

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

**THOMAZ MANSINI CARRENHO FABRIN**

**PRINCIPAIS ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS UTILIZADAS  
NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2015**

THOMAZ MANSINI CARRENHO FABRIN



**PRINCIPAIS ESPÉCIES DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS UTILIZADAS  
NO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios - Polo UAB do Município de Cruzeiro do Oeste, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador: Prof. Me. Fábio Orssatto

MEDIANEIRA

2015



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de esgoto sanitário

Por

**Thomaz Mansini Carrenho Fabrin**

Esta monografia foi apresentada às 14h30 do dia 23 de outubro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios - Polo de Cruzeiro do Oeste, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho “Principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de esgoto sanitário” aprovado.

---

Prof. Me. Fábio Orssatto  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

---

Prof. Me. Thiago Edwiges  
UTFPR – Câmpus Medianeira

---

Prof. Dr. Valdemar Padilha Feltrin  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.-

Dedico aos meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

Ao meu orientador, professor Me. Fábio Orssatto pelas orientações ao longo deste trabalho.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”. (LEONARDO DA VINCI)

## RESUMO

FABRIN, T. M. C. Principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de esgoto sanitário. 2015. 24 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Devido ao aumento da população urbana, há também o aumento da geração de efluentes e, conseqüentemente, o aumento de riscos à saúde humana devido ao tratamento de efluentes ineficiente. Além disso, os indicadores do setor de saneamento refletem o bem-estar da população. Assim, se faz necessária a busca por tratamentos alternativos que ajudem a suprir a demanda gerada. As novas formas de tratamento também beneficiariam populações isoladas que muitas vezes não têm acesso ao tratamento de efluentes convencional. Várias formas de tratamento alternativos têm sido propostas, como a utilização de biofiltros ou lagoas com espécies de macrófitas aquáticas. Este trabalho teve como objetivo identificar as principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de efluentes domésticos. A metodologia adotada consistiu em um levantamento bibliométrico delimitado por palavras-chave específicas e realizado nos indexadores *Web of Science* e *Scielo*. Posteriormente os trabalhos que atendiam os critérios de busca foram tabulados. Dentre os trabalhos encontrados, foram identificadas 70 espécies distribuídas em 53 gêneros, sendo a espécie *Eicchornia crassipes* a mais utilizada, seguida por *Phragmites australis* e *Pistia stratiotes*, respectivamente. Os gêneros mais utilizados foram *Eicchornia* e *Phragmites*. A quantidade de trabalhos tem aumentado ano a ano, e a maior parte das pesquisas foi realizada na Índia. O tratamento utilizando macrófitas aquáticas é realizado principalmente em leitos construídos artificialmente, adotando diferentes tipos de regime hidrológico. Uma característica comum a três dos quatro gêneros mais utilizados, é que eles apresentam casos em que são considerados espécies invasoras. Sendo assim, essas espécies apresentam uma alta capacidade de resistência em relação aos estresses gerados pelo ambiente onde se encontram, o que contribuiria para o seu sucesso no tratamento de efluentes. Esse tipo de tratamento representa uma boa opção como forma de auxílio para tratamento de efluentes em grandes municípios, e também para pequenas comunidades. Porém, deve-se considerar os riscos quanto às espécies a serem utilizadas, além de ser necessário um bom monitoramento para que seja verificada a eficiência do sistema.

**Palavras-chave:** *Eicchornia*; *Typha*; esgoto; tratamento alternativo.

## ABSTRACT

FABRIN, T. M. C. The main species of aquatic macrophytes used to treatment of domestic effluents. 2015. 24 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Due to increasing urban population, there is also the increase of sewage generation, and, consequently, the increasing of the human health risks due the inefficient sewage treatment. Furthermore, the indicators of the sanitation system reflect the health of population. Thus, it is necessary the research about alternative treatments that help feed the generated demand. The new form of treatments would benefit isolated populations that many times do not have access to conventional effluents treatment. Several kinds of alternative treatments has been proposed, like the use of biofilters or lakes with species of aquatic macrophytes. This paper aimed to identify the main species of aquatic macrophytes used in the treatment of the domestic effluents. The methodology used consists in a bibliometric research, delimited by specific keywords and was carried in the indexers *Web of Science* and *Scielo*. After that, the studies under search criteria was tabulated. Among the studies found, were identified 70 species distributed in 53 genera, being the specie *Eicchornia crassipes* the most frequently used, followed by *Phragmites australis* and *Pistia stratiotes*, respectively. The most used genera were *Eicchornia* and *Phragmites*. The amount of studies has raised year by year, with most of them carried in India. The treatment using aquatic macrophytes is carried mainly in constructed wetlands, adopting different types of hydrologic systems. A common characteristic between three of four genera most used is that there are cases showing invader species. Thus, these species show a higher capacity of resistance regarding the stress generated by environment where they are, which would contribute to their success in the effluent treatment. This treatment represents a viable option as auxiliar treatment for effluent in big towns.,Moreover, it seems to be viable for small communities, besides an effectivemonitoring system is required to verify the efficiency of the system.

**Keywords:** *Eicchornia*; *Typha*; sewage; alternative treatment

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais espécies e gêneros utilizados em trabalhos envolvendo macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos .....	14
Figura 2 – Quantidade de trabalhos por país envolvendo macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos.....	15
Figura 3 – Quantidade de trabalhos publicados por ano.....	16

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA .....</b>	<b>13</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO .....	14
3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS .....	17
3.2.1 Espécies e gêneros utilizados .....	18
3.2.2 Os riscos de invasão e parâmetros analisados .....	19
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A população urbana tem aumentado de forma rápida, conseqüentemente, há o aumento da geração de efluente, principalmente doméstico. Desta maneira, é essencial que a demanda seja atendida pelo sistema de tratamento do município, tanto por questões ambientais, em se tratando da legislação vigente, qualidade de vida e conservação do meio ambiente, quanto por questões de saúde, devido a transmissão de doenças a partir do despejo de efluentes não tratados em áreas de uso pela população, tanto para consumo quanto para lazer.

Com o aumento da população há também o estresse do sistema hídrico, que compromete o abastecimento e qualidade da água para as futuras gerações (MORAES; QUINZANI, 2002). Os indicadores relacionados ao sistema de tratamento de esgoto no Brasil retratam que o bem-estar da população é melhor representado por eles do que por indicadores sociais (LIBÂNIO; CHERNICHARO; NASCIMENTO, 2005), logo, percebe-se a importância de um bom sistema de tratamento.

O setor de saneamento ocasiona diversos impactos no dia a dia, seja na qualidade de vida, saúde, ou no meio ambiente. Atualmente, o Brasil não apresenta um sistema de tratamento de esgoto eficiente em todas as regiões, dada a dificuldade de se realizar este tipo de tratamento e também à falta de investimentos no setor (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). Mesmo com o sistema de tratamento, vários tipos de efluentes podem prejudicar o sistema de tratamento de esgoto convencional e sistemas aquáticos caso não sejam tratados previamente, como resíduos radiográficos (GRIGOLETTO *et al.*, 2011) e efluentes da aquicultura (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008a), por exemplo.

A área rural também enfrenta problemas quanto ao tratamento de esgoto. Uma das soluções é a utilização de fossas sépticas biodigestoras. Além disso, um bom tratamento de esgoto contribui para o aumento da renda interna bruta, tendo em vista a redução do número de infecções e mortes ocasionadas como consequência do mau tratamento de esgoto (COSTA; GUILHOTO, 2014).

O esgoto também pode ser reaproveitado dependendo da etapa do tratamento em que se encontra, como o lodo, que pode ser utilizado para compor o substrato de plantio, desde que em proporções ideais, servindo como adubo

(GOMES *et al.*, 2012), como por exemplo, para o plantio de girassol (LOBO; FILHO; KUMMER, 2014). Porém, em algumas situações pode não ser muito eficaz (FERRAZ; POGGIANI, 2014), apesar de aumentar a porosidade do solo (MORAIS *et al.*, 2011). Além do reaproveitamento do esgoto, também são pesquisados processos alternativos para que o tratamento seja realizado.

Como métodos alternativos, podem ser utilizados vegetais que apresentem capacidade extratora em lagoas de tratamento, como demonstrado em um trabalho utilizando espécies de capim para que águas residuais de laticínios fossem tratadas, principalmente para a redução de nitrogênio e fósforo (MATOS *et al.*, 2010). Os sólidos suspensos também podem ser removidos do esgoto doméstico por biofiltros preenchidos por serragem de madeira (BATISTA *et al.*, 2013).

Mundialmente, várias espécies de macrófitas aquáticas têm sido utilizadas para o tratamento de efluentes (VYMAZAL, 2013), tanto domésticos como os gerados pela produção animal.

A espécie de bambu *Guadua angustifolia* também pode ser utilizada no tratamento de esgoto sanitário em um sistema artificial, para a remoção da carga poluidora dos principais atributos físico-químicos analisados em tratamento de esgotos, como fosfato, DQO e DBO (QUEGE; UCKER; ESTE, 2013). As espécies *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* se mostraram eficientes para o tratamento de efluentes de carcinocultura (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008b) e tratamento de efluentes de viveiro de tilápias (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2006).

Desta maneira, percebe-se que os tratamentos alternativos que baseiam-se na utilização de macrófitas aquáticas parecem ser promissores, porém é necessário que sejam identificadas as espécies que já foram estudadas para este fim e também sejam realizados experimentos com novas espécies que podem ser candidatas para este tipo de tratamento.

O objetivo foi identificar quais as principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas para o tratamento de esgoto sanitário a partir de trabalhos já publicados, através de um levantamento bibliométrico.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada a partir do método de bibliometria, que tem como um de seus objetos de estudo artigos de periódicos científicos, baseando-se em métodos de frequência e ranking (MACIAS-CHAPULA, 1998).

As fontes de dados para este trabalho consistiram na utilização dos indexadores *ISI Web of Science* e *Scielo*, ambos bastante utilizados na área de ciências biológicas. O indexador *Scielo* também foi considerado por compreender periódicos que podem não estar no *ISI*. A pesquisa foi realizada utilizando-se os termos “*wastewater; domestic; macrophyte*”, considerando resumo, título, todo o texto e palavras-chave, a fim de serem encontrados trabalhos que tratem da utilização de macrófitas aquáticas para tratamento de efluentes, de preferência doméstico.

Os artigos que atenderam aos critérios estabelecidos foram utilizados para obtenção dos dados. Os dados quantificados foram: espécies e gêneros utilizados, país onde o estudo foi realizado (considerando a filiação do autor principal), e ano de publicação do trabalho.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO

Foram encontrados 32 trabalhos nos dois indexadores pesquisados. Muitos utilizaram mais de uma espécie de macrófita em seus estudos, tendo sido identificadas 70 espécies distribuídas entre 53 gêneros. A espécie mais utilizada foi a *Eichhornia crassipes*, assim como o gênero mais utilizado foi o *Eichhornia*, junto ao gênero *Phragmites*. A Figura 1(a) mostra as dez espécies de macrófitas mais utilizadas, e a Figura 1(b), os dez gêneros mais utilizados.

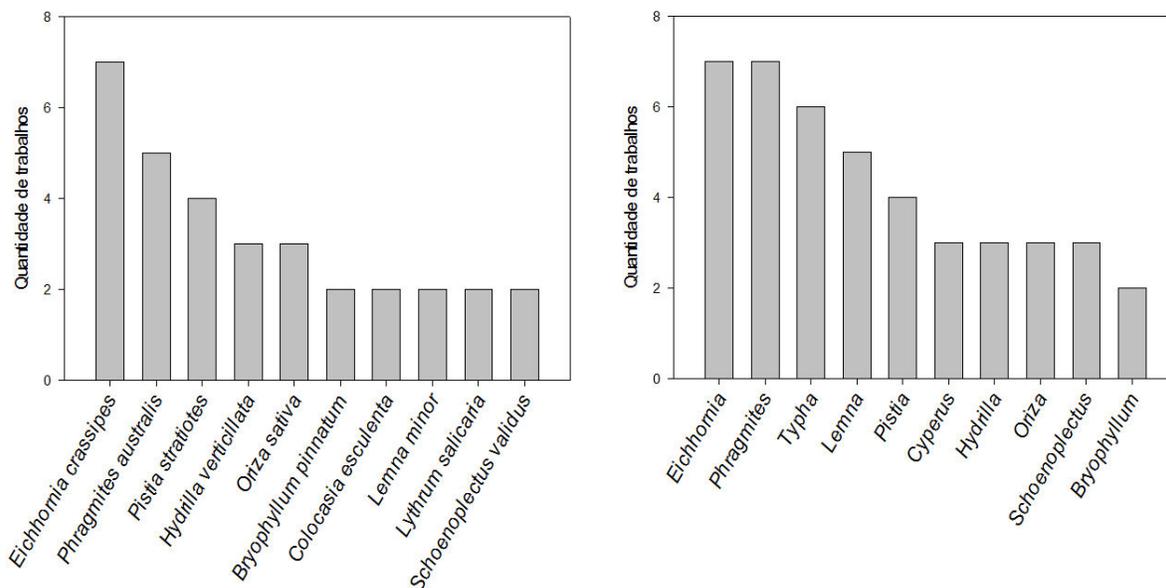


Figura 1. Principais espécies (a) e gêneros (b) utilizados em trabalhos envolvendo macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos (a).

O gênero *Typha* não possui nenhuma espécie entre as mais utilizadas, porém apresenta três espécies distintas (*Typha latifolia*, *T. dominguensis* e *T. orientallis*), que somadas fizeram com que o gênero *Typha* aparecesse entre os mais utilizados, o mesmo ocorre para o gênero *Lemna*.

Quanto aos locais onde foram realizados os trabalhos, a maioria se concentra em quatro países (Figura 2), sendo liderados pela Índia, que concentra aproximadamente 19% das pesquisas. Somados, Índia, Brasil, República Tcheca e Espanha, correspondem a mais da metade da quantidade dos trabalhos encontrados.

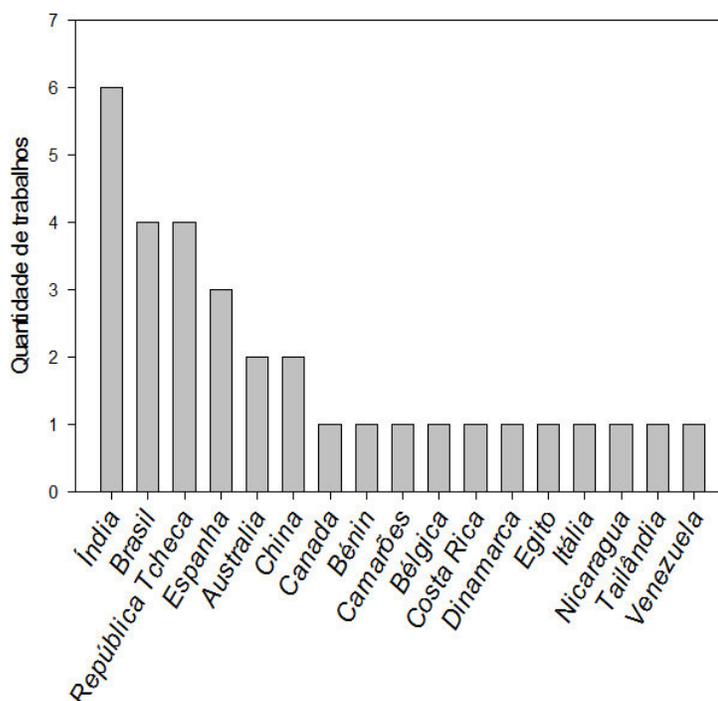


Figura 2. Quantidade de trabalhos por país envolvendo a utilização de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluentes domésticos.

O primeiro trabalho data do ano de 1999, com o pico máximo de publicações entre os anos de 2010 e 2011 (Figura 3). A pesquisa tentou restringir ao máximo a busca de trabalhos com tratamento de efluentes domésticos. Porém, provavelmente se fossem considerados os trabalhos com tratamentos de outros tipos de efluentes, esses valores se alterariam. De qualquer forma, nota-se o aumento das publicações com o passar dos anos. Quanto aos periódicos que mais publicam trabalhos deste tema, a maioria das publicações concentraram-se em: *Ecological Engineering* (31%); *Science of the Total Environment* (16%); e *Bioresource Technology* (1%).

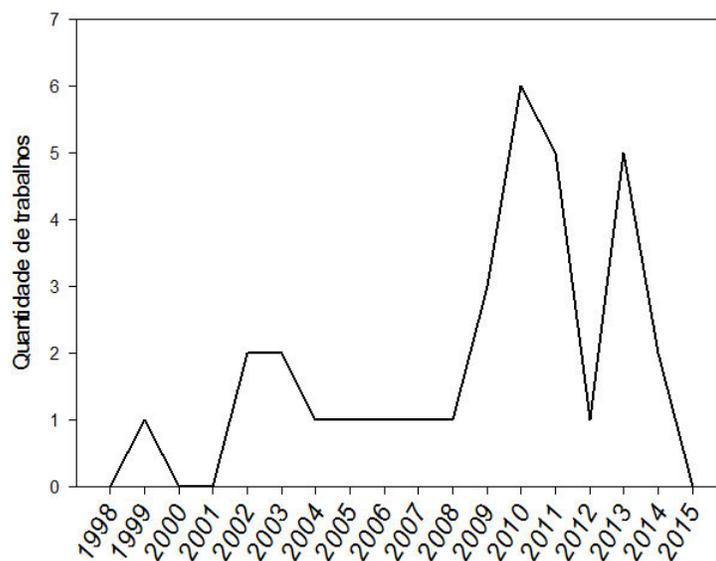


Figura 3. Quantidade de trabalhos publicados por ano.

Quanto aos tipos de metodologias empregadas para a avaliação de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes, a mais utilizada consiste em experimentos desenvolvidos em leitos construídos artificialmente (*Constructed Wetlands*). Os parâmetros analisados geralmente são variáveis que caracterizem os efluentes a montante e jusante, para verificação da eficácia do tratamento. Tais variáveis podem ser fósforo (P), nitrogênio (N), sólidos, demanda bioquímica e química de oxigênio (DBO e DQO), entre outros, que variam dependendo do objetivo do estudo.

### 3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS

A utilização de espécies de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluentes vem sendo cada vez mais estudada (VYMAZAL, 2013). Apesar do trabalho mais antigo de nossa pesquisa datar de 1999, já haviam pesquisas com macrófitas aquáticas em leitos construídos artificialmente entre o início da década de 1990 e final da década de 1980 (BRIX; SCHIERUP, 1989; BRIX, 1994). Provavelmente isso se deve por tentarmos restringir a pesquisa somente aquelas que tenham sido voltadas ao tratamento de efluentes domésticos.

Com o passar dos anos percebe-se o aumento da quantidade de pesquisas relacionadas ao tema, refletindo a busca de tratamentos alternativos para efluentes. Um dos países que mais realizou pesquisas para esse tipo de tratamento foi a Índia, um país em desenvolvimento e que apresentar sérios problemas com grandes rios sendo contaminados com esgotos (CHAKARVORTY *et al.*, 2015).

Quanto a maneira como essas espécies são estudadas, são utilizados principalmente leitos construídos artificialmente, mas que apresentam diferentes regimes hidrológicos.

São utilizados três tipos básicos de fluxo de efluentes nos leitos artificiais. O regime de superfície de águas abertas (*Free Water Surface* – FSW) é o que mais se assemelha ao ambiente natural, compreendendo áreas de águas abertas com vegetação plantada. O regime de fluxo horizontal de subsuperfície (*Horizontal Subsurface Flow* – HSSF) consiste em um sistema que apresenta um leito de cascalho com macrófitas aquáticas plantadas, no qual o efluente é mantido abaixo da superfície, com uma entrada e uma saída. Quando ao regime de fluxo vertical (*Vertical Flow* – VF), o leito é preenchido com areia ou cascalho e as espécies de macrófitas aquáticas são plantadas, o efluente então é lançado em vários pontos da área de superfície do tanque e percola através das raízes das plantas (KADLEC; WALLACE, 2009).

### 3.2.1 Os principais gêneros e espécies

Para esse tipo de tratamento, geralmente são utilizadas várias espécies de macrófitas (ZHANG *et al.*, 2010), mas alguns gêneros e espécies se destacam em relação à frequência em que são utilizados. Como, por exemplo, os gêneros *Eichhornia*, *Phragmites*, *Typha* e *Lemna*. O gênero *Eichhornia*, mais especificamente a espécie *Eichhornia crassipes*, apresenta tolerância a ambientes que provocam estresse, como a alta concentração de Cádmiio (LI *et al.*, 2015), além de possuir um alto potencial invasor, como constatado na China, onde essa espécie foi introduzida, trazida da América do Sul (CHU; DING; ZHUANG, 2006). Além disso, por ser uma espécie invasora em vários locais e apresentar sucesso em seu estabelecimento, *E. crassipes* é uma boa competidora (WUNDROW *et al.*, 2012).

Outro gênero frequentemente utilizado é o *Phragmites*, representado principalmente pela espécie *Phragmites australis*. Essa espécie apresenta uma linhagem com pré-adaptações que favorecem seu sucesso como invasora, trazida da Eurásia para a América do Norte, onde ocorre outra linhagem de *P. australis* considerada nativa (GUO *et al.*, 2014). Além disso, vários métodos para lidar com essa espécie têm sido estudados nos Estados Unidos (HAZELTON *et al.*, 2014).

O gênero *Typha*, representado neste trabalho pelas espécies *T. latifolia*, *T. dominguisensis* e *T. orientallis*, também tem despertado o interesse para estudos voltados a sua utilização no tratamento de efluentes (COVENEY *et al.*, 2002), assim como as melhores condições para seu desenvolvimento, em se tratando de condições climáticas e espaciais, principalmente, e que posteriormente podem auxiliar na tomada de decisões para sua utilização (ASAEDA *et al.*, 2005). Assim como os dois gêneros anteriores, *Typha* também é considerado um gênero invasor que impacta as características físicas, químicas e biológicas da área invadida, causando redução da diversidade (ANGELONI *et al.*, 2006). Apesar disso, a utilização da espécie *T. latifolia* para biorremediação, por exemplo, parece não ser eficiente por não absorver alguns metais pesados (STRUNGARU *et al.*, 2015).

Para a utilização em processos de biorremediação, a espécie *Lemna minor* apresenta boa tolerância em ambientes contaminados por metais pesados, sendo importante para tratamento de efluentes industriais (LEBLEBICI; AKSOY, 2011). A

espécie *L. gibba* pode ser usada como bioindicador da toxicidade celular de óxido de níquel (OUKARROUM *et al.*, 2015). Outra espécie que apresenta boa capacidade de biorremediação, principalmente para efluentes, é a *L. aequinoctialis*, possuindo boa capacidade de absorção de fósforo, nitrogênio, e adsorção de metais pesados (YU *et al.*, 2014). Tais características contribuem para a utilização deste gênero em tratamento de efluentes. Além desses gêneros, outra espécie bastante utilizada foi a *Pistia stratiotes*, útil para a biorremediação (FARNESE *et al.*, 2014).

### 3.2.2 Os riscos de invasão e parâmetros analisados

Dentre os principais gêneros utilizados, a não ser *Lemna*, todos apresentam relatos onde são considerados invasores. Assim, parece que a capacidade que essas espécies têm em tornarem-se invasoras, favorece sua utilização no tratamento de efluentes, caracterizando-as como sendo resistentes aos estresses gerados por ambientes não nativos e pela alta carga de nutrientes em lagoas de tratamento. De fato, o potencial de invasão e o sucesso no estabelecimento de plantas invasoras parece depender de pré-adaptações a um amplo gradiente ambiental (HIGGINS; RICHARDSON, 2014). Isto pode ser observado para *Phragmites australis* (GUO *et al.*, 2014).

Os principais parâmetros analisados para se verificar a eficiência dessas plantas no tratamento de efluentes geralmente são importantes variáveis limnológicas como oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio e enxofre, além dos elementos-traço, conhecidos como metais pesados, e matéria orgânica dissolvida. Tais variáveis, além de serem importantes para a manutenção dos sistemas aquáticos, também podem contribuir para a eutrofização artificial destes locais caso não tenham suas concentrações reduzidas durante o tratamento de efluentes, antes de serem lançados nos corpos d'água (ESTEVES, 1998).

Assim, para que sejam realizados estudos a respeito da utilização de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes, e também para que os estudos possam ser aplicados em sistemas municipais, por exemplo, devem ser previamente estabelecidos (1) o local, geralmente construído artificialmente; (2) as espécies a

serem utilizadas, preferencialmente espécies nativas, devido ao risco de espécies exóticas tornarem-se invasoras; e (3) os parâmetros a serem analisados a montante e jusante das lagoas de tratamento, para que seja verificado se o tratamento está sendo eficiente.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As macrófitas aquáticas representam uma das opções para tratamento alternativo de esgoto sanitário, dada a quantidade de estudos a respeito do tema. Pode representar um tipo de sistema de tratamento que não tem custo elevado, mas que deve ter manutenção constante, dado o crescimento das plantas. Além disso, outro cuidado que se deve ter para a aplicação deste tratamento refere-se às espécies utilizadas, devido ao risco de invasão, caso não sejam nativas.

Para a aplicação em grande escala, como um grande município, podem haver dificuldades, devido à grande geração de esgoto sanitário, porém pode servir como auxiliar em um sistema de tratamento já existente. Outra forma possível de aplicação seria para bairros isolados, onde é difícil o transporte de efluentes até um sistema de tratamento, e o mesmo serve para pequenas comunidades, onde muitas vezes não existe sistema de tratamento.

## REFERÊNCIAS

- ANGELONI, Nicholas L. *et al.* Effects of an invasive cattail species (*Typha x glauca*) on sediment nitrogen and microbial community composition in a freshwater wetland. **FEMS Microbiology Letters**, v. 263, n. 1, p. 86-92, 2006.
- ASAEDA, Takashi *et al.* Latitudinal characteristics of below- and above-ground biomass of *Typha*: A modelling approach. **Annals of Botany**, v. 96, n. 2, p. 299-312, 2005.
- BATISTA, Rafael O. *et al.* Remoção de sólidos suspensos e totais em biofiltros operando com esgoto doméstico primário para reuso na agricultura. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 7-15, 2013.
- BRIX, Hans. Functions of macrophytes in constructed wetlands. **Water Science and Technology**, v. 29, n. 4, p. 71-78, 1994.
- BRIX, Hans; SCHIERUP, Hans-Henrik. The use of aquatic macrophytes in water-pollution control. **Ambio**, v. 18, n. 2, 1989.
- CHAKARVORTY, Munmun *et al.* Geochemistry and magnetic measurements of suspended sediment in urban sewage water vis-à-vis quantification of heavy metal pollution in Ganga and Yamuna Rivers, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 9, p. 604, 2015.
- CHU, Jian-jun; DING, Yi; ZHUANG, Qi-jia. Invasion and control of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in China. **Journal of Zhejiang University. Science. B**, v. 7, n. 8, p. 623-626, 2006.
- COSTA, Cinthia C. da; GUILHOTO, Joaquim J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. spe, p. 51-60, 2014.
- COVENEY, Michael F. *et al.* Nutrient removal from eutrophic lake water by wetland filtration. **Ecological Engineering**, v. 19, n. 2, p. 141-159, 2002.
- ESTEVES, Francisco de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- FARNESE, Fernanda dos S. *et al.* Evaluation of the potential of *Pistia stratiotes* L. ( water lettuce ) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 103-112, 2014.
- FERRAZ, Alexandre de V.; POGGIANI, Fábio. Biomassa, nutrientes e metais pesados em raízes de eucaliptos adubados com diferentes lodos de esgoto. **CERNE**, v. 20, n. 2, p. 311-320, 2014.
- GRIGOLETTO, Jamyle C. *et al.* Situação do gerenciamento de efluentes de processamento radiográfico em serviços de saúde. **Radiologia Brasileira**, v2 44, n. 5, p. 301-307, 2011.

- GUO, Wen-Yong *et al.* Preadaptation and post-introduction evolution facilitate the invasion of *Phragmites australis* in North America. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 24, p. 4567-4577, 2014.
- HAZELTON, Erick L. G. *et al.* *Phragmites australis* management in the United States: 40 years of methods and outcomes. **AoB PLANTS**, v. 6, p. 1-19, 2014.
- HENRY-SILVA, Gustavo; CAMARGO, Antonio F. M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 5, p. 433-438, 2006.
- HENRY-SILVA, Gustavo; CAMARGO, Antonio F. M. Impacto das atividades de aquicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas-relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 163-173, 2008a.
- HENRY-SILVA, Gustavo; CAMARGO, Antonio F. M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 181-188, 2008b.
- HIGGINS, Steven I.; RICHARDSON, David M. Invasive plants have broader physiological niches. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 29, p. 10610-10614, 2014.
- KADLEC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment Wetlands**. 2. ed. Abingdon: CRC Press, 2009.
- LEBLEBICI, Zeliha; AKSOY, Ahmet. Growth and lead accumulation capacity of *Lemna minor* and *Spirodela polyrhiza* (Lemnaceae): Interactions with nutrient enrichment. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 214, n. 1-4, p. 175-184, 2011.
- LEONETI, Alexandre B.; PRADO, Eliana L. do; OLIVEIRA, Sonia V. W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.
- LI, Xiong *et al.* Physiological and proteomics analyses reveal the mechanism of *Eichhornia crassipes* tolerance to high-concentration Cadmium stress compared with *Pistia stratiotes*. **Plos One**, v. 10, n. 4, p. e0124304, 2015.
- LIBÂNIO, Paulo A. C.; CHERNICHARO, Carlos A. de L.; NASCIMENTO, Nilo de O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.
- LOBO, Thomaz F.; FILHO, Helio G.; KUMMER, Ana C. B. Aplicações sucessivas de lodo de esgoto no girassol e efeito residual no trigo e triticales. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 9, p. 881-886, 2014.
- MACIAS-CHAPULA, Cesar A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.
- MATOS, Antonio T. de *et al.* Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1311-1317, 2010.

MORAES, Danielle S. de L.; QUINZANI, J. Berenice. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MORAIS, Marck *et al.* Atributos físicos do solo, adubado com lodo de esgoto e silicato de cálcio e magnésio. **Revista Ceres, Viçosa**, v. 58, n. 6, p. 823-830, 2011.

OUKARROUM, Abdallah *et al.* Toxic effects of Nickel oxide bulk and nanoparticles on the aquatic Plant *Lemna gibba* L. **BioMed Research International**, v. 2015, p. 1-7, 2015.

QUEGE, Karina E.; ALMEIDA, Rogério de A.; UCKER, Fernando E. Utilização de plantas de bambu no tratamento de esgoto sanitário pelo sistema de alagados construídos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2069-2080, 2013.

STRUNGARU, Stefan-Adrian *et al.* Influence of urban activity in modifying water parameters, concentration and uptake of heavy metals in *Typha latifolia* L. into a river that crosses an industrial city. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2015.

VYMAZAL, Jan. Emergent plants used in free water surface constructed wetlands: A review. **Ecological Engineering**, v. 61, p. 582-592, 2013.

WUNDROW, Emily J. *et al.* Facilitation and competition among invasive plants: A field experiment with alligatorweed and water hyacinth. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e48444, 2012.

YU, Changjiang *et al.* Comparative analysis of duckweed cultivation with sewage water and SH media for production of fuel ethanol. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. e115023, 2014.

ZHANG, Chong-Bang *et al.* Effects of plant diversity on microbial biomass and community metabolic profiles in a full-scale constructed wetland. **Ecological Engineering**, v. 36, n. 1, p. 62-68, 2010.