pesados na água do LF1 foi de: Fe=40%; Zn=25%; Cu=15%; Mn=14% e do LF2 foi de: Fe=27%; Zn=17%; Mn=16%; Cu=6%. O crescimento das macrófitas evidenciou capacidade de sobrevivência neste tipo de meio sem a ocorrência



de dano severo na sua morfologia externa e anatómica, apresentando, contudo, alguma inibição de crescimento.

Os valores do Factor de Bioconcentração (FBC) e do Fator de Translocação (FT) obtidos mostram que ambas as macrófitas têm a capacidade de acumular metais pesados e que estes se acumulam preferencialmente na biomassa radicular, o que evidencia capacidade de depuração por mecanismos de rizofiltração.

Os resultados obtidos forneceram evidências de que os LFs em estudo poderão constituir um sistema de tratamento da água da ribeira do Roxo de longa duração, ecológico, económico e com possibilidade de utilização à escala real.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao projeto GreenEcoRoxo - Utilização de leitos flutuantes para melhoria da qualidade de massas de água superficial – Grupos Operacionais/PDR2020-101-030895.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed.; APHA:Washington, DC, USA, 2005. American Water Works Association/American Public Works Association/Water Environment Federation. <https://doi.org/10.2105/AJPH.51.6.940-a>.
- Brix, et al., H. (2003). Root-zone acidity and nitrogen source affects *Typha latifolia* L. growth and uptake kinetics of ammonium and nitrate. *Journal of Experimental Botany*, 53, 2441-2450. doi:10.1093/jxb/erf106
- Billore, et al. (2009). Treatment performance of artificial floating reed beds in an experimental mesocosm to improve the water quality of river Kshipra. *Water Science and Technology*, 60 (11), 2851-2859. doi:10.2166/wst.2009.731.
- Borralho, T., Durão, A. (2016). Qualidade da Água da Albufeira do Roxo na Dinâmica dos Solos e Culturas Agrícolas (QARSC). Associação de Regantes do Roxo, Instituto Politécnico de Beja, Universidade de Évora. pp. 25-45.
- Durão, A. C. R. (2013). Estratégias para a melhoria da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Ardila. Tese elaborada na Universidade de Évora, para a obtenção do grau de doutor em Ciências da Engenharia do Território e Ambiente, Évora. Obtido em 19 de março de 2019.
- Ning, D., Huang, Y., Pan, R., Wang, F., & Wang, H. (2014). Effect of eco-remediation using planted floating bed system on nutrients and heavy metals in urban river water and sediment: A field study in China. *Science of the Total Environment*, 485–486(1), 596–603. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.103>.
- Zhao, F., Yang, W., Zeng, Z., Li, H., Yang, X., He, Z., ... Peng, H. (2012). Nutrient removal efficiency and biomass production of different bioenergy plants in hypereutrophic water. *Biomass and Bioenergy*, 42, 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.04.003>.
- Sousa, D.P., Kobiyama, M. Ecoengenharia em zona ripária: Renaturalização de rios e recuperação de vegetação ripária. In: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias (1: 2003: Alfredo Wagner) Florianópolis: UFSC/PPGEA, Anais, 2003. p. 121-131.
- Walker, C., Tondera, K., & Lucke, T. (2017). Stormwater treatment evaluation of a Constructed Floating Wetland after two years operation in an urban catchment. *Sustainability (Switzerland)*, 9 (10), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su9101687>.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands*. Second Edition (2nd ed.).
- Danh, L. T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., & Foster, N. (2009). Vetiver grass, *Vetiveria zizanioides*: A choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *International Journal of Phytoremediation*, 11(8), 664–691. <https://doi.org/10.1080/15226510902787302>.