



## **Diferentes aplicações do tratamento de águas residuárias com macrófitas aquáticas e wetlands construídos**

**Amanda Brisotto Cledes<sup>1</sup>, Liziane Bertotti Crippa<sup>2</sup>, Raquel Finkler<sup>2</sup>, Janice Souza Hamm<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário da Serra Gaúcha (amandabrisotto@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro Universitário da Serra Gaúcha (liziane.crippa2@fsg.br)

### **Resumo**

Wetlands são sistemas de tratamento de efluentes que tem como princípio a utilização de macrófitas aquáticas. Trata-se de um processo físico químico, no qual possui uma interação total de microrganismos, substrato e vegetação, em que se realiza filtração, sedimentação, precipitação, adsorção química, atividade microbiológica, dentre outros processos responsáveis pela obtenção de uma água de boa qualidade. Os Wetlands podem ser utilizados para tratamento de esgotos domésticos, águas lixivantes, efluentes de variadas indústrias e da agropecuária, e águas contaminadas. O presente artigo tem como propósito demonstrar a efetividade na utilização de Wetlands para o tratamento de águas residuárias, onde, a partir de pesquisas realizada em artigos acadêmicos, pode-se concluir que este sistema gera grandes vantagens, pois realiza o tratamento através da fitorremediação, possui baixo custo, fácil manutenção e, consumo mínimo de energia.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas. Wetlands. Fitorremediação.

Área Temática: Águas Residuárias

## **Different applications of wastewater treatment with aquatic macrophytes and wetlands constructed**

### **Abstract**

*Wetlands are effluent treatment systems whose principle is the use of aquatic macrophytes. It is a physical chemical process in which it has a total interaction of microorganisms, substrate and vegetation, in which filtration, sedimentation, precipitation, chemical adsorption, microbiological activity, among other processes responsible for obtaining good quality water. Wetlands can be used to treat domestic sewage, leaching water, effluent from many industries and agriculture, and contaminated water. The purpose of this paper is to demonstrate the effectiveness of Wetlands for the treatment of wastewater, where, based on research carried out in academic articles, it can be concluded that this system generates great advantages, as it performs the treatment through phytoremediation, has low cost, easy maintenance and, minimum energy consumption.*

*Key words: Aquatic macrophytes. Wetlands. Fitorremediation.*

*Theme Area: Wastewater*



## 1 Introdução

Os Wetlands podem ser conhecidos popularmente por alagados construídos, leitos cultivados ou tratamento por zona de raízes. Trata-se de um sistema natural e biológico, no qual realiza o tratamento de esgotos com substratos ou plantas aquáticas.

“A utilização de plantas no tratamento de esgoto representa uma tecnologia emergente, eficiente, estética e de baixos custos energéticos, que está se revelando como uma boa alternativa aos sistemas convencionais” (ALMEIDA, OLIVEIRA, KLIEMANN, 2007). As plantas que realizam este tratamento são as macrófitas aquáticas, as quais possuem uma grande diversidade de espécies e diferentes características, tanto em relação a sua estrutura quanto na capacidade de remover os nutrientes presentes na água.

Segundo KADLEC & WALLACE apud WEBER; PRADO; KAICK (2009), esta tecnologia foi desenvolvida na Europa, em meados dos anos 60, com a intenção de fornecer níveis maiores de transferência de oxigênio e produzir um efluente nitrificado.

Diferente de outros sistemas convencionais de tratamento, este é um processo de baixo custo, fácil manutenção e rápida operação. A utilização de wetlands construídas como sistemas de tratamento de águas residuais têm se intensificado nas últimas décadas e têm sido matéria de muitas discussões, as quais apresentam um ponto positivo: o desenvolvimento de pesquisas e experimentos conduzindo para um maior conhecimento e experiências nessa linha de pesquisa (HARBEL apud SALATI, 1997).

Devido a eficácia e o seu baixo custo, os wetlands estão sendo aplicados em todo o mundo, podendo ser utilizados para tratamento de esgotos secundários, terciários e, em alguns casos, para a recuperação de rios degradados. São muitas as formas de construção e manutenção de Wetlands, sendo que todas elas envolvem processos químicos, físicos e biológico para a realização do tratamento de um efluente.

A escolha deste assunto tem como finalidade abordar a importância da utilização de plantas macrófitas aquáticas no tratamento de águas residuárias, bem como a utilização e o desenvolvimento dos Wetlands.

## 2 Metodologia

“A “pesquisa bibliográfica foi feita utilizando as ferramentas de busca online “Web of Science”, “Scielo” e “Ebsco” utilizando os seguintes descritores: wetlands, wetlands construídos, macrófitas aquáticas, fitorremediação e tratamento de esgoto com plantas aquáticas.

## 3 Esgotamento sanitário

O modo de desenvolvimento das sociedades humanas ao longo da história, e especialmente a partir da revolução industrial, tem sido agressivo e predatório aos ecossistemas, portanto insustentável e gerador de uma série de danos socioambientais, trazendo riscos à saúde da população silvestre e também humana (CANO apud MARTINS, 2012).

Uma consequência disso é a produção excessiva de águas residuárias, no qual demandam uma administração e tratamento adequado para que sejam depositados a natureza. Estas águas residuárias, popularmente conhecidas como esgoto ou efluente, podem ser classificadas em dois grupos: sanitários e industriais.

Os esgotos sanitários incluem predominantemente os despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais, de infiltração, e eventualmente uma fração não significativa de despejos industriais (JORDÃO; PESSÓA, 2009).

O esgoto sanitário se caracteriza por ser rico em matéria orgânica e é proveniente de residências, edifícios e instituições. No grupo do esgoto industrial, os efluentes possuem



características próprias, que dependem da matéria prima, do processo e do produto a ser industrializado.

Estudos realizados, atualmente no Brasil, apontam que 38% do esgoto gerado pela população é tratado, sendo este um valor relativamente baixo, ao compararmos o quanto de esgoto é gerado diariamente em todo o país.

Segundo uma pesquisa realizada em 2010 pelo Instituto Trata Brasil - no qual se dedica a ideia que o Brasil necessita de uma universalização ao ingresso à coleta e o tratamento de esgoto adequado - verificou-se que em alguns municípios o elevado índice de internações hospitalares por conta de diarreias, e por coincidência eram os mesmos locais onde o tratamento era inadequado do esgoto para população, portanto percebe-se o quão é importante o processo de tratamento e descarte apropriado do esgoto, sem este cuidado, consequentemente gera um alto risco a saúde pública.

### 3.1 Macrófitas aquáticas

As plantas macrófitas aquáticas podem ser definidas, de maneira ampla, como plantas herbáceas, as quais crescem em ambientes totalmente aquáticos, em solos cobertos de água ou solos saturados, preenchidos com água. Podem variar desde macroalgas até plantas angiospermas, tendo como referência alguns organismos como “algas taloides, musgos e hepáticas, filicíneas, coníferas e plantas com flores que crescem em águas interiores e salobras, estuários e águas costeiras” (Tundisi; Tundisi, 2008).

As macrófitas aquáticas têm como seu habitat preferencial as áreas alagadas, que são geralmente localizados em regiões salubres de difícil acesso que oferecem excelentes condições para o crescimento destas plantas. Estes ecossistemas podem ser: pântanos, banhados, turfeiras, brejos, margens de rios, riachos, regiões litorâneas de lagos e lagoas, lagos muito rasos e manguezais, dentre outros. Estas áreas podem ter um melhor surgimento em regiões tropicais, devido às condições climáticas, hidrológicas e geológicas.

O sul do Brasil apresenta uma grande diversidade de áreas úmidas, cerca de 10% do seu território é considerado inundado ou sujeito à inundação (MALTCHIK apud ROLON, ROCHA, MALTCHIK, 2011).

“As macrófitas aquáticas representam uma das comunidades mais produtivas e que, através de sua atividade metabólica, são capazes de produzir grandes interferências no ambiente” (ESTEVES, 1998, pg 106), sendo a principal comunidade produtora de biomassa, especialmente as macrófitas flutuantes. Possuem, também, um papel essencial na retenção de sedimentos e matéria orgânica, além de contribuir para a remoção de nutrientes em ambientes eutrofizados.

Podem se tornar um problema, quando, em virtude do crescimento acentuado, causam o impedimento à navegação e à captação da água, invasão de culturas irrigadas, obstrução de canais e tubulações de hidrelétricas, podendo trazer consequências negativas para o ambiente aquático, dificultando o uso múltiplo dos mesmos.

Em reservatórios, particularmente, surgem outras consequências com a presença excessiva de macrófitas, podendo estar relacionadas ao aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) por consequência da morte e decomposição das plantas, a alteração nas taxas de trocas gasosas entre o ambiente aquático e a atmosfera e a retenção de nutrientes, tais como o nitrogênio e o fósforo, entre outros.

Algumas macrófitas aquáticas têm sido utilizadas como bioindicadores da qualidade da água “a exemplo *Eichhornia crassipes*; *Echinodorus grandiflorus*; *Salvinia auriculata*; *Pistia Stratiotes*; *Cyperus sp.* *Typha domingensis* e *Polygonum sp.*” (PETRALLI apud ROCHA et al, 2012).

Segundo Petralli apud Rocha et al (2012) a ocorrência destas está relacionada a uma progressiva eutrofização da água devido à elevada produção de biomassa, aumentando o



déficit de oxigênio, formação de gases e diminuição do pH causando efeitos deletérios sobre as comunidades aquáticas.

Dentre estas espécies citadas, uma das mais utilizada é a *Eichhornia crassipes*, a qual se caracteriza por ser aquática flutuante livre, nativa da América do Sul, pertencente à família Pontederidaceae e que se reproduz sexuadamente por sementes, viáveis por pelo menos 15 anos no sedimento dos corpos d'água (HOLM & YEO apud MARTINS et al, 2009). Pode ser conhecida por diferentes nomes populares no Brasil, como, por exemplo, aguapé, baronesa, mururé, pavo, rainha do lago, uapé, uapê, orelha-de-jegue, lírio d'água e bandeja d'água.

Esta planta pode ser utilizada para tratamento de esgoto bruto e efluente primário ou secundário devido a sua capacidade de resistir a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura. É importante salientar que ela possui uma capacidade de produção de biomassa que pode chegar a 5% ao dia, e isso ocorre em águas poluídas, especialmente por esgoto urbano, quando existe um aumento considerável da oferta de nutrientes (SALATI et al, 2009).

Outra planta bastante utilizada para estes fins é a *Typha angustifolia* L. ou *Typha latifolia* L., a qual se caracteriza, segundo Lopes (2012), por ser uma planta aquática, ereta, com caule cilíndrico, que atinge de 2 a 3 metros de altura, é uma espécie daninha, originária da América do Sul. Pode ser conhecida por diferentes nomes populares no Brasil, dentre eles: taboa, tabua, pau de lagoa, partasana, paina-de-flecha, paineira-de-flecha, paineira-do-brejo, espadana, landim, capim-de-esteira, tabebuia, erva-de-esteira.

Segundo Almeida, Oliveira, Kliemann (2007) a taboa mostrou-se eficiente na redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), na oxigenação do substrato e na remoção de nitrogênio amoniacal, fosfatos e coliformes. Ainda segundo Almeida, Oliveira, Kliemann (2007), sua eficiência na remoção de coliformes atingiu níveis próximos à totalidade.

Estas plantas aquáticas apresentam alternativas de tratamento de águas poluídas através da técnica da fitorremediação. Esta é uma técnica de descontaminação onde as plantas removem os poluentes do ambiente ou os transformam em formas menos perigosas para os seres vivos (MARTINS et al, 2007).

### 3.2 Wetlands

Os sistemas de tratamento de efluentes que utilizam plantas macrófitas aquáticas podem ser denominados de Wetlands, alagados construídos, leitos cultivados, enraizadas construídas ou tratamento por zona de raízes. Estes apresentam diversas vantagens quando comparados aos sistemas convencionais, pois produzem efluentes de boa qualidade, com baixos custos de construção, pouco ou nenhum consumo de energia elétrica e com menos variações nas taxas de aplicação de esgoto.

Segundo Cano et al, os Wetlands são baseados em um banhado artificial, onde são cultivadas macrófitas aquáticas aderidas a um substrato inerte, como areia ou pedra. Esse sistema possibilita o crescimento de biofilme composto por uma rica diversidade de micro-organismos responsáveis pelo processo de degradação da matéria orgânica. Segundo Arias; Brix (2003) apud Abrantes (2009), o tratamento de efluentes por alagados construídos passou a ser uma opção reconhecida e recomendada, sendo efetiva na redução de matéria orgânica, na assimilação de nutrientes e na retenção ou eliminação de substâncias tóxicas que, de outra maneira, seriam lançadas sem tratamento no meio ambiente.

Os Wetlands são projetados com um maior grau de controle, sendo feita a definição da composição do substrato, que influenciam na condutividade hidráulica do sistema, do tipo de vegetação, da seleção do local, o controle hidráulico e o tempo de retenção (ABRANTES, 2009).

O tratamento nos Wetlands construídos ocorre através da interação entre microrganismos, vegetação e substrato, compreendendo processos físicos, químicos e



biológicos, incluindo a sedimentação, filtração, precipitação, adsorção química, atividade microbiológica e processos de sorção (absorção e adsorção) e liberação de componentes pela vegetação (CANO et al). Podem ser utilizados para tratamento de esgotos domésticos, águas lixivantes, efluentes de variadas indústrias e da agropecuária e águas contaminadas (Dias et al., 2000 apud SILVA, 2007).

Estes sistemas, assim como alagados naturais, apresentam como componentes principais, segundo Cunha (2006) e Abrantes (2009):

- a) o meio suporte (argila, areia, cascalho ou outro) com uma boa condutividade hidráulica;
- b) as plantas aquáticas adaptadas aos ambientes saturados;
- c) a coluna de água fluindo internamente ao substrato ou sobre sua superfície;
- d) a presença de uma série de invertebrados e vertebrados;
- e) a comunidade microbiana adaptada ou tolerante a condições aeróbias e anaeróbias;
- f) teor de matéria orgânica, assim como a liberação de nutrientes favorecendo o desenvolvimento das raízes.

O tratamento de efluentes através de leitos de macrófitas é geralmente classificado em dois grandes tipos, consoante a forma como se processa o escoamento, designadamente segundo Kadlec et al. (2000) apud Galvão, Matos (2012):

- a) escoamento superficial, em que o efluente escoar através de um leito preenchido com água e plantas aquáticas;
- b) escoamento sub-superficial, em que o efluente escoar através de um leito preenchido com um meio poroso, que apresenta plantas à superfície (macrófitas). Esta classificação subdivide-se ainda em duas variantes: escoamento horizontal ou vertical.

Escoamentos com fluxo superficial são indicados para solos com baixa permeabilidade (geralmente argilosos) e terrenos com declividade reduzida, nele o líquido percola sob a camada superficial do solo. “Neste tipo de tratamento a quantidade de matéria orgânica e de sólidos suspensos removida é muito elevada, devido à alta eficiência hidráulica (baixa velocidade de fluxo e alto tempo de residência hidráulico) e boas condições de sedimentação” (Ran et al., 2004 apud SILVA, 2007).

Os escoamentos com fluxo sub-superficial são os mais utilizados no mundo e têm a capacidade de remover elevadas concentrações de nitrogênio, fósforo, carbono e metais pesados, devido aos vários processos que ocorrem no solo, incluindo adsorção e filtração.

As experiências obtidas com este tipo de sistema demonstram boa eficiência na remoção de sólidos suspensos e DBO (FINDLATER et al, 1990; SCHIERUP et al, 1990 apud SALATI et al, 2009).

O sistema com fluxo horizontal, segundo Cooper (1999) apud Salati et al (2009), tem sido satisfatório para a remoção de sólidos suspensos e bactérias, na remoção de DBO e na desnitrificação. Porém, é insatisfatório para a nitrificação no tratamento secundário, devido à sua limitada capacidade de transferência de oxigênio, mas podem produzir efluentes bem nitrificados no tratamento terciário.

Escoamentos com fluxo vertical são caracterizados pela sua capacidade de nitrificação completa, esta que é alcançada quando se mantém o reator em condições aeróbias. Os sistemas com este tipo de fluxo, segundo Cooper (1999) apud Silva (2007) podem, também, remover bactérias, mas são pouco satisfatórios para a remoção de sólidos suspensos.

A realização de alternância entre as fases de alimentação e descanso é fundamental no controle do crescimento da biomassa no material filtrante, permitindo uma drenagem total e aumentando a oxigenação da rizosfera e do substrato.

Além da eficiência na remoção de diferentes compostos, observada pelos autores anteriormente mencionados, este sistema de tratamento possui algumas vantagens e desvantagens, quando analisado de maneira ampla. As vantagens do uso de wetlands





construídos para tratamento de esgoto, segundo Abrantes (2009), são: o baixo custo de implantação e manutenção; a baixa demanda de energia elétrica; a alta eficiência de tratamento, estando entre 65 e 85%; a produção de efluentes com qualidade para o uso na agricultura e piscicultura, proporcionando o reúso da água, e a grande quantidade de biomassa produzida, que poderá ser aproveitada para produção de energia.

Ainda segundo Abrantes (2009), este sistema também possui algumas desvantagens, tais como: a necessidade de uma grande área para instalação; a dificuldade de manter a eficiência em locais com clima caracterizados por chuvas sucessivas ou secas prolongadas e o aumento ou pico de poluentes no sistema, podendo causar redução na eficácia do tratamento.

#### 4 Considerações finais

Com o desenvolvimento desta pesquisa bibliográfica, foi possível entender a abrangência do uso de macrófitas aquáticas no tratamento de águas residuais compostas por diferentes elementos. Além disso, as diferentes espécies estudadas vêm mostrando resultados positivos quanto às suas eficiências de tratamento.

No presente estudo, foram encontradas algumas dificuldades na obtenção de referências, pois se encontram defasadas as publicações atuais referente a estudos realizados acerca do uso de tratamento de águas residuárias com wetlands. Recomenda-se que o estudo de macrófitas aquáticas para o tratamento de águas residuais seja desenvolvido na prática, assim será possível analisar o comportamento e eficiência das plantas em diferentes situações.

#### 5 Referências

ABRANTES, Lorena L. *Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos utilizando Typha angustifolia e Phragmites australis*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio ambiente, Goiânia, 2009.

ALMEIDA, Rogério A.; OLIVEIRA, Luiz F.; KLIEMANN, Huberto J. *Deformação em inflorescência de Taboa (Typha angustifolia L.) submetida a esgoto sanitário*. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia – GO, 2007.

BREGUNCE, D. et al. *Avaliação de sistema de leito cultivado com macrófita Sagittaria montevidensis Cham. & Schltdl. Para tratamento de águas urbanas poluídas*. Revista Brasileira de Biociência, Porto Alegre, 2011.

CANO, V. et al. *Tratamento de lixiviado de aterro sanitário em wetlands construídos de fluxo subsuperficial com Heliconia psittacorum, Cyperus papyrus e Gynerium sagittatum*. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo.

CUNHA, Caroline A. *Análise da eficiência de um sistema combinado de alagados construídos na melhoria da qualidade das águas*. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos – SP, 2006.

ESTEVES, Francisco A. *Fundamentos de Limnologia*. 2ª Edição, Rio de Janeiro, Interciência, 1998.



GALVÃO, Ana; MATOS, José. *A contribuição da evapotranspiração no tratamento de águas residuais através de leitos de macrófitas*. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos – Revista Recursos Hídricos, 2012.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 3ª edição, Rio de Janeiro - ABES, pg. 37, 1995.

LOPES, Gerson L. *Compêndio Online Gerson Luiz Lopes – Laboratório de Manejo Florestal*, 2012. Disponível em < <http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/9484-2/> >. Acesso em 30/10/2017.

MARTINS, Karla G. *Expansão urbana desordenada e aumento dos riscos ambientais à saúde humana: O caso brasileiro*. Planaltina - Distrito Federal, 2012.

MARTINS, Ana P. et al. *Capacidade da Typha dominguensis na fitorremediação de efluentes de tanques de piscicultura na Bacia do Iraí – Paraná*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 2007.

MARTINS, D. et al. *Ação de Adjuvantes na Absorção e Translocação de Glyphosate em Plantas de Aguapé (Eichhornia crassipes)*. Planta Daninha, Viçosa – Minas Gerais, 2009. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n1/a20v27n1.pdf> >. Acesso em 01/11/2017.

MEDEIROS, Guilherme R. *Desenvolvimento e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas em áreas alagadas da represa do Lobo-Broa (UHE Carlos Botelho) em função do estado trófico*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

ROCHA, Cacilda M. C. et al. *Macrófitas Aquáticas como Parâmetro no Monitoramento Ambiental da Qualidade da Água*. Revista Brasileira de Geografia Física, 2012.

ROLON, Ana S.; ROCHA, Odete; MALTCHIK, Leonardo. *Diversidade de macrófitas aquáticas do Parque Nacional da Lagoa do Peixe*. Neotropical Biology and Conservation, 2011.

SALATI, Eneas.; SALATI, Eneas. F.; SALATI, Eneida. *Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas*. Instituto Terramax, Piracicaba – São Paulo, 2009.

SILVA, Selma C. *“Wetlands construídos” de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos*. Tese Doutorado – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília, 2007.

TUNDISI, José G.; TUNDISI, Takako M.. *Limnologia*. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.