



DIMENSIONAMENTO DE WETLANDS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: APLICAÇÃO PARA A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

FLÁVIA L. A. E SOUZA¹, ALINE DE A. CUSTÓDIO¹, TÁSSIO FRANCHI², ANDRÉ L. T. FERNANDES³, ADRIANO D. DE LIMA³, LEONARDO C. DE ASSIS^{3*}

¹Universidade de Uberaba, Engenharia Ambiental

²Escola de Comando e Estado Maior do Exército, Instituto Meira Mattos

³Universidade de Uberaba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

*e-mail: leonardo.assis@uniube.br

RESUMO - O objetivo deste artigo é apresentar critérios de projeto para o dimensionamento de um sistema para tratamento de efluentes de uma indústria de laticínios através de *wetlands* construídos. Estes sistemas apresentam projeto simples, baixo custo e fornecem frequentemente resultados satisfatórios na remoção de poluentes. Através de um estudo de caso real apresenta-se as características de um sistema tipo *wetlands* construídos. O sistema foi projetado com capacidade para vazão de projeto de 10,836 m³.dia⁻¹ com remoção de 75% de DBO. Os critérios do projeto considerados foram: i) tanque impermeabilizado preenchido com brita zero e cultivado com a macrófita aquática *Typha* (popularmente conhecida como taboa); ii) área superficial de 70,40 m²; iii) leito com profundidade de 0,3 metros e declividade de 1%; iv) tempo de detenção hidráulica de 18,48 horas. Conclui-se que o sistema de *wetland* construído é uma alternativa viável para tratamento de efluentes do setor de laticínios, pois apresenta baixo custo de instalação e operação e é eficiente na remoção de matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

A água é um elemento que funciona como fator de progresso, pois é utilizada para diversas finalidades relacionadas à economia regional, nacional e internacional (TUDINSI, 2008). Observa-se o aumento da demanda por água para atender diferentes setores industriais, com destaque para o alimentício, responsável por consumir quantidade significativa de água em virtude da produção de alimentos para a população. O setor de laticínios se caracteriza de modo particular neste grupo pelo consumo expressivo de água em suas operações de lavagens de silos, tubulações, tanques, pasteurizadores e equipamentos e, conseqüentemente, pela geração de volumes elevados de efluentes com concentração alta de orgânicos (UEDA e MAGANHINI, 2013; BRIÃO e TAVARES, 2007). O consumo médio normal para

produção de leite pasteurizado e queijo está entre 2 e 6 litros de água para cada quilo de leite recebido (GUERRA *et al.*, 2011) e o volume de efluentes líquidos gerados para produtos “brancos” (leite, cremes e iogurtes), “amarelos” (manteiga e queijos) e “especiais” (concentrados de leite ou soro e produtos lácteos desidratados) é respectivamente de 3, 4 e 5 litros/Kg de leite processado (MAGANHA, 2006). Diante do volume e características da água residual produzida a partir do processamento de leite e seus derivados, é necessário seu tratamento para atender à legislação Brasileira que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme os padrões exigidos pela Resolução CONAMA nº430/2011.

Entre alternativas para o tratamento de efluentes provenientes de laticínios, algumas delas consideradas tecnologias onerosas, complexas e de alto custo (i.e., reator

anaeróbico de fluxo ascendente, sistemas de lodos ativados, entre outros), há técnicas que apresentam eficiência e são de baixo custo, como as denominadas “*wetlands*” ou zonas (terras) úmidas. Os sistemas *wetlands* são caracterizados pela eficiência na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), sólidos totais suspensos, nitrogênio e fósforo, redução de metais pesados, compostos orgânicos, e agentes patogênicos de efluentes domésticos e industriais (KADLEC, 2009). Podem ser naturais (brejos, pântanos, várzeas, manguezais, lagos rasos) ou construídas (CORAUCCI *et al.*, 2001). Sistemas de Alagados Construídos (SACs) ou *Wetlands* construídos foram desenvolvidos inicialmente na Alemanha, em 1950, por Kathe Saidel, no Instituto Max Planck, como método de controle de poluição hídrica (VYMAZAL, 2010). No Brasil, essa tecnologia foi utilizada pela primeira vez em 1982 na purificação de águas, com obtenção de resultados satisfatórios (SALATI *et al.*, 2009). Os SACs podem ser classificados de acordo com vários critérios, como o tipo de escoamento do efluente:

- Superficial: constituem bacias ou canais, onde são povoadas as macrófitas que utilizam o material orgânico e nutrientes das águas residuárias a ser tratadas. A superfície da água a ser tratada se mantém sobre o substrato (CORAUCCI *et al.*, 2001).

- Subsuperficial: Neste sistema, a bacia escavada é preenchida com um meio poroso, normalmente brita, e o nível da água é mantido abaixo da superfície. O fundo é impermeabilizado. A profundidade típica é de 0,3 a 0,6 m (OLIVEIRA, 2007). No fluxo subsuperficial existem duas subcategorias, em relação ao tipo de escoamento:

- o Subsuperficial Vertical: No SACV o efluente é lançado de maneira intermitente na superfície, inundando-o e percolando verticalmente, sendo coletado pelo sistema de drenagem situado no fundo do sistema (VILAS BÔAS, 2013).

- o Subsuperficial horizontal: o afluente é descarregado numa das extremidades do leito, deslocando-se horizontalmente, penetrando através do meio poroso e da rizosfera, que apresenta geralmente uma pequena inclinação, num

movimento predominantemente horizontal (MAVIOSO, 2010).

- Sistemas híbridos: ocorre a junção de sistemas de fluxo horizontal e fluxo vertical, para tratamento do efluente.

Macrófitas aquáticas são utilizadas em SACs porque são plantas que necessitam de nutrientes para sobreviverem e possuem melhores condições para sedimentação de sólido suspenso por meio das raízes. Adicionalmente, facilitam as trocas gasosas no meio em que estão inseridas e quanto à remoção de nutrientes e de poluentes, são capazes de realizar a depuração da água residuária de modo a reduzir a matéria orgânica no meio. São classificadas quanto ao seu biótipo, o que reflete o grau de adaptação no meio aquático. Conforme Esteves (2011), os principais grupos ecológicos de macrófitas são:

- a) Macrófitas emersas: são as plantas enraizadas no sedimento e com as folhas fora da água. Alguns exemplos são: *Typha sp.*(taboa), *Pontederia sp.*(aguapé), e *Eleocharis sp.* (junco);

- b) Macrófitas com folhas flutuantes: são as plantas que as folhas flutuam na superfície da água e são fixadas aos rizomas e raízes da planta. Alguns exemplos são: *Nymphaea sp* (ninféia), *Victoria sp* (vitória-régia) e *Nymphoides sp* (bananinha);

- c) Macrófitas submersas enraizadas: são as plantas enraizadas no sedimento que crescem sob a superfície da água. Alguns exemplos são: *Elodea sp.*(elódea), e *Egeria sp* (lentilhas d’água);

- d) Macrófitas submersas livres: são as plantas que possuem os rizoides pouco desenvolvidos e permanecem na subsuperfície da água, em sua maioria soltam flores emersas. Alguns exemplos são: *Utricularia sp.*(utricularia), e *Ceratophyllum sp* (rabo de raposa);

- e) Macrófitas flutuantes livres: são as plantas que flutuam livremente e as raízes estão presentes na superfície, sem se fixar a nenhum substrato; geralmente são comuns em locais que são protegidos do vento ou de pouca correnteza. Alguns exemplos são: *Eichhornia sp* (murumuru), *Pistia sp* (alface d’água), e *Salvinia sp* (marrequinha).

Segundo Tudinsi e Matsumura (2008), a retenção de nutrientes a partir de plantas macrófitas é utilizada mundialmente, tanto para tratamento de efluentes industriais quanto para domésticos ou até mesmo efluentes que sejam de origem agrícola, envolvendo fertilizantes, ou despejos de fazendas de criação bovinos. Porém, os processos físicos e microbiológicos de remoção de material orgânico e os sólidos em suspensão são os mais importantes na remoção de poluentes (BRIX, 1997).

O objetivo deste estudo é apresentar os critérios de dimensionamento de um sistema de tratamento de efluentes do tipo *wetlands* construídos para uma indústria de laticínios localizada em zona rural. Na seção 2 são descritas as principais características do sistema de *wetlands* bem como os parâmetros de dimensionamento, considerando-se as características de produção da indústria. Os principais aspectos sobre o dimensionamento do sistema bem como custos envolvidos são apresentados e discutidos com suporte da literatura na seção 3. As características mais importantes sobre o dimensionamento são destacadas na seção 4.

METODOLOGIA

O estudo foi fundamentado nas atividades desenvolvidas em uma agroindústria localizada na bacia federal do rio Grande, nas coordenadas geográficas 19°34'12.89"S e 47°58'26.86"O, inserida no Bioma do Cerrado. Na ilustração da Figura 1 observa-se, da esquerda para a direita, em ordem, os limites do Município de Uberaba-MG, características da propriedade onde se localiza a agroindústria e as instalações do laticínio, para o qual foi proposto o sistema *wetland* construído.

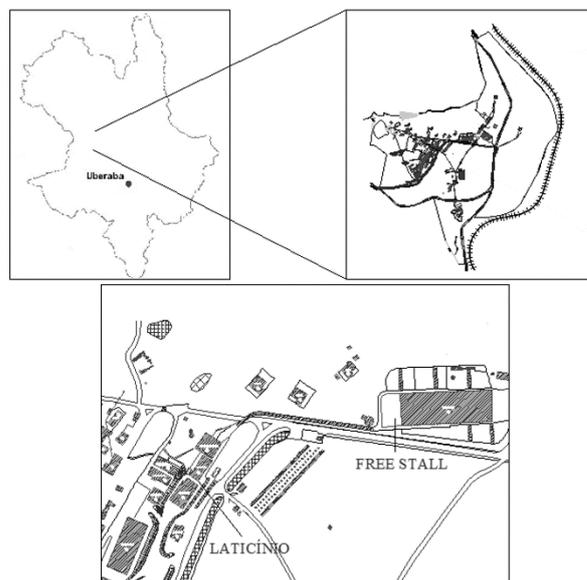


Figura 1: Localização da área de estudo

Através de referencial teórico definiu-se as especificidades dos critérios que foram adotados no projeto do sistema de tratamento de efluentes da indústria de laticínios por alagados (*wetlands*) construídos.

Tipos de *Wetland*

Entre os principais tipos de *wetlands*, o sistema escolhido para o projeto foi o de fluxo subsuperficial horizontal, por diminuir de maneira significativa a possibilidade de mosquitos ou animais vetores de doenças, além de evitar o mau-cheiro, que é característica comum em sistemas de tratamento de efluentes.

Na figura 2, exemplifica-se a vista superior do sistema *wetland* construído



Figura 2: Visualização esquemática *wetland* construído (vista superior)

Na figura 3, ilustra-se como o efluente chegará até o sistema *wetland* construído.

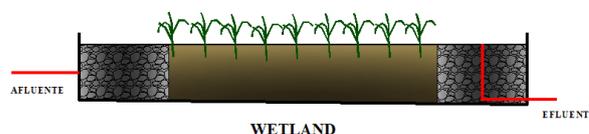


Figura 3: Visualização esquemática *wetland* construído (corte longitudinal)

É importante ressaltar que o sistema *wetland* deve ser impermeabilizado, de modo a evitar perdas líquidas por infiltração no solo e contaminar o lençol freático (TONIATO, 2005). Uma das alternativas para a implantação de *wetlands* é construção em alvenaria, por possuir maior resistência.

Vegetação: macrófita

Para a escolha da macrófita utilizada no sistema observa-se aspectos como o tipo de efluente a ser tratado, a adaptabilidade da planta no local e as condições climáticas predominantes. A Taboa, do gênero *Typha*, foi a macrófita aquática escolhida para auxiliar na remoção de nutrientes do efluente considerado neste estudo. Isto porque: (i) é típica de locais que possuem solos úmidos, como pântanos, brejos, margens de lagos, lagoas, entre outros; (ii) é tolerante a espaços que inundam de maneira frequente, pois possuem facilidade de desenvolver em solos que apresentam boa quantidade de matéria orgânica; (iii) geralmente seus rizomas atingem profundidade de aproximadamente 0,3 metros (MAVIOSO, 2009), o que desonera a construção.

Dimensionamento do sistema

Os parâmetros de dimensionamento do sistema *wetland* construído foram subsidiados pelo projeto real da indústria de laticínios. Segundo Abrahão (2006), os critérios de projeto são baseados em aspectos hidráulicos, profundidade e largura do leito, remoção da matéria orgânica, tempo de detenção hidráulica e efeito da temperatura no sistema.

A hidráulica do sistema de fluxo subsuperficial é controlada pela condutividade hidráulica do substrato e pelo gradiente hidráulico do sistema, onde se encontra a área transversal do tanque, conforme expressa Equação 1.

$$A_t = \frac{Q}{K_s \times S} \quad (1)$$

Na qual A_t é a área transversal (m^2); Q a vazão afluente (m^3 / d); K_s a condutividade hidráulica do substrato ($m^2 / m^3 / d^{-1}$); e S a

declividade do leito ou gradiente hidráulico (%).

A velocidade de escoamento obtida pela razão entre vazão e área transversal não deve exceder $8,6 m.d^{-1}$, de modo a evitar problemas na ruptura das raízes das macrófitas. Dessa forma, tem-se a Equação 2

$$S \leq \frac{8,6}{K_s} \quad (2)$$

A profundidade do leito varia de acordo com a macrófita utilizada no sistema. Para a Taboa utiliza-se 0,3 metros.

A largura do leito é encontrada pela razão entre a declividade e a profundidade do tanque, dessa forma tem-se a Equação 3:

$$L = \frac{A_t}{p} = \frac{Q}{K_s \times S \times p} \quad (3)$$

Onde L é a largura do leito (m); A_t a área transversal (m^2); p a profundidade (m); S a declividade do leito (%); e Q a vazão (m^3).

A remoção da matéria orgânica do sistema subsuperficial de fluxo horizontal é expressa por cinética de primeira ordem. Nesse caso, a relação da DBO efluente está relacionada diretamente com a DBO afluente do sistema. Considera-se a vazão afluente igual a vazão de projeto, não sendo avaliados fatores climáticos, como evapotranspiração e precipitação. A remoção da matéria orgânica no sistema é dada pela Equação 4:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp \left[\frac{K_t \times A_s \times p \times n}{Q} \right] \quad (4)$$

Sendo Q a vazão média no sistema ($m^3 / dia-1$); C_o o DBO afluente ($mg L^{-1}$); C_e o DBO efluente ($mg L^{-1}$); K_t a constante da taxa de primeira ordem dependendo da temperatura (d); A_s a área superficial do sistema (m^2); n a porosidade do substrato como fração decimal; e p a profundidade de submergência (m).

Ao desenvolver a Equação 4 pode-se obter a área superficial requerida pelo sistema em função do desempenho pretendido do projeto (remoção de matéria orgânica), conforme exibido na Equação 5

$$A_s = \frac{Q \times [\ln(C_o) - \ln(C_e)]}{K_s \times p \times n} \quad (5)$$

O tempo de residência hidráulica é calculado em função da porosidade do meio, do volume total do sistema e da vazão média diária, de acordo com a Equação 6:

$$T = \frac{V_v}{Q} = \frac{n \times V}{Q} \quad (6)$$

Em que T é o tempo de detenção hidráulica (dias); V_v o volume de vazios no sistema (m^3); n a porosidade do substrato ($m^3 m^{-3}$); e V o volume total do sistema (m^3).

No dimensionamento do sistema devem ser consideradas as constantes da temperatura para melhor ajuste de remoção de matéria orgânica. Esta característica é particularmente importante para aplicações no Brasil devido sua condição climática tropical. Contudo, não há muitos estudos sobre métodos de dimensionamento de *wetlands* construídos neste país como há em outros países da Europa. O ajuste da temperatura é dado pela Equação 7:

$$K_t = K_{20} \times (1,1)^{(T-20)} \quad (7)$$

Onde K_{20} é a constante da taxa a $20^\circ C$ (d^{-1}); T a temperatura de operação do sistema ($^\circ C$); e K_t a constante da taxa de primeira ordem dependendo da temperatura (d^{-1}).

É importante ressaltar que o valor da constante K_{20} é referenciado em literatura e possui valor igual a $1,104 d^{-1}$ (OLIVEIRA, 2007).

O comprimento é obtido pela diferença entre a área superficial e a largura, como mostra a Equação 8:

$$C = \frac{A_s}{L} \quad (8)$$

Em que C é o comprimento (m); A_s a área superficial (m^2); e L a largura (m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de valores reais de operação e produção láctea, utilizados como parâmetros de referência, foi possível dimensionar um sistema *wetland* com modelo de fluxo subsuperficial horizontal para o tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios. Os resultados obtidos estão organizados em duas seções. Na primeira são apresentados e

discutidos os valores de dimensionamento do sistema que foram obtidos a partir dos critérios de projeto e na segunda seção são abordados os custos de implantação do sistema.

Dimensões do sistema *wetland*

A partir dos dados coletados encontrou-se área transversal de $0,25 m^2$. Utilizou-se uma vazão de $10,836 m^3/dia-1$ de efluente, obtida a partir da quantidade diária de leite produzido na propriedade, que é de 3500 litros. Também foi considerada a densidade do leite, que varia de 1,028 a 1,032 kg (CETESB, 1990), o valor adotado para os cálculos foi de 1,032 kg (limite superior) por critérios de segurança do sistema. A vazão de efluentes gerada diariamente está associada ao fato de que 1 litro de leite gera, em média, 3 litros de efluentes (CETESB, 2006). Para construção do tanque adotou-se valores de declividade de 1%, condutividade hidráulica do substrato de $0,05 m/s$ e a porosidade do substrato de 0,4, valores recomendados pela literatura. O meio suporte proposto para o sistema foi a brita zero. A escolha do substrato geralmente é feita com base nas condições hidráulicas e da sua eficiência para fixação de bactérias, além da característica de dificuldade ao entupimento, o que influencia no bom desempenho do sistema.

A área superficial foi determinada em função de pretensão de remoção da matéria orgânica, expressa em valores da DBO afluente e efluente, da constante cinética a $20^\circ C$, da porosidade do substrato e da profundidade do leito. Como o SAC é projetado para um caso real e o laticínio ainda não está em funcionamento, foram utilizados valores referenciados na literatura. A DBO de efluentes de laticínios é, em média, $1500 mg / L-1$ (USP, s.d), que neste caso é vazão afluente, ou seja, o efluente bruto quando chega ao sistema de tratamento. Para vazão efluente (efluente pós-tratado), projetou-se remoção de 75% (valor conservador), para a segurança do sistema, partindo do princípio de que a quantidade mínima de remoção de DBO necessária para o lançamento em corpos hídricos é de 75%, de acordo com o COPAM/CERH-MG nº 1 de 05 de maio de 2008. A partir desses valores, encontrou-se área superficial de $70,4 m^2$, área necessária

para a implantação do *wetland* construído no local e tempo de detenção hidráulico de 0,77 dias ou 18,48 horas. Obteve-se também valores de comprimento e largura de 84,20 metros e 0,8361 metros, respectivamente. De acordo com Vymazal (2010), os sistemas *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal apresentam uma remoção média de 75% de DBO e de sólidos totais suspensos. Os principais mecanismos de remoção são adsorção e precipitação. Entretanto, para remoção de nutrientes como fósforo e nitrogênio sua eficiência é menor. Isto se dá devido à baixa nitrificação dos saturados em água. A eficiência na remoção de fósforo é 50% e na remoção de nitrogênio é 39%.

É importante ressaltar que o sistema *wetland* deve ser impermeabilizado, de modo a evitar perdas líquidas por infiltração no solo e possível contaminação do lençol freático (TONIATO, 2005). Uma das alternativas para a implantação de *wetlands* é construção em alvenaria, por possuir maior resistência.

Na Figura 4 é exibido o caminho que é percorrido pelo efluente, desde a geração até o ponto de descarte final.

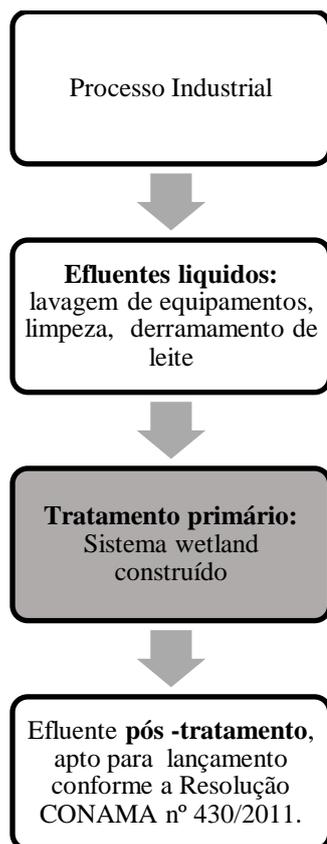


Figura 4: Representação esquemática do fluxo do efluente

Toda e qualquer instalação de tratamento de efluentes requer acompanhamento operacional constante, já que se trata de processos biológicos sensíveis a variações de diversos elementos (temperatura, DBO, entre outros). A partir do dimensionamento do tanque, torna-se necessária a instalação e posterior manutenção do sistema. Uma vez instalado, devem ser conduzidos testes de funcionamento, de modo a avaliar a eficiência do sistema. Constatada a regularidade e corrigidas eventuais falhas, o sistema estará pronto para entrar em operação.

Custos de Instalação

O custo de um *wetland* construído é considerado baixo se comparado às tecnologias de tratamento convencionais. Fatores que devem ser considerados são, por exemplo, o projeto de engenharia, o local onde será construído, o tipo de tratamento, a finalidade de tratamento, característica do substrato, o tipo de material que será utilizado, mão de obra, gestão do sistema, entre outros aspectos. O custo médio de uma construção por célula é, em média R\$ 2980,00. Os custos variam em diferentes partes do mundo, dependendo das características que o local apresenta. Os preços por m² variam regionalmente, por exemplo, podendo custar 29 dólares na Índia, ou a quantidade expressiva de 257 euros por m² na Bélgica (VYMAZAL, 2010).

Os *wetlands* construídos possuem custos de manutenção, o que inclui limpeza, colheita da vegetação, substituição de equipamentos e reparos básicos. Na Tabela 1 está apresentada a média de custo para *wetland* construído de fluxo superficial em algumas cidades do mundo. Contudo, trata-se de unidades construídas para projetos de pesquisa e não para instalações particulares, o que pode indicar preços superiores devido a estruturas para experimentação e o número de células para pesquisa (CRONK, 1996). Não há estimativas de preços para o Brasil, visto que existem poucos estudos desenvolvidos para países de clima tropical.

Tabela 1: Custos de construção de *wetlands* construídos para tratamento de águas residuárias de laticínios (valor em dólares).

Local	Custo de construção (US\$)	Custo por célula (US\$)	Custo por m ² (US\$)
Franklin, Co, AL	11490,00	2298,00	12.76
Newton, Co MI	19079,00	3180,00	93.07
Calumet, Co WI	39600,00	3300,00	230.63
Frederick, Co MD	9000,00	4500,00	8.24

Fonte - Adaptado, Cronk (1996).

CONCLUSÕES

Conclui-se que o sistema de *wetland* construído é uma alternativa viável para tratamento de efluentes do setor de laticínios que deve ser difundida, pois apresenta baixo custo de instalação e operação em comparação com os sistemas convencionais, além de eficiente na remoção de matéria orgânica. Esta última influencia diretamente na dimensão da área demandada para construção do tanque. Adicionalmente, verificou-se que há pouca informação em língua portuguesa sobre o dimensionamento de alagados construídos para clima tropical, desse modo espera-se que este artigo auxilie na difusão desta tecnologia.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S.S. Tratamento de água residuária de laticínios em sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. Viçosa: UFV, 2006. 124p. Tese Doutorado.
- VILAS BÔAS, R.B. Avaliação de sistemas alagados construídos combinados com diferentes configurações. Lavras: UFLA, 2012. 161p. Dissertação Mestrado.
- BRIÃO, V. B.; TAVARES, G. C. R. Ultrafiltração como processo de tratamento para o reuso de efluentes de laticínios. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2, 2007, p. 134-138.
- BRIX, H. Do macrophytes play a role in constructed treatment *wetlands*? Water Science and Technology, v. 35, n. 5, 1997, p. 11-17.
- CORAUCI FILHO, B.; NATALIN, O.; STEFANUTTI, R.; BROLEZE, S.T.; NOUR, E.A. A.; FIGUEIREDO, R.F. Avaliação da fase inicial das valas de filtração como método de pós-tratamento de efluentes anaeróbios. In: CHERNICHARO, C. A. L. (Org.). Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. 2001.
- CRONK, J. K. Constructed *wetlands* to treat wastewater from dairy and swine operations: a review. Agriculture Ecosystems & Environment, v. 58, 1996, p. 97-114.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- ESTEVES, F.A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826 p.
- GUERRA, M.G.; GALVÃO JÚNIOR, J.G.B.; RANGEL, A.H.N.; ARAÚJO, V.M.; GUILHERMINO, M.M.; NOVAES, L.P. Disponibilidade e qualidade da água na produção de leite. Acta Veterinaria Brasilica, v.5, n.3, 2011, p.230-235.
- KADLEC, R.H. Comparison of free water and horizontal subsurface treatment *wetlands*. Ecological Engineering, v. 35, 2009, p.159-174.
- MAGANHA, M. F. B. Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos (Série P + L). São Paulo: CETESB, 2006. 89p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 24 out. 2014.
- MAVIOSO, J.F. Tratamento de águas residuais através de Leitões de Macrófitas. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2010. 84p. Dissertação Mestrado.

- OLIVEIRA, J.M.S.C. Diagnóstico e otimização do tratamento de águas residuais em leitos de macrófitas. Porto: Universidade do Porto, 2007. 179p. Dissertação Mestrado.
- ORMONDE, V.S.S. Avaliação de 'wetlands' construídos no póstratamento. Cuiabá: UFMT, 2012. 96p. Dissertação Mestrado.
- PELISSARI, C. Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando *wetlands* construídos de escoamento subsuperficial. Santa Maria: UFSM, 2013. 147p. Dissertação Mestrado.
- SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. Utilização de sistemas de *wetlands* construídas para tratamento de águas. 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/12/sistema-wetlands.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2014.
- SILVA, S.C. "Wetlands Construídos" de fluxo superficial com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos. Brasília: UnB, 2007. 205p. Tese Doutorado.
- TONIATO, J.V. Avaliação de um *wetland* construído no tratamento de efluentes sépticos – estudo de caso ilha grande, Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: FioCruz, 2005. 95p. Dissertação Mestrado.
- TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- UEDA, A. C.; MAGANHINI, M. B. Gestão de Recursos Hídricos Estudo de Caso: Laticínio do Colégio Agrícola Estadual Manoel Ribas'. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013, Salvador. Anais..., CBGA, 2013.
- VYMAZAL, J. Constructed *Wetlands* for Wastewater Treatment. Water, República Checa, 2010, p. 530-549.