

WETLANDS CONSTRUÍDOS HORIZONTAIS APLICADOS NO TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE ESGOTOS

HORIZONTAL CONSTRUCTED WETLANDS APPLIED ON DECENTRALIZED WASTEWATER TREATMENT

Pablo Heleno Sezerino*

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
pablo.sezerino@ufsc.br

Mayara Oliveira dos Santos

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
mayolivs@hotmail.com

Catiane Pelissari

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
catianebti@gmail.com

Giovanna Sánchez Celis

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
giova.sanchez1611@gmail.com

Luiz Sérgio Philippi

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
l.philippi@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é destacar a aplicação dos *wetlands* construídos horizontais (WCH) empregados no tratamento descentralizado de esgotos. A manutenção da vida útil dos WCH está condicionada à remoção de material grosseiro, gorduras e sólidos em suspensão presentes no afluente, sendo assim, há necessidade de utilização de unidades de tratamento primário a montante, tais como os decanto-digestores tipo tanque séptico (TS). Quatro diferentes sistemas de tratamento compostos por TS seguidos de WCH foram analisados. O Sistema 1 (WCH com 6 m² de área) foi construído em 2011 e foi empregado para o tratamento dos efluentes gerados numa residência com quatro pessoas. O Sistema 2 (WCH com 10 m² de área) foi construído em 2002 e foi empregado para o tratamento dos efluentes gerados numa residência com 5 pessoas. O Sistema 3 (WCH com 50 m² de área) foi construído em 2001 e o Sistema 4 (WCH com 72 m² de área) foi construído em 2002, ambos os Sistemas 3 e 4 foram empregados para o tratamento de efluentes gerados em empreendimentos com características de pousada. O monitoramento dos quatro sistemas deu-se por meio de análises físico-químicas e bacteriológicas, sendo realizado durante períodos de 1 ano e meio, 5 anos, 8 anos e 1 ano para os Sistemas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Os WCH apresentaram eficiência compatível com o tratamento secundário, destacando remoções de 73% a 89% para DQO

e de 80% a 90% para SS, apresentando-se, portanto, como alternativa de grande potencial para a promoção da descentralização do tratamento de esgotos, atuando tanto em nível unifamiliar como coletivo.

Palavras-chave: Tratamento descentralizado de esgotos. *Wetlands* construídos horizontais. Unifamiliar. Coletividade. Desempenho.

Abstract

The objective of this study is to highlight the application of horizontal constructed wetlands (WCH) employed in the decentralized sewage treatment. The service life of WCH is conditioned upon the removal of coarse material, fats and suspended solids present in the affluent, therefore, no need for use of primary care units upstream, such as decant-digesters type septic tank (TS). Four different treatment systems composed of TS followed by WCH were analyzed. System 1 (WCH 6 m²) was built in 2011 and was employed for the treatment of effluents generated in a house with four people. System 2 (WC with 10m² area) was built in 2002 and was employed for the treatment of effluents generated in a residence with 5 people. System 3 (WCH with an area of 50m²) was built in 2001 and the System 4 (WCH 72 m²) was built in 2002, both systems 3 and 4 were used for the treatment of effluents generated in enterprises with hostel features. The monitoring of four systems took place by means of physical-chemical and bacteriological analyzes being carried out during periods of 1 year and half, 5 years, 8 years and 1 year for systems 1, 2, 3, and 4, respectively. The WCH presented compatible efficiency of secondary treatment, pointing out removals from 73% to 89% for COD, and 80% to 90% for the SS, presenting thus as great potential alternative to promote decentralization of the sewage treatment, acting both in detached and collectively.

Keywords: Decentralized wastewater treatment. Horizontal constructed *Wetlands*. Single Family. Collectivity. Performance.

1 Introdução

Apesar das melhorias observadas atualmente com relação ao acesso aos sistemas de esgotamento sanitário no Brasil, ainda há muito a evoluir para se atingir a universalização. O tratamento descentralizado de esgotos torna-se imperativo para o atendimento desta universalização, dado as características das cidades brasileiras e, sobretudo, as comunidades isoladas e rurais.

Dentre os benefícios básicos do saneamento descentralizado, Massoud, Tarhini e Nasr (2009) atribuem à redução, ou a não utilização de água potável como meio de transporte dos efluentes, reduzindo assim a pressão sobre a escassez dos recursos hídricos, possibilidade de execução em etapas de acordo com o investimento financeiro, disponibilidade de muitas tecnologias flexíveis às diversas situações, além de promover a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

Na última década diferentes sistemas de tratamento vêm sendo empregados, destacando-se os *wetlands* construídos (WC). Os *wetlands* construídos são capazes de promover a depuração de águas residuárias de maneira simples e economicamente atrativa, através de uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos que incluem sedimentação, precipitação, adsorção às

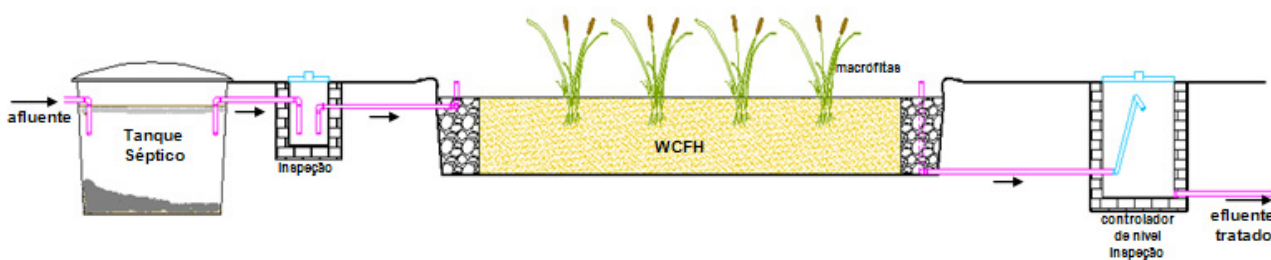
partículas do material filtrante, assimilação pelos tecidos das plantas e transformações microbiológicas (VYMAZAL; KROPFELOVÁ, 2008).

Dentre as possibilidades de arranjos e modalidades de WC, os *wetlands* construídos horizontais (WCH) são os mais utilizados no contexto da descentralização dos sistemas de tratamento de esgotos.

Os diferentes elementos atuantes no processo de tratamento nos WCH, tais como os critérios de dimensionamento e operação (carga orgânica, taxa hidráulica e regime de alimentação), a composição do material filtrante e as macrófitas empregadas, possuem particularidades vinculadas à localidade do estudo e/ou aplicação da unidade de tratamento.

A manutenção da vida útil do WCH está condicionada à remoção de material grosseiro, gorduras e sólidos em suspensão presentes no afluente, sendo assim, há necessidade de utilização de unidades de tratamento primário a montante dos *wetlands*. Emprega-se, na maioria das vezes, decanto-digestores tipo tanque séptico (TS) como unidades de tratamento primário, sendo, portanto, o efluente líquido desta unidade direcionado para o módulo de *wetland* (Figura 1).

Figura 1 – Representação da sequência de tratamento composto por TS seguido de WCH



Fonte: Sezerino et al. (2014)

Diante disso, o objetivo deste trabalho é destacar a aplicação de *wetlands* construídos horizontais empregados no pós-tratamento de tanque séptico e submetidos a diferentes demandas de tratamento descentralizado de esgotos, tais como efluentes gerados em residências unifamiliares e em empreendimentos coletivos com características de pousada.

2 Metodologia

Quatro diferentes sistemas de tratamento descentralizado de esgotos compostos pelo arranjo tecnológico, TS como tratamento primário, seguidos de tratamento secundário empregando WCH foram monitorados, por meio de coletas e análises físico-químicas e bacteriológicas, pelos pesquisadores do Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado (GESAD), pertencentes ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O Sistema 1 foi empregado no tratamento de esgotos gerados em uma residência unifamiliar composta por quatro pessoas, no município de Santo Amaro da Imperatriz – SC e foi monitorado por 1 ano e meio (GUIMARÃES, 2013). O Sistema 2 também foi empregado no tratamento de esgotos gerados em uma residência unifamiliar, porém com cinco pessoas, no município de Florianópolis – SC, e foi monitorado por 5 anos (SEZERINO et al., 2014). Os Sistemas 3 e 4 foram empregados nos tratamentos de esgotos de empreendimentos coletivos com características de pousada gerados em Centros de Treinamento da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), sendo o Sistema 3 localizado no município de Videira – SC, com período de monitoramento de 8 anos (SEZERINO et al., 2012), e o Sistema 4 localizado no município de Tubarão – SC, com período de monitoramento de 1 ano (SEZERINO et al., 2014). A Tabela 1 e a Figura 2 descrevem e apresentam as especificações de projeto de cada sistema em estudo.

Tabela 1 – Características dos WCH estudados

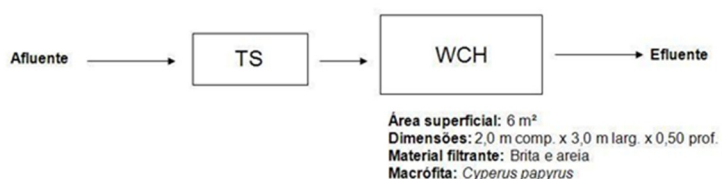
Sistema	Local	Data de implantação	Máxima Pop. atendida	Dimensões (LxCxP)*	Leito filtrante	Macrófita
1	Santo Amaro da Imperatriz – SC	2011	4 pessoas	2m x 3m x 0,5m	Brita e areia	<i>Cyperus papyrus</i>
2	Florianópolis – SC	2002	5 pessoas	2m x 5m x 0,5m	Brita e Areia	<i>Cyperus papyrus</i>
3	Videira – SC	2001	50 pessoas	5m x 10m x 0,7m	Areia grossa, saibro, argila e cascas de arroz	<i>Zizaniopsis bonariensis</i>
4	Tubarão – SC	2002	150 pessoas	6m x 12m x 0,7m	Areia grossa, saibro, argila e cascas de arroz	<i>Zizaniopsis bonariensis</i>

* Largura x Comprimento x Profundidade.

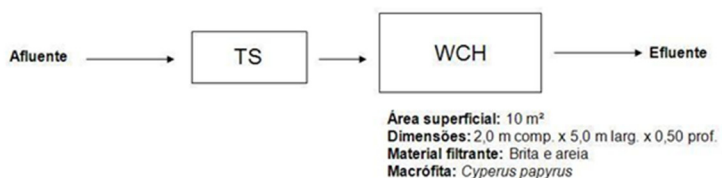
Fonte: Autoria própria (2015)

Figura 2 – Representação da configuração dos sistemas estudados. Em detalhe apresenta-se fotos dos WCH de cada sistema

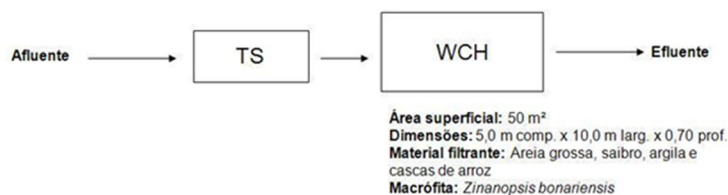
Sistema 1 – Santo Amaro da Imperatriz - SC



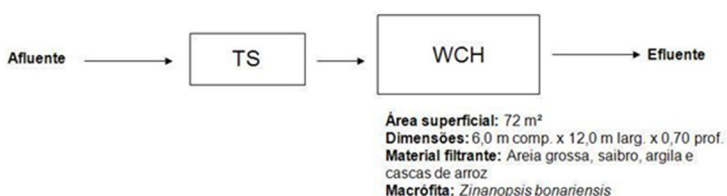
Sistema 2 – Florianópolis - SC



Sistema 3 – Videira - SC



Sistema 4 – Tubarão - SC



Fonte: Autoria própria (2015)

O monitoramento dos quatro sistemas de tratamento deu-se por meio de coletas pontuais e análises físico-químicas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998; APHA, 2005). Os parâmetros analisados foram: Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos (SS), Nitrogênio Amoniacal (N-NH₄⁺), Ortofosfato reativo (P-PO₄³⁻) e *E.coli*.

3 Resultados

Os resultados médios obtidos das amostras de entrada e saída dos *wetlands* construídos de fluxo horizontal e suas respectivas porcentagens de remoção em relação aos parâmetros são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados médios (afluente – efluente aos WCH) e desempenho de remoção (% ou log₁₀) em relação aos parâmetros analisados

Parâmetros	UNIFAMILIAR		COLETIVO	
	Sistema 1 Santo Amaro da Imperatriz/SC	Sistema 2 Florianópolis/SC	Sistema 3 Videira/SC	Sistema 4 Tubarão/SC
pH	7,4 – 7,1 (n=25)	7,6 – 7,2 (n=22)	6,3 – 6,2 (n=14)	6,3 – 6,1 (n=12)
DQO (mg/L)	505 – 88 (n=16) 83%	367 – 64 (n=22) 83%	396 – 105 (n=14) 73%	678 – 76 (n=12) 89%
SS (mg/L)	85,9 – 17,1 (n=21) 80%	115 – 11 (n=22) 90%	-	451 – 82 (12) 82%
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	93 – 72 (n=21) 23%	58 – 48 (n=20) 17%	56 – 25 (n=14) 55%	28 – 14 (n=12) 50%
P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)	35,5 – 13 (n=23) 63%	19 – 9 (n=18) 53%	27 – 11 (n=14) 59%	-
<i>E. coli</i> (log ₁₀)	5,91 – 4,75 (n=7) 1,16 log₁₀	6,81 – 4,15 (n=5) 2,66 log₁₀	5,9 – 4,5 (n=6) 1,4 log₁₀	5,78 – 2,32 (n=4) 3,46 log₁₀

n = número de amostragens.

Fonte: Autoria própria (2015)

Destaca-se que todos os WCH foram projetados para atuarem como etapas de tratamento secundário de efluente líquido pós tanque séptico. Ressalta-se, também, que os Sistemas 1 e 2 são tratamentos para unidades unifamiliares e os sistemas 3 e 4 tratam esgotos domésticos que remetem-se a cenários de pousadas, ou seja, multifamiliar.

Nota-se uma variabilidade da relação área/pessoa variando de 0,5 a 2 m²/pessoa, assim como da composição do material filtrante, dificultando, portanto, uma análise comparativa e uma tendência de padronização.

Em relação às eficiências do tratamento realizado pelos WCH, destaca-se elevada porcentagem de remoção do material carbonáceo expresso em termos de DQO, atingindo valores médios de remoção de 83%, 83%, 73% e 89% para os Sistemas 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Da mesma forma, elevadas eficiências de remoção de SS foram obtidas, apresentando médias de 80%, 90% e 82% de remoção nos Sistemas 1, 2 e 4, respectivamente. Os elevados valores médios de remoção de DQO e SS obtidos nos três *wetlands* construídos corroboram com as eficiências apresentadas na literatura especializada, destacando-se o trabalho de da Costa et al. (2013), os quais afirmam que os WCH são uma boa alternativa tecnológica para a remoção da matéria orgânica carbonácea e dos sólidos em suspensão.

Em termos de nutrientes, para N-NH₄⁺ destaca-se a eficiência dos sistemas aplicados para o cenário coletivo, sendo que o Sistema 3 apresentou uma remoção média de 55% e 50% para o Sistema 4. Dado que essa modalidade de *wetland* não é aplicada para a nitrificação, é provável que a remoção de N-NH₄⁺ possa estar associada à adsorção ao material filtrante, assimilação pelas macrófitas, bem como, assimilação microbiana (VYMAZAL, 2005).

Dado que os principais mecanismos de remoção de $P-PO_4^{3-}$ são a adsorção pelo material filtrante e assimilação pelas macrófitas e micro-organismos, e que parte da variação de remoção de $P-PO_4^{3-}$ nos WC está relacionada com o armazenamento temporário, os sistemas apresentaram remoções significativas desse íon variando de 53% a 63%, visto que os mesmos operaram a mais de 1 ano.

Ressalta-se que as vias de remoção de nutrientes em WCH são complexas e dependentes de inúmeros fatores, tais como a transferência de oxigênio para o maciço filtrante, o requerimento nutricional e o manejo das macrófitas, a capacidade de troca catiônica do material filtrante, entre outros (KADLEC; WALLACE, 2009). Destaca-se, também, que os WCH não são projetados com o intuito de maximizar os mecanismos de remoção e/ou transformação de nutrientes presentes nos esgotos afluentes.

Observou-se baixa remoção de organismos patogênicos em todos os sistemas, tendo uma variação de 1,16 a 3,46 \log_{10} removidos. A eficiência desses sistemas na remoção de organismos patogênicos está diretamente associada às condições climáticas, sedimentação, filtração e predação, bem como o tempo de retenção (IWA, 2000). No entanto, o efluente final dos Sistemas 1, 3 e 4 são infiltrados no solo, e o efluente do Sistema 2 passa por uma desinfecção por pastilhas de cloro sendo disposto em rede de drenagem pluvial.

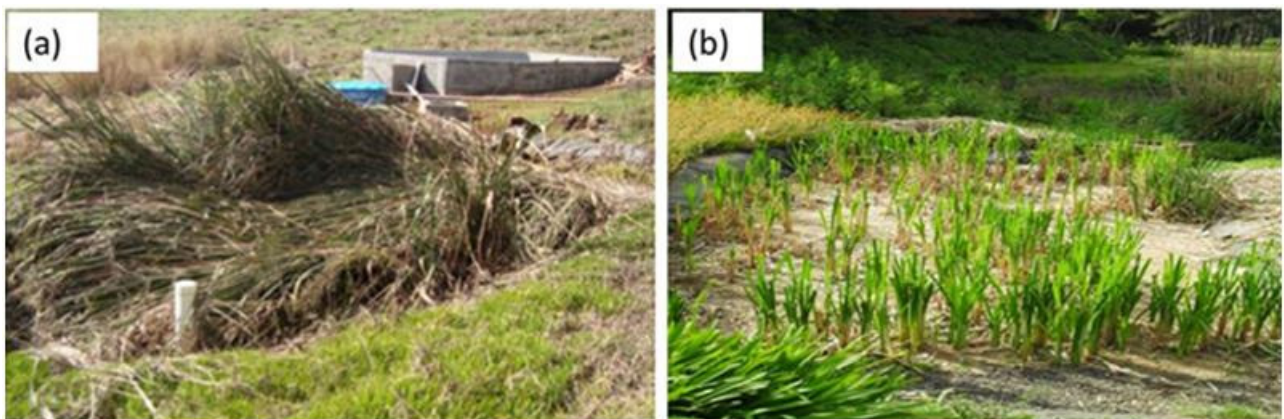
Após quatro anos de operação do Sistema 2 e oito anos de operação do Sistema 3, o material filtrante de ambos os sistemas apresentaram redução da condutividade hidráulica, produzindo área de empoçamento no filtro indicando o início do fenômeno de colmatação, havendo, portanto, a necessidade da retirada do leito filtrante e sua troca (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Fotos do fenômeno de colmatção no WCH do Sistema 2. (a) empoçamento no leito filtrante; (b) remoção manual do material; (c) características do material colmatado; (d) reposição de novo material filtrante



Fonte: Sezerino et al. (2014)

Figura 4 – Fotos do fenômeno de colmatção no WCH do Sistema 3. (a) WCH colmatado; (b) WCH após troca do material filtrante



Fonte: Autorial Própria (2009)

4 Conclusões

As principais conclusões que podem ser elencadas a partir da experiência obtida com o monitoramento dos WCH empregados no tratamento complementar de efluente de tanque séptico, são:

- a) os WCH apresentaram eficiência compatível com o tratamento secundário, destacando uma remoção de 73% a 89% para DQO e de 80% a 90% para SS;
- b) a remoção de nutrientes pode ser considerada satisfatória no Sistema 3 (WCH com relação de 1m²/pessoa), onde obteve-se remoção de 55% de NH₄⁺ e 59% de P-PO₄³⁻;
- c) considerando o parâmetro *E.coli* há que se ter uma etapa de desinfecção pós o WCH para o lançamento do efluente final em corpo hídrico e/ou rede de drenagem pluvial, a fim de que se atendam os limites estabelecidos para as classes de usos mais restritivas;
- d) a colmatação do material filtrante é um fenômeno praticamente inevitável. Há que se propor estratégias para o prolongamento da vida útil do *wetland*, bem como dispor de serviços locais para a retirada e disposição adequada do material retirado do sistema;
- e) o requerimento operacional para manutenção das unidades de tratamento pode ser considerado baixo, relacionando-se, principalmente, com a retirada de lodo de TS conforme previsão de projeto, bem como a poda regular das macrófitas e a retirada de plantas indesejadas.

Por fim, conclui-se que a tecnologia dos WCH pós TS apresenta-se como uma alternativa de grande potencial para a promoção da descentralização do tratamento de esgotos, atuando tanto em nível unifamiliar como coletivo.

Referências

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. APHA, Washington, 1998.

_____. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. APHA, Washington, 2005.

COSTA, J.C. da; PAOLI, A. C. de; SEIDL, M., SPERLING, M. von. Performance and behaviour of planted and unplanted units of a horizontal subsurface flow constructed wetland system treating municipal effluent from a UASB reactor. **Water Science and Technology**, v. 68, n.7, p. 1495 – 1502, 2013.

GUIMARÃES, T. M. V. **A Comportamento de filtro plantado horizontal (*wetlands* construídos) no tratamento de esgoto unifamiliar**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

International Water Association (IWA). **Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation**. **Scientific and Technical Report**, n. 8. London, England: IWA Publishing. 2000, 156 p.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S.D. **Treatment wetlands**. Boca Raton: CRC, Press 2. ed, 2009, 1016p.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 652-659, 2009.

SEZERINO, P. H.; BENTO, A. P.; PELISSARI, C.; SUNTTI, C., TREIN, C. M.; SCARATTI, D.; MAGRI, M. E.; PHILLIPI, L. S. Two different layouts of constructed wetlands applied as decentralized wastewater treatment in Southern Brazil. In: 13° INTERNATIONAL CONFERENCE WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 2012, Perth. **Anais...** Perth: IWA, 2012.

SEZERINO, P. H.; TREIN, C. M.; PELISSARI, C.; BENTO, A. P.; PHILLIPI, L. S. *Wetlands* construídos empregados no tratamento descentralizado de esgotos. In: XVIII EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 2014, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ASSEMAE, 2014.

VYMAZAL, J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. **Ecological Engineering**. p. 13, 2005.

VYMAZAL, J; KROPFLOVÁ, L. **Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow**. Berlin, Alemanha: Springer, 2008, 566 p. Series of Environmental Pollution, v. 14.