

## O Potencial de Macrófitas na Despoluição de Dejetos Animais em Águas Continentais

Santana, B.L.L.<sup>1</sup>; Lima, E.S.<sup>2@</sup> e Costa, A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU|FIAM-FAAM), Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), Campus Centro, Brasil.

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Macrófitas aquáticas flutuantes.  
Despejo de efluentes.  
Tratamentos de efluentes.  
Águas residuárias.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Floating aquatic macrophytes.  
Effluent disposal.  
Effluent treatment.  
Wastewater.

### INFORMATION

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 14.01.2022  
Aceptado/Accepted: 01.07.2024  
On-line: 15.07.2024  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
erico.lima@online.uscs.edu.br

### RESUMO

Com a conscientização humana e fiscalização cada vez mais crescente de órgãos ambientais quando se refere à poluição de áreas de águas continentais como rios, córregos, etc., pretende-se reduzir os índices de poluição no país. A poluição pode ser causada por escoamento irregular de dejetos animais, principalmente em áreas de criação de animais confinados, sendo necessária uma abrangência nos estudos de tratamento dessas áreas. Este artigo aborda uma revisão bibliográfica de estudos realizados, que possuem como foco atender eficientemente uma forma de tratamento de efluente animal em águas continentais utilizando em teste, espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, envolvendo tanto os resultados obtidos nos estudos quanto o levantamento das espécies utilizadas, a fim de realizar um parâmetro de qual é a melhor alternativa para o tratamento. Em suma, as espécies de macrófitas tiveram um desempenho qualificante para o tratamento de rejeitos, tendo a espécie *Juncus* sp. se destacado por apresentar o mais eficiente resultado em função despoluente.

### The Macrophytes Potential in Depollution of Animal Waste in Continental Waters

### SUMMARY

With a great concern and supervision growing more and more by environmental agencies, when it comes to pollution in continental water areas like rivers, streams and so on, which can be caused by irregular leakage of animal wastes, specially in confined farm animal breeding areas, a scope is needed about the studies of treatment in those places. This article approach a bibliographical review on the studies already accomplished, that aims at complying with a way of treatment of effluent animals efficiently in continental waters, employing as a research a diversity of floating aquatic microphytes species, involving all the results taken and the registration of experimented species attaining which should be the best choice for a treatment. The macrophyte species had a great performance for the treatment, and *Juncus* sp. shows the best results in clearing function.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é um país rico em recursos hídricos, dispondo de aproximadamente 15% de toda a água doce existente no mundo, ou seja, dos 113 trilhões de m<sup>3</sup> disponíveis para a vida terrestre, 17 trilhões estão no Brasil (Maia Neto 1997).

Entretanto, estes recursos vêm sofrendo com pressões antrópicas recorrentes, caracterizadas, principalmente, pelo aumento da demanda hídrica e do descarte

irregular de efluentes sem tratamento adequado que causa degradação hídrica, comprometendo a qualidade do corpo receptor.

O efluente é definido por Braille (1983) como “substância líquida, com predominância de água, contendo moléculas orgânicas ou inorgânicas das substâncias que não se precipitam por gravidade”, pode ser de origem doméstica, industrial, animal ou de escoamento urbano. São materiais ricos em nutrientes, principalmente quanto ao fósforo (Downing & McCauley 1992;

Arbuckle e Downing 2001), o que tornou a remoção do elemento o método de controle mais utilizado para a recuperação ecológica dos ambientes de águas continentais nos últimos anos (Schindler 2006).

O efluente de origem animal possui maior potencial poluente dentre os demais. São compostos majoritariamente por fezes, urina, restos de ração, água utilizada na higienização e pelos, e possuem um alto aporte de matéria orgânica. O lançamento direto e contínuo deste material nos ambientes limnóticos pode resultar em bioacumulação crônica e eutrofização artificial que geram consequências negativas para o ecossistema aquático (Kubitza 1999).

Diversos projetos para a despoluição de corpos hídricos degradados com efluentes animais são testados, e envolvem desde os processos preliminares até os terciários, sendo o primeiro deles decorrentes da retirada de sólidos grosseiros e o último à remoção de poluentes específicos ou de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário (FAO 1992).

No entanto, devido à alta taxa de poluição destes ambientes, é necessário que seja realizado um tratamento com baixo custo de implantação e execução. Os processos de tratamento de águas residuárias baseados nos sistemas naturais, que voltaram à tona nos EUA com o advento do Clean Water Act de 1972, tendem a possuir estas vantagens ao sistema convencional, devido à baixa mecanização e ao baixo custo e a facilidade na implantação e operação.

Diante disto, vários estudos estão sendo realizados com uso de macrófitas no tratamento de efluentes que vêm apresentando resultados positivos no tratamento dos corpos hídricos poluídos. Elas possuem folhas emersas e enraizamento no sedimento, com grande importância no ciclo de nutrientes (Wetzel 1990). Essa eficiência se deve à elevada capacidade de algumas espécies de assimilar e estocar nutrientes e as elevadas taxas de produção primária. Isso torna as macrófitas potencialmente atrativas no ponto de vista econômico, pois também gera um excesso de biomassa vegetal.

As macrófitas mais utilizadas nas pesquisas são Agupés (*Eichhornia crassipes* – Laubach, 1883), aráceas aquáticas, Salvinias (*Salvinia natans* – L.All, 1785) e Taboa (*Typha domingensis* – Pers, 1807). Porém, é encontrado também nas investigações a associação de diferentes tipos de macrófitas na busca pela determinação da melhor alternativa no tratamento.

O objetivo dessa revisão de literatura é apontar o desenvolvimento e eficiência a campo das principais macrófitas aquáticas, com ênfase na despoluição de dejetos de animais de produção.

## ÁGUAS CONTINENTAIS

T reservatórios são exemplos de águas continentais que sofrem tanto com o uso desenfreado quanto com a poluição, causada, principalmente, por atividades antrópicas que afetam a qualidade do ambiente e, consequentemente, inviabiliza o uso dos recursos para atividades humanas e para a própria sobrevivência de comunidades aquáticas.

A poluição das águas continentais interfere na quantidade de água potável por habitante por ano. Cada vez mais as populações vêm sofrendo com a escassez de água, o que implica na tomada de medidas extremas pelas empresas responsáveis pela gestão desses abastecimentos, como cortes ou taxas mais caras. A ausência no tratamento de esgotos de efluentes industriais, agroindustriais e o uso desenfreado de água na irrigação agrícola contribuem para este cenário de escassez hídrica (Nascimento et al. 2012).

A poluição da água continental é uma das mais preocupantes, visto que este recurso é essencial tanto para o consumo quanto para o desenvolvimento social e econômico (Rodrigues et al. 2016). O meio antrópico é o principal agente poluidor através de setores como esgoto doméstico, águas residuárias de atividades agropecuárias e industriais, que possuem elevados níveis de compostos químicos potencialmente tóxicos responsáveis por causar alterações negativas no ambiente aquático. Dentre essas interações, cita-se a eutrofização artificial, fenômeno responsável pela perda de corpos hídricos, provocada pelo descarte recorrente de efluentes ricos em matéria orgânica e nutrientes como o fósforo e nitrogênio que em condições favoráveis enriquecem o meio e propiciam a proliferação excessiva de algas.

O controle da qualidade dos recursos hídricos de água doce através do conhecimento sobre os meios de poluição é fundamental. Diversas empresas se empenham com o papel de gestão desses recursos, tentando mitigar essas ações poluentes. Para conservar a água, é necessário buscar opções para o tratamento dos efluentes que priorizem a manutenção da qualidade ambiental, da vida, do uso racional dos recursos naturais (Dias et al. 2016) e conserve as boas condições ecológicas da água com foco na redução do fluxo de nutrientes para o rio, como aqueles provenientes da cadeia da produção agropecuária.

As áreas de água continentais mais afetadas são àquelas dos corpos receptores destas produções, principalmente na área rural que possui de maneira geral um grande déficit de tratamento de dejetos animais e do esgoto devido, principalmente, os custos para o tratamento convencional.

## DEJETOS ANIMAIS

A cadeia produtiva é um setor de grande desenvolvimento que possui uma relevante importância na economia mundial. Ela inclui os grandes setores da pecuária como suinocultura, bovinocultura, avicultura, aquicultura e outros segmentos menores. Todavia, juntos eles podem impactar negativamente os recursos hídricos que na maioria das vezes são os corpos receptores dos efluentes gerados ao longo cadeia de produção. Os efluentes são constituídos basicamente de fezes, urina, restos de rações e água. Outros resíduos são as carcaças de animais mortos e as camas de animais que servem para seu pisoteio e até para o seu bem-estar, promovendo um ambiente mais favorável ao conforto e produção.

Estes efluentes possuem elevada carga de matéria orgânica e de nutrientes como o nitrogênio orgânico e o

fósforo, elevada concentração de sólidos em suspensão, material flutuante, graxas e sólidos sedimentáveis, medicamentos e hormônios, entre outros que podem causar diversos impactos nos corpos hídricos. A presença destes contaminantes ou poluentes, independente de sua origem, inviabiliza o descarte do efluente em corpos hídricos (Assunção et al. 2017), pois elevam a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e aumentam a necessidade de Oxigênio Dissolvido (OD) para os organismos aeróbicos dos ambientes aquáticos, o que resulta em distúrbio no fluxo comum dessa biota. Ademais, essas substâncias podem conter formas tóxicas que podem ocasionar a mortandade dos seres vivos locais.

A quantidade de dejetos produzidos varia entre explorações agrícolas, composição da dieta (à base de forragem ou à base de grãos), idade dos animais, produtividade animal, ambiente e consumo de água, além de flutuações sazonais dentro de uma mesma propriedade (MAPA 2017). De acordo com Lorimor e Powers (2004), uma vaca em lactação confinada pode produzir até 70 kg aproximadamente de dejetos totais e um bovino de corte em terminação até 24,5 kg.

Gebler e Palhares (2007), ao confinar 100 vacas leiteiras de 600 kg de peso vivo médio, encontraram uma produção média de 50 kg/dia de esterco por animal. Ao adicionar neste volume, a urina, a água de consumo que foi desperdiçada, a água de lavagem da ordenha, dentre outros, estima-se a produção de até 100 kg/dia de dejetos. Totalizando cerca de 10.000 kg/dia, ou 10 m<sup>3</sup>/dia, a serem coletados, transportados, estocados, tratados e utilizados.

Com relação a suinocultura, o efluente suíno apresenta elevado potencial poluidor, pois, mesmo após o processo de biodigestão anaeróbia, método adotado principalmente na atividade suinícola, contém ainda concentrações variáveis de nutrientes, especialmente de fósforo (Costa 2020). A produção média estimada de dejetos líquidos de suíno por dia gira em torno de 7,0 a 8,0 L, o que em nível de comparação é equivalente a aproximadamente quatro vezes o volume produzido pela população humana (Schultz 2007; Andreazzi et al. 2015; Silva et al. 2015).

## TRATAMENTO DE EFLUENTES ANIMAIS EM ÁGUAS CONTINENTAIS

Há diversos tratamentos especializados na despoluição dos ambientes. No entanto, há métodos que envolvem tecnologias dispendiosas, incoerentes com as condições sociais dos pequenos produtores rurais que geralmente, direcionam os investimentos para a implantação e funcionamento dos sistemas de produção, sem a devida preocupação com o descarte adequado dos efluentes.

A complexidade desses componentes dos efluentes é a principal razão pelo qual o tratamento destes é tão caro e os tratamentos escolhidos não compreendem as definições de qualidade necessária para despejo no corpo hídrico mais próximo, já que a eficiência na remoção da DBO e DQO dissolvidos é, na maioria das vezes, abaixo da média.

No Brasil, o tratamento mais utilizado é o armazenamento dos resíduos em lagoas de decantação, onde os dejetos passam por três etapas: anaeróbica, facultativa e aeróbica, através da ação dos micro-organismos do ambiente com água para retenção da matéria orgânica, posteriormente depositada nos solos. Caso seja operada corretamente, esta se torna uma opção de baixo custo (Kunz et al. 2005).

Outra metodologia utilizada frequentemente é a esterqueira, ambiente onde grande volume de dejetos é submetido à ação microbiana que realiza a fermentação anaeróbica em no mínimo 120 dias (Bertoncini 2011). Há ainda segmentos deste método que utiliza maior tempo de retenção do material e uma câmara de fermentação induzida conhecida como bioesterqueira, bastante empregada no Sul do Brasil.

Os biodigestores são alternativas que apresentam resultados positivos, sendo a opção ideal para um elevado número de dejetos. Trata-se de uma câmara fechada onde ocorre o processo de biodigestão anaeróbica, através do qual, comunidades bacterianas decompõem a matéria orgânica transformando-a em biogás e fertilizante (Cardoso et al. 2015). Em geral, os biodigestores necessitam de mais espaços e maiores custos para a implantação em comparação com lagoas e esterqueiras.

Pode-se também usar como exemplo de tratamento a compostagem, um processo natural em que micro-organismos transformam material biodegradável em um produto humificado (húmus) (Sardá et al. 2010), que pode ser usado no melhoramento das condições do solo para a agricultura.

A cama sobreposta ou biológica, também muito estudada mundialmente, é uma estrutura de deposição dos resíduos que pode ser feita de materiais diversificados de acordo com a necessidade de degradação e utilização do produto após a fermentação. A cama sobreposta, construída de material como maravalha e bagaço de cana, serve de substrato para o depósito de dejetos, tanto da parte líquida como sólida. Os animais entram em contato com esses materiais, onde realizam suas necessidades fisiológicas diárias, dando início a fermentação biológica desses compostos, que posteriormente serão utilizados como biofertilizantes pela abundância de nutrientes (Homem et al. 2015). Este método possui uma eficácia notável e baixo custo em sua implantação e execução. Pode ser utilizada para várias espécies na criação animal. Nos últimos anos aumentou-se seu uso no confinamento de vacas leiteiras, sistema chamado de compost barn.

Como relatado, diversos são os modelos de tratamento desses dejetos provenientes da produção animal, e cada vez mais os projetos possuem o foco de unir a despoluição do ambiente, utilizando métodos que também favoreçam a obtenção de produtos de valor agregado, como biofertilizantes e biogás.

Há muito tempo vem sendo estudado processos de despoluição de águas continentais com esses dejetos que possuam construção e aplicação simplificada e de baixo custo, pouca manutenção e utilização de recursos naturais. O sistema de wetlands foi o resultado desses

trabalhos, sendo o passo inicial para diversas outras investigações de aprimoramento e aplicação desse sistema dentro do tratamento de rejeitos animais.

Tal sistema consiste na utilização de plantas aquáticas, conhecidas como macrófitas, que através do seu metabolismo natural exercem a função de despoluente ao entrar em contato com o efluente. Os trabalhos realizados abordam o conhecimento ampliado sobre as espécies vegetais e todos os seus procedimentos em ação dentro do seu ambiente.

#### MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES

As macrófitas consistem em plantas da vegetação aquática de visualização macroscópica, fotossintetizantes, com potencial adaptativo versátil, o que garante a sobrevivência destes indivíduos a diversos ecossistemas aquáticos, inclusive aqueles com altas taxas de variações (instável) como aqueles ambientes tóxicos e saturados de nutrientes.

Nos últimos anos, devido à capacidade de suas raízes de realizar absorção de substâncias tóxicas e utilizá-las em suas atividades metabólicas, as macrófitas vêm sendo o foco de diversos estudos dentro do tema de despoluição de ambientes aquáticos (Castro et al. 2017), apresentando resultados satisfatórios na remoção de contaminantes.

Apesar de sua eficiência adaptativa, as macrófitas possuem diversos fatores limitantes na sua reprodução, como a temperatura, que controla a velocidade das suas reações químicas (Biudes & Camargo 2008), a reação fotossinteticamente ativa, resultado da fotossíntese do vegetal, assim como a velocidade da corrente de água, variação dos seus níveis, e os nutrientes disponíveis, que limitam a sua permanência no local.

Por muito tempo, as macrófitas eram vistas apenas como um risco aos ambientes limnicos, visto que em condições ótimas ocorre a proliferação excessiva destes indivíduos e o consequente aumento expressivo de sua biomassa, favorecendo a ocorrência do processo de eutrofização do meio que inviabiliza uso do ambiente para fins diversos tais como consumo, navegações, captações e atividades de lazer. Proporcionam também uma alta competitividade devido ao distúrbio e cria um ambiente favorável à proliferação de organismos patogênicos e de vetores, caracterizando um risco considerável a saúde pública (Silva et al. 2012).

As macrófitas possuem significativa diversidade de espécies, estão presentes em diversos ambientes aquáticos e são classificadas de acordo com seus hábitos depositórios (Figura 1). Esteves (1998) as classifica em:

- Macrófitas aquáticas emersas;
- Macrófitas aquáticas com folhas flutuantes;
- Macrófitas aquáticas submersas livres;
- Macrófitas aquáticas flutuantes;

Outros estudos sobre os benefícios das macrófitas dentro de um ecossistema limnico identificaram, dentre outros, a despoluição de metais tóxicos e a eliminação de patógenos (Tanaka et al. 2015).

As macrófitas também podem ser fonte de proteínas. Santiago et al. (1998) observaram que a dieta de alguns alevinos de tilápia constituíam 42% de macrófitas, o que aumentou a taxa de crescimento desses peixes. Para esses estudos, as macrófitas são estudadas espécie por espécie, apresentando suas decorrências e gerando em um comparativo entre elas, onde se tem como resultado a eficácia de cada uma referente ao tratamento proposto.

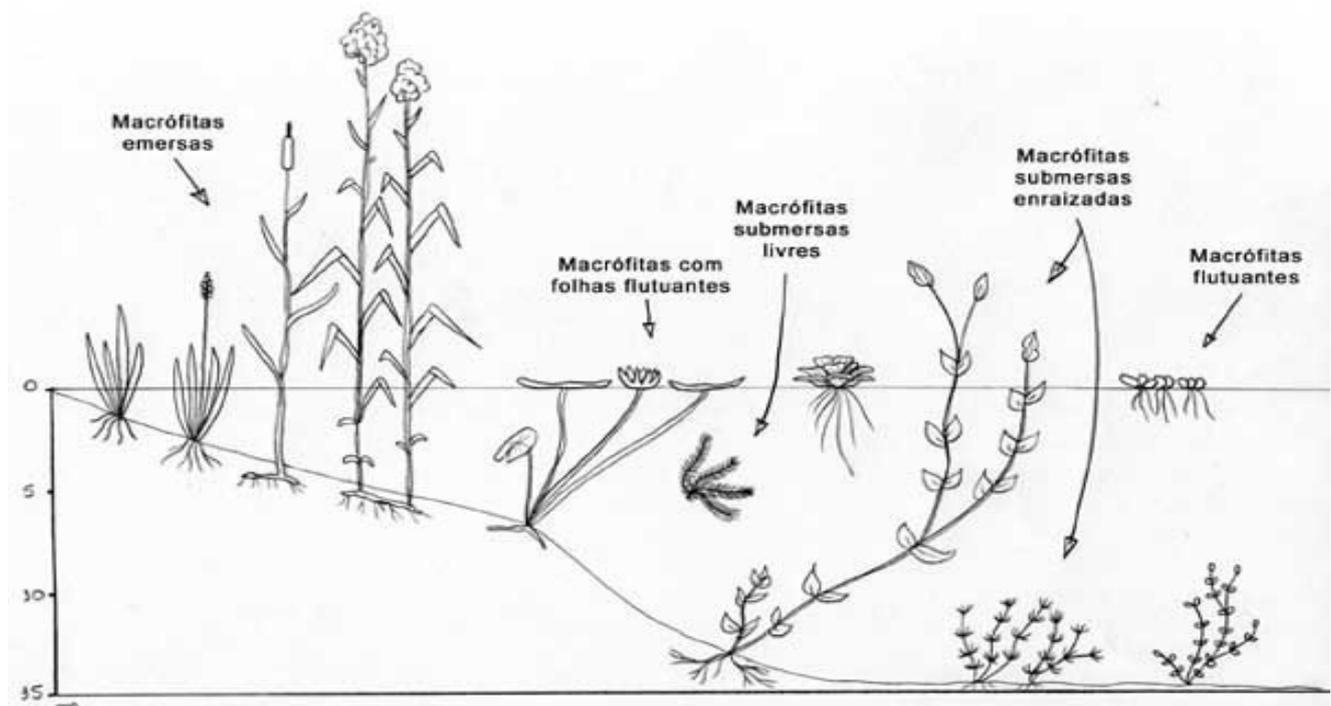


Figura 1. Classificação das macrófitas (Esteves 1998) (Classification of macrophytes).

Quando se trata dos estudos de despoluição de dejetos animais das áreas de água doce, as macrófitas mais utilizadas são:

- *Salvinia auriculata* aubl. – Da família *Salvinaceae* conhecida como orelha-de-onça;
- *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. – Da família *Pontederiaceae* conhecida como aguapé;
- *Pistia stratiotes* L. – Da família *Araceae* conhecida como alface d'água;
- *Typha domingensis* Pers. – Da família *Typhaceae* conhecida como taboa e
- *Lemna minuta* Humb. – Da família *Araceae*, conhecida como lentilha d'água.

Os métodos de análise, as substâncias e as condições analisadas são sempre as mesmas, seguindo o padrão de qual substância e seu excesso ou falta causará um distúrbio ambiental e segue de acordo com a legislação de segurança dos ambientes de água continental. A metodologia é diferenciada pelos locais de aplicação do estudo, horários e formas de coleta, qual planta é utilizada e de qual forma, qual efluente é utilizado e de onde o mesmo é retirado e quais os processos físico-químicos do ambiente em questão. Estas diferenças são necessárias para que se possa ter acesso aos diversos resultados, facilitando assim a avaliação do melhor método de despoluição.

Os resultados das pesquisas com macrófitas possuem uma variedade de detalhes e informações que vem ampliando seu alcance com o decorrer dos anos, uma vez que devido o aumento progressivo da poluição hídrica causada pelo descarte de resíduos oriundos da produção animal, surge à necessidade de se encontrar um método barato e eficaz, como a utilização de plantas no tratamento dos efluentes.

Santos et al. (2016) avaliaram a eficiência da macrófita *Juncus effusus*. Além destes pesquisadores, em diversos outros estudos ela é o principal agente fitorremediador (Pratas 2010) pelo seu elevado consumo de nutrientes.

Os resultados alcançados através dos autores supracitados ao utilizarem macrófitas no tratamento de efluentes de um frigorífico de suínos, com relação a condutividade elétrica dos dejetos foram de  $4,62 \pm 0,01$  para o efluente bruto e  $3,71 \pm 0,01$  em 96 horas. Para o pH, a faixa se estabilizou próximo a neutralidade dentro dos padrões exigidos pela legislação ambiental (Resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011) em resultados com  $6,73 \pm 0,01$  para o efluente bruto e  $8,15 \pm 0,01$  para 96 horas. Os valores de DQO foram os mais expressivos do estudo, utilizando um tempo pequeno de retenção e sugerindo alta eficiência na remoção de matéria orgânica, sendo estes resultados em  $1.900,5 \pm 84,0$  no efluente bruto e  $30,1 \pm 10,1$  para 96 horas, finalizando com um total de  $98,4 \pm 0,5\%$  de remoção. O tratamento foi eficaz e promissor, habilitando o estudo para tratamentos pilotos. O trabalho ainda apresenta a sugestão de utilizar como pós-tratamento e aponta como desvantagem o uso de grandes áreas para implantar o método.

Souza et al. (2000), em uma época em que não eram alcançados resultados muito promissores com as macrófitas, obtiveram resultados positivos no processo de despoluição de ambientes aquáticos contaminados. Os números foram de 79 a 84% de remoção para DBO, 76 a 87% para o nitrogênio e 78 a 100% para o fósforo. Os autores ainda ressaltaram a importância da macrófita *Juncus sp* para a transformação do nitrogênio, sendo ela a principal atuante em todas as fases.

Em um estudo realizado no lago Upper Olifants, África do Sul, a *Juncus sp* foi eficiente como agente despoluente, função nomeada como fitoestabilização dos elementos: alumínio (Al-) ferro (Fe-) e manganês (Mn-), devido ao seu elevado nível de biomassa, característica importante para a remediação (Schatschneider et al. 2017). Nota-se que estes elementos também são encontrados em efluentes de produção animal.

Souza e Vasconcelos (2016) obtiveram resultados significativos com a utilização da macrófita *Pistia stratiotes*. O estudo iniciou com a temperatura dos ambientes avaliados, notando um aumento nos efluentes do viveiro, o que se concluiu pelo metabolismo dos animais circulantes. Contudo, apesar da ligeira recuperação no tratamento, os valores continuaram elevados em relação ao padrão, o que é verificado nos resultados. No primeiro mês foram de  $26,4 \text{ } 0\text{C} \pm 1,2$  em nascente,  $26,8 \text{ } 0\text{C} \pm 10$  em viveiro e  $26,6 \text{ } 0\text{C} \pm 1,3$  no tratamento. Já no último mês de estudo, estes foram de  $26,4 \text{ } 0\text{C} \pm 10$  em nascente,  $27,0 \text{ } 0\text{C} \pm 1,3$  no viveiro e  $26,7 \text{ } 0\text{C} \pm 1,5$  no tratamento. Como a temperatura não é o foco da pesquisa permanece a questão para estudos posteriores da capacidade da macrófita de recuperar ambientes com distúrbios de temperatura causados pelo metabolismo dos animais. Os autores focaram no pH, que no seu estudo com piscicultura, possui características de águas ácidas, em um intervalo de  $3,9 \pm 0,3$  a  $5,4 \pm 0,4$ . Para o primeiro mês, os valores foram de  $4,8 \pm 0,2$  na nascente,  $3,9 \pm 0,3$  no viveiro e  $4,4 \pm 0,3$  no tratamento. Já no último mês, os valores foram de  $5,4 \pm 0,3$  na nascente,  $4,0 \pm 0,1$  no viveiro e  $4,2 \pm 0,2$  no tratamento. Os valores alterados de OD são consideráveis, graças ao consumo dos organismos tanto do viveiro quanto do tratamento, tendo um valor inicial de  $4,2 \pm 0,3$  no viveiro e terminando o estudo com  $3,2 \pm 0,3$  no tratamento. O fósforo total e ortofosfato não tiveram resultados promissores, pela questão da água já ter ido a nascente com alterações de acordo com os valores padrão. Os autores concluíram que a *Pistia stratiotes* é eficiente contra a poluição e a eutrofização, mas ressaltaram a necessidade de um controle nos níveis dos nutrientes e no desenvolvimento da planta, devido ao risco de distúrbio no crescimento de sua biomassa.

Em estudo realizado em 2015 em uma wetland construída em Calcutá – Índia, identificou-se a eficiência da *Pistia sp* durante as monções entre o inverno e o verão, com três amostras de águas poluídas de locais diferentes, com foco na remoção de cromo (Cr). A pesquisa teve como valor inicial de 80% no efluente, finalizando com um valor de 36,2% no tratamento com a *Pistia sp* (Chackraborty 2015).

A espécie *Pistia sp* pode ser utilizada também na remoção do arsênio (As), elemento que pode ser encon-

trado nas rações de animais e que é um grande poluidor dos efluentes. Segundo Farnese et al. (2014), a espécie age tanto como fitorremediadora do composto como bioindicadora de arsênio nos efluentes, devido a uma alteração nos seus tecidos, rizoma e metabolismo.

Esta mesma espécie foi usada por Henry-Silva e Camargo (2008) em uma pesquisa que obteve na remoção dos compostos 69,9% para fósforo total, sendo o controle de 41,9%, 75,2% para a turbidez, com o controle em 30,6% e 54,5% para a forma nitrogenada N-nitrito com 14,8% pelo controle, sendo um valor de  $0,29 \pm 0,4$  para o nitrogênio total, onde o valor do controle estava de  $0,40 \pm 0,06$ . A eficiência do resultado é explicada pelos autores, dando atribuições ao desenvolvimento radicular dessas plantas que criam uma condição favorável à adsorção e precipitação do material em suspensão que vem em abundância no efluente de aquicultura. Junto com a *Pistia* sp, esta pesquisa também avaliou a eficiência da *Eichhornia crassipes*, que obteve resultados ainda mais promissores na redução dos valores, sendo estes de 71,6% para o fósforo total, 80,2 para a turbidez e para a forma nitrogenada N-nitrito de 54,3%. Os valores de nitrogênio total para este tratamento foi de  $0,28 \pm 0,05$ . O trabalho possuía também tratamentos com as duas macrófitas agindo em conjunto, mas os resultados não tiveram muitas alterações dos dados individuais.

A *E. crassipes* possui um foco na ação de despoluição de diversos dejetos e vem sendo utilizada para diversos estudos com seus resultados satisfatórios. Em estudo realizado sobre os efluentes de um abatedouro e frigorífico no Paraná utilizou-se uma massa pesada dos efluentes em tratamento com a planta, como tripa celulósica e terra junto ao aguapé. Com os resultados, a *E. crassipes* atuou 77,2% na remoção de DQO, 77,8% na remoção de DBO, 87,9 % na remoção de nitrogênio total e 38,9% no fósforo total em detenção de 5 dias, com o maior resultado na amostra que continha tripa celulósica (Mees et al. 2009).

A *E. crassipes* tem um padrão de resultados em suas remoções, sendo sempre eficaz e obedecendo a faixa de remoção entre 70 a 85% de toda M.O e nutrientes. Em uma pesquisa realizada com efluentes de camarão-damalásia (*Macrobrachium rosenbergii*), os pesquisadores avaliaram a eficiência da *E. crassipes* em comparação com a espécie *Salvinia molesta*, e um tratamento utilizando a eficiência das duas juntas (Henares e Camargo, 2014). A amostra com o tratamento de *E. crassipes* foi a mais eficiente do tratamento, tendo como resultados a diminuição de OD de 70,8%, sólidos suspensos de 47%, para o nitrogênio inorgânico 46,0% de remoção, ortofosfato com 44,5% de remoção e fósforo total com 43,6% de remoção. A vantagem da *E. crassipes* sob as outras espécies estudadas é devido a grande estrutura de sua raiz, facilitando a fitorremediação. No entanto, os níveis de remoção deste estudo foram baixos, devido às alterações ambientais do local e ao nível inicial de poluição do efluente, que não era muito elevado em comparação a efluente de outros dejetos animais. O tratamento da *E. crassipes* junto da *S. molesta* também obteve bons resultados, sendo estes pouco menores ao tratamento só com *E. crassipes*. Já o tratamento apenas com *S. molesta* obteve os resultados bem menores, sen-

do este de diminuição de OD de 31,1%, tendo a maior concentração de OD em comparação com o efluente e os outros tratamentos, remoção de 8,7% em sólidos suspensos, 19,8% na remoção de nitrogênio inorgânico, 31,3% na remoção de ortofosfato e 14,3% na remoção de fósforo total.

A *Salvinia* sp. possui resultados muito variados, na maioria deles não são satisfatórios. Isso se dá pelo tamanho de seu rizoma, sendo pequeno para uma absorção grande de nutrientes. Por esse motivo, poucos estudos são feitos com foco exclusivo na espécie. Henry-Silva e Camargo (2006), estudaram a eficiência da *Salvinia* sp. no tratamento de efluentes de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e esta obteve como resultado 72,1% de remoção de fósforo total, 42,7% de remoção de nitrogênio total e 83,% de diminuição da turbidez. Os valores foram elevados, mas inferiores quando comparados com os valores de *E. crassipes* e *P. stratiotes*, também estudadas nesta pesquisa.

Outro estudo ressaltou a influência do fotoperíodo no auxílio da absorção da *Salvinia* sp, obtendo um resultado positivo quando submetida a temperaturas entre 24° e 28°C, porém com resultados inferiores em comparação à *E. crassipes*. Os maiores percentuais médios de redução dos nutrientes foram de 9,2% para o nitrogênio total, 15,3% para o fósforo total e 21,5% para o ortofosfato (Petruccio & Steves 2000). Contudo, a *Salvinia* sp. é bem apontada na literatura como bioindicadora de poluentes nos efluentes, como no estudo realizado com cádmio (Cd) por Wolff et al. (2012), que obteve bons resultados na alteração da fisiologia da macrófita e em seu metabolismo, o que gera eficiência no seu uso na detecção de poluentes.

O estudo de Pelissari (2012) usou a eficiência da espécie *Typha domingensis*, popularmente conhecida como Taboa. Como anteriormente citado, o método utilizou um experimento vertical e um horizontal com a mesma planta. O método horizontal apresentou resultados de remoção de DBO de 69%, já o vertical foi de 60%. Quanto aos sólidos suspensos, os resultados foram de 92% para o horizontal e 72% para o vertical. Esta eficiência na remoção de sólidos suspensos ocorre nas pesquisas devido aos processos de sedimentação e filtração que são naturais de um ambiente. O nitrogênio em forma de nitrato alcançou um valor médio de 49,7%, devido à elevada taxa de oxidação do nitrogênio amoniacal. A remoção de fósforo foi a mais notável do tratamento, com um total de 78% para o fluxo horizontal. A *T. domingensis* é utilizada em vários estudos de tratamento de efluentes, demonstrando bons resultados quanto há vários compostos. Travaini-Lima e Tavares (2012), realizaram um método a fim de verificar a eficiência quanto aos períodos de estiagem. Como resultado das plantas utilizadas, dentre elas a *Typha domingensis*, verificou-se que as plantas possuem uma eficácia de tratamento nos períodos de seca. Em número, as análises totais do estudo verificaram um índice de remoção de poluentes do efluente de 90,52% da planta em conjunto com outras macrófitas. Em uma pesquisa específica para a remoção de nitrogênio e fósforo de efluentes de águas residuárias de laticínios operando em bateladas com ciclo de 48 horas, com uma quantidade de 7,5 litros de efluente por ciclo, o número de maior

eficiência pela *Taboa* foi de 73,40%. Para o fósforo total, o maior número foi de 34,3% de remoção, em conjunto com *brita*. Os autores discutiram os resultados insatisfatórios da remoção de fósforo, mesmo utilizando o auxílio da *brita* que tem um potencial de redução. Esta deficiência é questionada quanto ao tempo de deposição de efluente e de detenção hidráulica. Ainda assim os resultados foram considerados satisfatórios quanto ao resultado dos métodos convencionais (Mendonça et al. 2012). A *Typha sp.* também foi estudada quanto à remoção de outros elementos por Fia et al. (2015), que obteve a eficiência da planta em remoção de sólidos suspensos de 84%, sendo a maior de remoção de M.O. Para macronutrientes, tivemos resultados de 29% a 46% de remoção para potássio e 18 a 28% de eficiência na remoção de sódio. O cálcio (remoção de 26% a 45%) e o magnésio (remoção de 60% a 65%) fazem parte dos elementos essenciais da planta, sendo previsto um número elevado na remoção destes nutrientes. No entanto, devido a elevada carga de nutrientes imposta na pesquisa, a *Taboa sp.* não foi considerada satisfatória na remoção dos compostos quando comparada com a outra planta utilizada, da espécie *Cynodon spp.* Em um segundo estudo realizado por Fia et al. (2014), com as mesmas espécies, a *Taboa sp.* apresentou um resultado melhor em comparação com a *Cynodon spp.*, tendo resultado de 5,0% de remoção de nitrogênio (*Cynodon spp.* com 4,6%) e 11,2% para remoção de fósforo (*Cynodon spp.* com 5,4%). Em ambos os estudos, as espécies foram igualmente plantadas em sistemas alagados, tendo um crescimento equilibrado e avaliado pelos pesquisadores. Ainda assim para esses estudos as plantas foram consideradas ineficientes para o tratamento proposto com efluentes de suinocultura.

A macrófita *Lemna minuta*, conhecida como lentilha-d'água, é uma espécie bastante utilizada de forma ornamental, porém possui poucos estudos sobre sua eficiência nos tratamentos. Um estudo realizado para verificar sua eficiência na remoção de poluentes *in situ*, aplicado por Nuñez et al. (2011), em CIA Del LUZ, foi avaliado os parâmetros de redução, principalmente de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), nitrito (N-NO<sub>2</sub>), nitrato (N-NO<sub>3</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total. Os resultados não foram promissores, indicando percentuais de 93%, 64%, 51%, 46% e 37%, respectivamente. O pH teve uma diminuição mínima, pois a água em questão já tinha tendência a ser manter alcalina. Além do mais, a *Lemna sp.* teve auxílio da espécie *T.*

*domingensis*, o que se pode concluir que a macrófita não é eficaz para o tratamento com elevadas taxas de nutrientes, causando até a morte de alguns indivíduos por competitividade.

No entanto, estudos em outras áreas de biocontrole dos ambientes de água continental estão sendo realizados, como o de Guimarães et al. (2012), que avaliaram a macrófita e sua eficiência como bioindicadora na presença de elementos como o arsênio (As). A planta obtém o mesmo crescimento e sistema fisiológico na presença do composto, tendo apenas algumas alterações no seu caroteno e clorofila, sendo uma ótima indicadora da presença do poluente. Como agente despoluidor, ela obteve o melhor resultado dentre as espécies do estudo, removendo 4,4% da concentração de As da solução. Apesar da eficácia com essa despoluição, no mesmo estudo também foi ressaltado que a macrófita vai perdendo a eficiência conforme contato com maiores taxas de poluição. Ainda assim, eles ressalvam que esta remoção considerável é derivada da hiperacumulação de nutrientes para o metabolismo da planta. Em outras pesquisas com *Lemna sp.*, principalmente quando se trata de efluentes de dejetos animais, a macrófita não apresenta resultados significativos, muito menos com os principais componentes do processo de eutrofização, nitrogênio e fósforo. Ainda assim, a macrófita continua sendo estudada para a remoção de elementos, efluentes domésticos e industriais, esgoto, entre outros.

De acordo com os resultados apresentados neste artigo, a ordem da eficiência de remoção de poluentes de dejetos animais em águas continentais pode ser classificada como na **tabela 1**.

Em referência aos primeiros estudos feitos com as macrófitas, os resultados vêm evoluindo positivamente ao decorrer dos anos quando colocamos em pauta todas as macrófitas citadas neste artigo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados, as macrófitas são eficientes no tratamento de águas residuárias de dejetos animais. As grandes variações dos resultados, no entanto, são conseqüências não apenas da diversidade vegetal, que avalia desde seu metabolismo até suas características morfológicas agindo com eficácia no tratamento dos efluentes, mas também deve ser considerada pelos pesquisadores uma abrangência de

**Tabela I. Faixa de porcentagem de Remoção de M.O. e Nutrientes por Macrófitas Aquáticas. (Percentage range of removal of O.M. and nutrients by aquatic macrophytes).**

| EFICIÊNCIA | ESPÉCIE                     | FAIXA MÉDIA DE REMOÇÃO |
|------------|-----------------------------|------------------------|
| 1º         | <i>Juncus sp.</i>           | ±75 A 90%              |
| 2º         | <i>Eichhornia crassipes</i> | ±70 A 85%              |
| 3º         | <i>Typha domingensis</i>    | ±50 A 75%              |
| 4º         | <i>Pistia stratiotes</i>    | ±40 A 56%              |
| 5º         | <i>Salvinia sp.</i>         | ±42 A 50%              |
| 6º         | <i>Lemna sp.</i>            | ±30 A 50%              |

métodos, das variações climáticas do ambiente onde a planta é depositada, dos compostos que compõem o efluente, da microbiota local, dentre outros aspectos. Para uma eficácia no tratamento, cada planta deve ser tratada com singularidade, avaliando todas as suas necessidades e capacidades fisiológicas, principalmente suas interações com o meio onde está sendo desenvolvido. Cada macrófita possui afinidade com diferentes compostos, o que aumenta e explana a necessidade de novos estudos com diferentes métodos de controle.

Apesar de muitos resultados obterem um percentual de remoção inferior ao estimado, quando é levada em consideração toda a implantação do sistema e custo em comparação com os métodos convencionais, as macrófitas se tornam uma alternativa de grande potencial, pois seus efeitos negativos são facilmente manipulados, podendo ser estudados e previstos antes de sua aplicação em um tratamento. Todas as macrófitas são consideradas de fácil manipulação, sendo ressaltado em todas as pesquisas que seu efeito negativo primordial é o crescimento descontrolado de sua biomassa, que precisa de um acompanhamento básico para manter o fluxo contínuo do metabolismo da planta em ação na despoluição e a dinâmica do ambiente.

A espécie *Juncus sp.* se mostrou mais eficaz nos estudos avaliados, com resultados promissores em diferentes tratamentos.

Em suma, as macrófitas tendem a favorecer a redução dos impactos causados pela emissão dos efluentes, sendo uma alternativa próspera na busca do equilíbrio dos ambientes de água doce.

## BIBLIOGRAFIA

- Andreazzi, MA, Santos JMG & Lazaretti RMJ 2015, 'Estudo sobre a destinação dos resíduos da suinocultura em granjas do estado do Paraná' Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, vol. 19, n.º. 3, pp.744-751.
- Arbuckle, K.E. & Downing, J.A. 2001. The Influence of Watershed Land Use on Lake N:P in a Predominantly Agricultural Landscape. *Limnology and Oceanography*, 46: 970-975.
- Assunção, AWA, Junior, PG, Almeida, RV, Gasparotto, Y & Amaral, LA 2017, Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de *Escherichia coli* de efluentes de criação de pacu. *Engenharia Sanitária Ambiental*; 22: 657-663.
- Bertoncini, EI 2011, Dejetos da suinocultura: desafios para o uso agrícola. *Pesquisa e Tecnologia*; 8: 3.
- Biudes, JFV, Camargo & AFM 2008, Estudo dos Fatores Limitantes à Produção Primária por Macrófitas Aquáticas no Brasil. *Oecologia Brasiliensis*; 12: 7-19.
- Braille, PM, Cavalcanti & JEWA 1993, Manual de tratamento e águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 764p.
- Cardoso, BF, Oyamada, GC & Silva, CM 2015, Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. *Desenvolvimento em Questão*; 13: 127-145.
- Castro, GM, Schwantes, D, Junio, ACG, Richart, A, Veiga, TG, Rosenberger & AG 2017. Treatment of Dairy effluents in Wetlands Systems with Floating Aquatic Macrophytes. *Revista de Ciências Ambientais*; 11: 25-37.
- Chackraborty, S 2015, Environmental Sustainability in waste water treatment in phytoremediation with *Pistia stratiotes* (Water Letuce) in East Kolkata wetland. *International Journal of Bio-Resource, Environment and agricultural sciences*; 1: 132-129.
- CONAMA, 1986, Resolução n.º20, de 18 de junho de 1986. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 01/09/2017.
- COSTA, AA, LIMA, ES, ; SOTO, FRM. Reciclagem biológica do fósforo a partir do efluente suíno originário da biodigestão anaeróbia: uma revisão. *Archivos de Zootecnia (Internet)*, v. 69, p. 486-490, 2020.
- Dias FS, Nascimento, JPA & Meneses, JP 2016, Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluentes domésticos. [http://www2.fpb.edu.br/revista/index.php/eng\\_amb/article/view/162](http://www2.fpb.edu.br/revista/index.php/eng_amb/article/view/162). Acesso em: 02/09/2017.
- Downing, JA & Mccauley, E 1992, The Nitrogen – Phosphorus Relationship in Lakes. *Limnology and Oceanography*; 37: 936-945.
- Esteves, FA 1998, Fundamentos da limnologia. 2.º ed. Interciência, Rio de Janeiro, p 101-130.
- Farnese, FS, Oliveira, JÁ, Lima, FS, Leão, GA, Gusman, GS & Silva, LC 2014, Evaluation of the Potential of *Pistia stratiotes* L. For bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. *Brazilian Journal of Biology*; 74: 103-112.
- Fia, FRL, Matos, AT, Fia, R, Borges, AC, Abreu & EC 2015, Influência da carga de nutrientes e da espécie cultivada na remoção de K, Na, Cu e Zn da água residuária da suinocultura tratada em sistemas alagados construídos. *Revista Ambiental Água*; 22: 303-311.
- Fia, R, Vilas-Boas, RB, Campos, AT, Fia, FR & Souza, EG 2014, Removal of nitrogen, phosphorus, copper and zinc from swine breeding waste water bermudagrass and cattail in constructed wetland systems. *Engenharia Agrícola*; 34: 112-123.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1992, Wastewater treatment and use in agriculture, Roma. 125 pages - Irrigation and Drainage. Paper, 47.
- Gebler, L.; Palhares, JCP. Gestão ambiental na agropecuária. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 310 p.
- Guimarães, FP, Aguiar, R, Oliveira, JÁ, Silva, JAA & Karam, D 2012, Potential of Macrophyte for removing arsenic from aqueous solution. *Planta Daninha*; 30: 683-696.
- Henares, MNP, Camargo & AFM 2014, Treatment efficiency of effluent prawn culture by wetland with floating aquatic macrophytes arranged in series. *Brazilian Journal of Biology*; 74: 906-912.
- Henry-Silva, GG, Camargo & AFM 2008, Tratamento de Efluentes de cunicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 37: 181-188.
- Henry-Silva, GG, Camargo, AFM 2006, Efficiency of Aquatic Macrophytes to treat Nile Tilapia pond effluents. *Science Agriculture*; 63: 433-438.
- Homem, BGC, Arcaño, AHM, Oliveira, PCS, Neto, OBA, Trindade, AG, Nogueira, MAR & Cidrini, LA 2015, Avaliação do Potencial Agroeconômico de dois tipos de Cama Sobreposta de Suínos. *Vértices*; 17: 65-75.
- Kubitza, F 1999, Qualidade da água na produção de peixes. *Panorama da aqüicultura*, 8: 35-41.
- Kunz, A, Higarashi, MM, Oliveira & PM 2005, Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*; 22: 651-665.
- Lorimar, J, Powers, W. Manure characteristics: manure management systems series. 2. ed. Ames: MidWest Plan Service, 2004. 24p.
- Maia Neto, RF 1997, Água para o Desenvolvimento Sustentável. *A água em Revista*; 9: 21-32.
- Mees, JBRR, Gomes, SD, Vilas-Boas, MA, Fazolo, A & Sampaio SC 2009. Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using *Eichhornia crassipes* and evaluation of the generated biomass composting. *Engenharia Agrícola*; 29: 466-473.
- Mendonça, HV, Ribeiro, CBM, Borges, AC, Bastos & RR 2012, Remoção de Nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em batelas. *Revista Ambiente & Água*; 7: 75-87.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de Produção Mais Limpa e Aproveitamento Econômico dos Resíduos da Produção de Bovinos de Corte e

- Leite em Sistemas Confinados / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília : MAPA, 2017. 88 p.
- Nascimento, AJD, Carvalho, MBM, Silva, RTL, Lima KNS, Lima NS, Gama, CG, Trindade, OM, Rosa, VCR & Arrais, FCT 2012, Análise do desperdício de água no meio rural do município de capitão poço/PA. Trabalho apresentado no 52º congresso brasileiro de química; 14 de Outubro de 2012; Recife/PE – Brasil. ABQ – Associação Brasileira de Química.
- Núñez, MS, Flores, CC, Ramírez, Y, Rincón, S, Saules, L, Avendaño & EM 2011, Removal of nitrogen and phosphorus by *Typha domingensis* and *Lemna* sp. in laboratory scale constructed wetlands. *Revista técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*; 34: 3-12.
- Pelissari, C, Decezar, ST, Sezerino, PH, Bento, AP, Junior, OC & Wolff, DB 2012, Comportamento inicial de wetlands contruídos empregados no tratamento de efluentes da bovinocultura de leite. *Engenharia Ambiental*; 9: 190-204.
- Petrucio, MM & Esteves, FA, 2000, Influence of Photoperiod on the uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Revista Brasileira de Biologia*; 60: 373-379.
- Pratas, J 2010, Acumulação de urânio em plantas aquáticas (região uranífera das Beiras): possibilidades de bioindicação e fitorremediação. *Revista Electrónica de Ciências da Terra – Geosciences*; 9: 1-4.
- Rodrigues, ACD, Santos, AM, Santos, AF, Pereira, ACC & Sobrinho, NMBA 2016, Mecanismos de Respostas das plantas á poluição por Metais Pesados: Possibilidades de uso de macrófitas para Remediação de Ambientes Aquáticos Contaminados. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160017>. Acesso em 02/09/2020.
- Santiago, CB, Albada, MB & Reyes, OS 1988, Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing *Azolla* meal. In: *Proceedings of International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, p 377-382.
- Santos, BS, Costa, PF, Eyng, E & Câmara, CD 2016, Avaliação de Eficiência de um Sistema de Tratamento por Wetland Construído Aplicado ao Efluente de um Frigorífico de Suínos. *Smina: Ciências Exatas e Tecnologias*; 37: 13-22.
- Sardá, LG, Higarashi, MM, Muller, S, Oliveira, PA & Comin, JJ 2010, Redução de emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>s através da compostagem de Dejetos Suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*; 14: 1008-1013.
- Schatschneider, K, Chamier, J & Somerset, V 2017, Phytostabilization of metals by indigenous riparian vegetation. <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v43i2.01>. Acesso em 28/08/2017.
- Schindler, DW, 2006. Recent Advances in the Understanding and Management of Eutrophication. *Limnology and Oceanography*; 51: 356-263.
- Schultz, G 2007, Boas Práticas Ambientais na Suinocultura, SEBRAE, Porto Alegre.
- Silva, DS, Marques, EE & Lolis, SF 2012, Macrófitas Aquáticas: “vilãs ou mocinhas?”. *Interface*; 4: 3.
- Silva, FP, Botton, JP, Souza, SNM & Hachisuca, AMM 2015, Parâmetros Físico-Químicos na Operação de Biodigestores para Suinocultura, *Revista Tecnológica*, ed. esp., pp.33-41.
- Sousa, J. T. de; HAANDEL, A. C. Van; COSENTINO, P. R. S.; GUIMARÃES, A. V. A. Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB Utilizando Sistemas Wetlands Construídos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n.1, p. 87-91, 2000.
- Souza, AFL & Vasconcelos, ELQ 2016, Utilização da macrófita aquática flutuante *Pistia stratiotes* no tratamento de efluentes de Piscicultura no estado do Amazonas. *Publicações de Medicina Veterinária e Zootecnia*; 10: 926-932.
- Tanaka, JT, Locastro, JK, Lima, SB, Carvalho, KQ & Souza, DC 2015, Desenvolvimento de Macrófitas Aquáticas em uma estação de tratamento de esgotos sanitários por leitões cultivados. 2º Simpósio Brasileiro de Wetlands Construídos – Rebouças, Curitiba.
- Travaini-Lima, F & Tavares, LHS 2012, Efficiency of constructed wetland for wastewater treatment. *Acta Limnologia Brasiliensia*; 24: 255-265.
- Wetzel, RG 1990, Land-Water Interfaces: Metabolic and limnological Regulators. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*; 24: 6-24.
- Wolff, G, Pereira, GC, Castro, EM, Louzada, J & Coelho, FF 2012, The use of *Salvinia auriculata* as a bioindicator in aquatic ecosystems: biomass and structure dependent on the cadmium concentration. *Brazilian Journal of Biology*; 72: 71-77.