



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

EFICIÊNCIA NO POLIMENTO DO EFLUENTE DE VINÍCOLA UTILIZANDO O SISTEMA DE “WETLAND” CONSTRUÍDO

Odorico Konrad¹, Marluce Lumi², Fábio Júnior Secchi², Débora T. Brietzke², Luis F. Salviato²

RESUMO

Os efluentes da indústria vinícola contém considerável carga de poluentes, criando a necessidade de seu tratamento para que possa ser lançado em corpo receptor com padrões exigidos pelas legislações pertinentes, proporcionando a qualidade e proteção dos recursos hídricos envolvidos no sistema. O sol e o vento, elementos naturais, pode ser uma opção interessante para o polimento de efluentes, pois através da ação de plantas aquáticas e microrganismos, é realizada a fitorremediação, a qual é capaz de remover parte dos contaminantes ainda encontrados em efluentes tratados. O presente trabalho objetiva avaliar o comportamento de um sistema composto por filtros com macrófitas (*wetlands* construídos) como polimento do efluente oriundo de uma ETE em uma indústria vinícola localizada na região da Serra Gaúcha do estado do Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos mostraram excelentes taxas de remoção nos parâmetros (DBO, C, N, P, pH, sólidos totais, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, condutividade), dando uma boa confiabilidade para lançar os efluentes de acordo com a legislação vigente, mostrando também que o sistema de *wetlands* construídos pode ser uma resposta positiva para o polimento de efluentes.

Palavras-chave: *wetlands* construídos; efluente vinícola; polimento de efluente.

EFFICIENCY IN EFFLUENT POLISHING THE WINERY OF USING THE SYSTEM WETLAND CONSTRUCTED

ABSTRACT

The wine industry effluent contains considerable load of pollutants, creating the need of treatment before it can be released in the receiving body with standards required by the relevant legislation, providing the quality and protection of water resources involved in the system. The sun and wind, natural elements, can be an interesting option for effluent polishing, because through the action of aquatic plants and microorganisms, is held phytoremediation, which is able to remove some of the contaminants still found in treated effluent. This study to evaluate the behavior of a system composed of filters with macrophytes (constructed wetlands) as polishing the effluent coming from a WWTP in a wine industry located in the Serra Gaucha state of Rio Grande do Sul. The results showed excellent removal rates in parameters (DBO, C, N, P, pH, total solids, dissolved oxygen, temperature, turbidity, conductivity), giving a good reliability to launch effluents in accordance with current legislation, showing that the system of wetlands constructed can be a positive response to effluent polishing.

Keywords: constructed wetlands; winery effluent, effluent polishing.

Trabalho recebido em 21/03/2012 e aceito para publicação em 19/05/2013.

¹ Doutor em Engenharia Ambiental e Sanitária. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário, Lajeado/RS, 95900-000. E-mail: okonrad@univates.br;

² Graduando(a) em Engenharia Ambiental. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIVATES - Rua Avelino Tallini, 171 - Bairro Universitário, Lajeado/RS, 95900-000.

1. INTRODUÇÃO

No segmento da vitivinicultura nacional, destacam-se as regiões da Serra e do Sudeste do Rio Grande do Sul, a Serra de Santa Catarina, o Vale de São Francisco em Pernambuco, além de importantes localidades produtoras nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Com base no mercado de vitivinicultura brasileira a produção ainda tem um longo caminho a percorrer. A viticultura brasileira apresentou uma evolução muito grande nos últimos 50 anos, diversificando em cultivares e em sistemas de produção. Técnicas modernas de diagnose e monitoramento nutricional, sistemas de irrigação e fertirrigação, sistemas de monitoramento e controle sanitário foram incorporados aos sistemas de produção das diferentes regiões em maior ou menor grau (CAMARGO, TONIETTO, HOFFMANN, 2012). As indústrias necessitam constantemente de tecnologias e produtos que agradem seus públicos e consumidores, portanto, é fundamental que órgãos de pesquisa, associações e produtores se juntem em busca de objetivos.

Devido ao crescimento da produção de vinhos, espumantes e seus derivados, as questões ambientais são essenciais nos aspectos de valorização e competitividade. Alteração no processo de fabricação,

recuperação de subproduto e destino correto para os efluentes, são medidas que podem ser adotadas pelas empresas. Dentro dessas medidas é fundamental a implantação de uma estação de tratamento eficiente para que remova cargas orgânicas e minimize os custos de operação (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Os efluentes oriundos de vinícolas são os principais responsáveis pela poluição dos cursos d'água próximos das adegas. A composição destes efluentes caracteriza-se por apresentar grandes flutuações sazonais de volume e composição. Por serem mais poluentes que a dos efluentes domésticos, inviabiliza-se a hipótese de encaminhar para as estações de tratamento municipais, sob o risco de provocar o mau funcionamento destas (VIEIRA, 2009).

Os resíduos gerados pelo processo de produção do vinho são: sólidos orgânicos, provenientes da própria uva, sólidos inorgânicos, emissões gasosas e efluentes advindos da atividade produtiva. O teor de matéria orgânica do efluente de vinícola é composto principalmente por água, alcoóis, açúcares solúveis, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos e aromáticos, entre outros, sendo que o teor de fósforo é normalmente baixo em comparação com outros efluentes, que

variam de 2 a 20 mg/L (ARIENZO, QUAYLE, CHRISTEN, 2009).

Os principais efeitos causados pela poluição e contaminação dos recursos hídricos pelos efluentes de vinícolas são a destruição da fauna e da flora aquática, a redução da qualidade da água usada pela população nas mais diversas atividades, redução do potencial hidráulico, perigo à saúde pública, resultando no aumento das doenças veiculadas pela água. Portanto, é fundamental um tratamento adequado desses efluentes para que os mesmos tenham parâmetros ideais quando despejados em cursos hídricos (COSTA *et al.*, 2003).

A atividade de fabricação de vinhos é considerada como potencial poluidor alto, devido à complexidade para a gestão dos resíduos e tratamento dos efluentes líquidos e resíduos sólidos (CONSEMA, 2005). No contexto atual, as indústrias de vinícola precisam de licenciamento ambiental e de uso dos sistemas de gestão, visto que estes empreendimentos devem investir em tecnologias para minimizar os impactos ambientais provocados pela produção. No entanto, as vinícolas cada vez mais procuram exercer o conceito de sustentabilidade, para que o consumidor nacional e internacional garanta sua permanência no mercado.

Nesse sentido, surgem técnicas no tratamento de efluentes das vinícolas conhecidas por *wetlands* construídos, que consiste em células impermeabilizantes ocupado com substrato filtrante e plantas aquáticas fixadas. Tem como princípio básico a formação de biofilme sobre o substrato e as raízes das plantas, servindo de meio filtrante para a imobilização de microrganismos no sistema (SEZERINO *et al.*, 2007). Este sistema tem o potencial de remover contaminantes e matéria orgânica, além de reciclar os nutrientes e diminuir os microrganismos patogênicos presentes nos efluentes. Dentre os numerosos mecanismos que causam essa remoção, destacam-se a decantação (efeito peneira causado pelo biofilme microbiano aderido às raízes e ao substrato), o predatismo, a competição entre outros microrganismos e eventuais transformações e assimilações produzidas pelas plantas através de suas raízes (COSTA *et al.*, 2003).

O tratamento do efluente gerado no processo de fabricação do vinho é muito importante para a qualidade dos recursos hídricos que recebem esses efluentes. Para isso são implantados e analisados os sistemas de tratamento de efluentes líquidos. A aplicação de *wetland* construído no tratamento terciário ou também chamado de polimento é usado em efluentes da viticultura, pois possuem compostos residuais responsáveis pela

poluição das águas (RODRIGUES *et al.*, 2004).

O tratamento de efluentes em vinícolas tem se caracterizado por processos físico-químicos, que demandam o uso de produtos químicos e altos gastos para a redução das cargas orgânicas (GALLINA, 2010). Diante disto, é fundamental utilizar processos de tratamento baseados nos sistemas naturais por possuírem vantagens em relação aos convencionais como pouca manutenção, fácil operação e baixo custo de implantação e operação (COLLAÇO; ROSTON, 2006).

Os sistemas naturais requerem a mesma quantidade de energia para degradar certa quantidade de poluente, porém vale-se de fontes de energia renováveis, como radiação solar, energia cinética do vento e energia da água de chuva, da água superficial e da água subterrânea (KADLEC; WALLACE, 2009).

Este trabalho foi realizado em uma vinícola localizada na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul e teve como objetivo avaliar o comportamento de um *wetland* construído no tratamento terciário de efluentes, de modo a melhorar a qualidade do efluente após o processo de tratamento por lagoa aerada seguida por um decantador. Além do objetivo citado, os

resultados de diversos parâmetros foram comparados com os da Resolução CONAMA nº 430 de 2011 e Resolução CONSEMA nº 128 de 2006.

2 MATERIAL E METODOS

A vinícola em estudo se localiza na Serra Gaúcha, onde foram efetuadas visitas periódicas à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), procurando manter uma periodicidade mensal. Durante as visitas foram coletadas amostras para análises dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura (°C), Turbidez (NTU), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Condutividade Elétrica e Sólidos Totais (ST).

A vinícola utiliza água na lavagem de pisos, máquinas e equipamentos. Boa parte dessa água utilizada torna-se contaminada por resíduos contidos no processo industrial, dando origem ao efluente. O sistema de tratamento de efluente apresenta cinco processos, compreendendo: gradeamento, tanque de tratamento primário, lagoa de aeração, tanque decantador e *wetland* construído. A chegada do efluente na estação de tratamento possui características diferenciais a cada atividade desenvolvida na indústria, ou seja, o efluente de entrada

pode não ser o mesmo efluente de saída do *wetland*.

O abastecimento do *wetland* em estudo (figura 1) ocorre diariamente através de sistema de batelada e durante o período de avaliação, a vazão média foi de 10 m³/dia. O sistema de tratamento terciário é do tipo subsuperficial, com fluxo horizontal, vegetada com taboa (*Typha domingensis*) e copo de leite (*Zantedeschia Aethiopica*). Possui área de 300 m² e dimensionamento

de 25 metros de comprimento com 12 metros de largura. A célula foi impermeabilizada com geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e ocupada com camada suporte de 0,20 metros de espessura de rachão, uma segunda camada de 0,20 metros de brita n° 04, uma terceira de 0,10 metros de brita n° 03 e com cobertura de 0,10 metros de areia grossa, onde as plantas estão fixadas, totalizando 0,60 metros de profundidade.



Figura 1 - *Wetland* construído na vinícola em estudo.

Os resultados das análises foram estudados e confrontados com os resultados desejáveis e dispostos nas legislações. O efluente, obrigatoriamente, deveria atingir o padrão de lançamento para corpos receptores de classe 2. No entanto, as amostras foram coletadas em dois pontos, sendo que o primeiro ponto de

coleta foi na saída do decantador, onde é possível visualizar as características do efluente de entrada do *wetland*. O segundo ponto de coleta corresponde à saída do sistema, em que se pôde caracterizar e avaliar o efluente após o polimento final.

As análises do efluente coletado foram realizadas no Laboratório de

Sistemas de Tratamento de Águas e Efluentes do curso de Engenharia Ambiental da UNIVATES. Os equipamentos e métodos utilizados estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Lista com os parâmetros realizados e seus respectivos métodos ou modelos de equipamentos.

PARÂMETRO	EQUIPAMENTO	MÉTODO/MODELO
DBO	Oxítóp	Modelo IS 6, TWT
Nitrogênio	Digestor e Destilador	Método PHA/AWWA
Fósforo	Espectrofotômetro	Método 4500-B.5 e E
Temperatura	Termômetro	Imersão de Mercúrio
pH	pHmetro	Modelo DM-2P da Digimed
OD	Oxímetro	Modelo dig. MO-910 Instrutherm
Turbidez	Turbidímetro	Modelo DM TU da Digimed
Condutividade	Condutivímetro	Modelo W12D da Bel
Sólidos Totais	Estufa	Método AOAC, 1995

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados obtidos foi possível analisar e comprovar a eficiência inicial do tratamento dos efluentes com relação ao polimento final, através da tecnologia de *wetland* construído.

Os resultados das análises de efluente estão apresentados na Tabela 2 de acordo com o período de monitoramento realizado, sendo relacionados com a Resolução CONAMA nº 430 de 2011 e Resolução CONSEMA nº 128 de 2006.

Tabela 2 - Resultados das análises obtidos durante o período de monitoramento.

		PARÂMETROS								
		*DBO ₅ (mg/L)	**N (mg/L)	**P (mg/L)	*T (°C)	*pH	**OD (mg/L)	**Turbidez (UNT)	Conduti- vidade	ST (%)
16/10/2012	Entrada	25	-	-	20,5	7,93	4,8	81,8	1579	0,13
	Saída	20	-	-	26	8,03	7,6	16,02	510	0,05
22/11/2012	Entrada	100	92,7	0,58	25,5	7,99	3,2	71,2	1717	0,14
	Saída	30	2,6	0,26	23,5	7,9	4,69	11,2	1595	0,12
19/12/2012	Entrada	10	4,16	0,33	30	7,68	5,89	45,4	1552	0,13
	Saída	2	2,08	0,13	25,5	7,2	6,12	2,44	1532	0,12
6/2/2013	Entrada	75	30,56	0,503	25	7,76	3,9	71,4	1542	0,13
	Saída	25	5	0,066	23	7,48	6,3	1,56	1439	0,1
21/2/2013	Entrada	130	22,23	1,419	24,5	7,53	3,9	872	1726	0,19
	Saída	10	2,22	0,069	24	7,26	5,5	2,41	1589	0,15
Legislação		<120	<20	<4	<40	5 - 9	>5	<100	-	-

*Resolução CONAMA nº 430 de 2011. **Resolução CONSEMA nº 128 de 2006.

As análises de nitrogênio e fósforo não foram feitas na primeira campanha de coletas, o que não implica na análise dos resultados, pois estes foram analisados estatisticamente. Os dados como podem ser observados não são uniformes, isso porque a indústria vinícola trabalha em períodos sazonais, o que ocasiona alteração na característica do efluente. Observa-se que alguns parâmetros foram melhorando gradativamente, por consequência da adaptação das macrófitas ao efluente.

O sistema de *wetland* construído apresentou eficiência em termos de DBO₅, enquadrando-se nos padrões de lançamento da legislação. Segundo o decreto, para o lançamento de efluente é permitido limite máximo de 120 mg DBO₅/L. Observa-se que no dia 21 ocorreu uma situação pontual, em que o valor de entrada (130 mg DBO₅/L) não se enquadrava na legislação, porém o valor foi reduzido a 10 mg DBO₅/L após o processo de polimento, obtendo uma remoção significativa.

Com base nos resultados, também foi possível avaliar a eficiência do *wetland* na remoção do nitrogênio, apresentando eficiência média de 90,28 % e taxa média de 3,27 mg/L de nitrogênio em cada amostra coletada após o tratamento. Observa-se que este parâmetro na entrada do *wetland* não estava de acordo com a legislação, o que ocorreu após o polimento.

O resultado obtido é consequência da boa fixação biológica do nitrogênio ocorrida no sistema, o qual estimula os ciclos biogeoquímicos que ocorrem no *wetland* construído (KADLEC; WALLACE, 2009).

A quantidade de fósforo presente no efluente deve ser inferior a 4 mg/L, conforme resolução da Consema nº 128 de 2006. Em comparação a este valor, o efluente em estudo obteve 67,55% de remoção deste parâmetro e taxa média de 0,15 mg/L nas amostras coletadas após o polimento. Portanto, entende-se que a boa remoção deste parâmetro seja devido à utilização do fósforo por vegetais e microrganismos, além de processos de troca entre a camada de água e o substrato que são mantidos no sistema, e ainda, por causa da sedimentação, adsorção e precipitação (REDDY; D'ANGELO, 1997).

As temperaturas foram analisadas *in situ* e mostraram pequenas variações entre cada período de coleta. As variações ocorreram de maneira natural, já que o sistema é aberto à atmosfera e exposto às mudanças climáticas que ocorreram no ambiente, entretanto, nunca ultrapassaram o valor de 40°C, sendo que a temperatura média na saída do *wetland* foi de 24,4°C. Conforme Demin; Dudeney (2003) e Katayon *et al.* (2008), faixas de temperatura entre 16,5 e 32°C favorecem o

processo de nitrificação em *wetlands* construídos.

Os valores de pH obtidos durante o acompanhamento estão presente na tabela 2 e segundo a legislação vigente, a faixa de pH correta para o efluente ser lançado em recurso hídrico deve compreender entre 5 à 9. De acordo com as análises, nenhum valor apresentou condições inadequadas para o lançamento nos recursos hídricos, além de que, após o tratamento no sistema de *wetland* os valores apresentaram similaridade em todos os períodos, tendo como menor valor 7,20 e maior 8,0. Grandes variações nesse parâmetro podem dificultar a eficiência de remoção de outros parâmetros, como por exemplo, a desnitrificação, nitrificação e degradação da matéria orgânica (EPA EUA, 1975; VYMAZAL; KRÖPFELOVÁ, 1999).

Quanto ao Oxigênio Dissolvido, a oxidação da matéria orgânica é dependente da entrada de oxigênio no ambiente de digestão, porém existe a ocorrência da difusão de O₂ da atmosfera na superfície da água exposta, e este fenômeno pode limitar a atividade das bactérias a uma atividade mais superficial (LANZARIN, 2012). De acordo com os resultados obtidos, as atividades das bactérias aeróbias mostraram eficiência, porém, um dos resultados ficou abaixo do permitido pela

legislação, isto devido à mudança nas características do efluente de entrada.

Os resultados de turbidez ficaram nitidamente favoráveis ao longo do tratamento, com percentual médio de 92,24% de redução após passar pelo processo de filtração com plantas.

A condutividade elétrica está diretamente relacionada com a presença de sólidos dissolvidos no efluente. Alguns estudos reportam um aumento ou pouca diferença nos valores de saída da condutividade elétrica frente aos valores de entrada. Este fator se relaciona pela assimilação de sais dissolvidos pelas plantas, influência da evapotranspiração que concentra o efluente no sistema ou pela diluição frente à grande quantidade de chuvas. Neste sentido, os resultados obtidos mostraram a variação de remoção com base no índice de sólidos totais. A média das taxas de remoção de condutividade e sólidos totais foi, respectivamente, 7,24% e 16,53%. A satisfatória remoção de sólidos totais se deve a efetividade do material filtrante no processo de filtração e ao sistema hidráulico de fluxo horizontal.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos durante o período de amostragem conjuntamente com estudos reportados da literatura,

mostram que o efluente tratado no polimento final através do *wetland* construído, enquadrando-se aos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes, pois todos os parâmetros apresentaram redução, destacando-se DBO, Nitrogênio e O.D, pois os mesmos não se encontravam dentro dos padrões exigidos para lançamento de acordo com a legislação. Nesse sentido, conclui-se que o processo de tratamento de efluentes finalizado com polimento através de *wetland* construído, é uma alternativa para o tratamento e remoção de poluentes oriundos de efluentes de vinícola. Para melhor avaliação da eficiência de remoção dos parâmetros deve ser feito um estudo aprofundado, com baterias de amostragens diárias a cada 15 dias.

5 REFERÊNCIAS

- ARIENZO, M.; CHRISTEN, E. W.; QUAYLE, W. C. Phytotoxicity testing of winery wastewater for constructed wetland treatment. **Journal of Hazardous Materials**, Austrália, p. 94-99, 2009.
- BRASIL. Resolução (2011). Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 18 dez. 2012.
- BRASIL. Resolução (2005). Resolução COSEMA nº 128, de 24 de novembro de 2006. **Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/resolucao_consema_n_128_06.pdf>. Acesso em 20 dez. 2012.
- CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. **Progressos na Viticultura Brasileira**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v33nspe1/a17v33nspe1.pdf>>. Acesso em 28 nov. 2012.
- COLLAÇO, A. B. de; ROSTON, D. M.; O uso de pneus picados como meio suporte de leitos cultivados para o tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.3, n.1, p. 021-023, 2006.
- COSTA, L. L.; CEBALLOS, B. S. O.; MEIRA, C. M. B. S.; CAVALCANTI, M. L. F. Eficiência de *Wetlands* construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.3, p. 104-112, 2003.
- DEMIN, O.A., DUDENEY, A.W.L. Nitrification in Constructed Wetlands Treating Ochreous Mine Water. **A Technical Article Published in Mine Water and the Environment IMWA Springer-Verlag**, pp. 15-21, 2003.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA. Process Design Manual for Nitrogen Control. **Office of Technology Transfer**, Washington, DC, 1975.
- GALLINA, P. R. Cálculo de evapotranspiração através do sistema de *wetlands*: estudo de caso vinícola Gheller de Guaporé – RS. 2010. **TCC (Graduação)** – Faculdade de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências

- Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Univates, 2010.
- KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment Wetlands**. 2^a ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- KATAYON, Z, S.; FIONA, M.J.M.M. NOOR; HALIM, G.A.; AHMAD, J.. Treatment of mil domestic wastewater using subsurface constructed wetlands in Malaysia. **International Journal of Environmental Studies**, 65 (1), pp. 87–102, 2008.
- LANZARIN, D.R.A. Otimização e avaliação da eficiência do tratamento de efluentes de vinícola. **Tese (Graduação)** – Faculdade de Engenharia Ambiental, Centri de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário Univates, 2012.
- REDDY, K.R.; D'ANGELO, E.M. Biogeochemical indicators to evaluate pollutant removal efficiency in constructed wetlands, **Water Science Technology**, London, v. 35, n. 5, p. 1 - 10, 1997.
- RODRIGUES, A. C.; MOREIRA, P.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVEIRA, J. M.; MELO, L.; BRITO, A. G. Tratamento de efluentes líquidos na indústria alimentar: o caso dos setores vinícola e cervejeiro. Seminário de Engenharia Ambiental e dos recursos naturais. Novos Desafios para o Século XXI, 2, Vila Real, 2004 - "2.º Seminário de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais: novos desafios para o século XXI". Vila Real : UTAD, 2004.
- SEZERINO, P. H.; OLIJNYK, D. P.; BENTO, A. P.; PANCERI, B.; PHILIPPI, L. S. Tratamento de efluente doméstico combinado com efluente agroindustrial utilizando filtro plantado com macrófitas -constructed wetlands. **Evidência** (UNOESC), v. 6, p. 229-236, 2007.
- VIEIRA, R. M. G. Contribuição para o tratamento de efluentes da indústria de vinícola. Lisboa: FCT, Universidade Nova de Lisboa, p, 15. 2009. **Tese Mestrado**. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/3351/1/Vieira_2010.pdf>. Acesso em 22 nov. 2012.
- VYMAZAL, J.; KRÖPFELOVÁ, L. Is concentration of dissolved oxygen a good indicator of processes in filtration beds of horizontal-flow constructed wetlands? J. Vymazal (Ed.), Wastewater Treatment, Plant Dynamics and Management in Constructed and Natural Wetlands, **Springer Science + Business Media B.V**, pp. 311–317, 2008.