

Construção e avaliação de uma estação de tratamento de efluentes em escala de bancada

Eniz Conceição Oliveira¹

Sandro Marmitt²

Lucas Schmidt³

Daniel Neutzling Lehm⁴

Resumo

O presente trabalho teve como proposta a construção e a avaliação de uma estação de tratamento de efluentes em escala de bancada que utilizasse apenas processos físicos, de modo que sua transposição para uma escala maior não acarretasse custos elevados. A avaliação da eficiência do tratamento foi feita através de medidas de parâmetros físico-químicos e análise de metais que foram comparados com os estabelecidos pela Legislação. Verificou-se que a estação de tratamento proposta mostrou-se eficiente na redução dos parâmetros estudados, indicando a viabilidade de sua construção em escala piloto.

Palavras-chave: Efluente. Estação de tratamento. Tratamento físico.

Abstract

The present paper proposed the building and the evaluation of a small scale effluent treatment that used only physical processes, so that its transfer to a larger scale do not led to high costs. The evaluation of the efficiency was carried out through measures of physical chemical parameters and metals analysis, whose were compared with the ones established by Legislation. One verified that the treatment station proposed showed a high efficiency in the reduction of the studied parameters, indicating the viability of its building in larger scale.

Keywords: Effluent. Treatment station. Physical treatment.

1 Introdução

Atualmente, a poluição de origem orgânica e/ou inorgânica proveniente de despejos industriais e residenciais em função da ação antropogênica está entre os atuais grandes problemas que afetam o meio ambiente (AGUIAR;

NOVAES; GUARINO, 2002). Macêdo (2001) diz que, em pouco tempo, a maioria das regiões metropolitanas serão atingidas pelo desabastecimento de água em função da poluição hídrica, da falta de planejamento e do desperdício.

¹ Doutora em Química Ambiental Professora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE), UNIVATES Lajeado – RS. E-mail: eniz28@yahoo.com.br

² Químico Industrial, UNIVATES

³ Químico Industrial, UNIVATES

⁴ Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, Professor da UNIVATES

Artigo recebido em 1º/09/09 e aceito em 08/05/2010.

Cirilo (2008) cita que grandes obras hídras de transporte de água foram concluídas, estão em construção ou foram projetadas para abastecer as cidades do semi-árido e dar suporte às atividades produtivas nos últimos anos. Um exemplo disto é o Canal da Integração, no Ceará, destinado a conduzir água desde o reservatório de Castanhão, o maior do Nordeste fora da bacia do Rio São Francisco (capacidade de 6,7 bilhões de metros cúbicos) até a região de Fortaleza, ao longo de 225 quilômetros. Outro exemplo é a rede de 500 quilômetros de adutoras do Rio Grande do Norte.

Porém deve-se levar em consideração a distância dos domicílios em relação à fonte de abastecimento que condiciona, portanto, a possibilidade de sua ligação através de ramais secundários, sendo uma variável importante para a garantia da qualidade do serviço (BARCELLOS, 1998).

Toda a população produz tanto resíduos sólidos e líquidos quanto gasosos. O resíduo líquido, efluente, é essencialmente o suprimento de água da população após ter sido usada em uma variedade de aplicações. Do ponto de vista da fonte de geração, entende-se por efluente uma combinação de líquidos ou resíduos carregados pela água provenientes de residências, instituições, estabelecimentos comerciais e industriais (METCALF; EDDY, 2003).

A introdução de poluentes no meio aquático acarreta diversos efeitos, os quais estão diretamente relacionados à natureza do poluente, ao caminho que este percorre e ao uso que se faz do corpo d'água. A classificação destes poluentes pode ser feita de acordo com a sua natureza, sendo eles: poluentes orgânicos biodegradáveis, poluentes orgânicos recalcitrantes ou refratários, poluentes inorgânicos, metais, nutrientes e sólidos suspensos e sedimentáveis (BRAGA, 2004).

A maioria dos elementos químicos, em concentrações não nocivas, está envolvida em ciclos fechados da natureza (JESUS, 2004), e muitos metais, tais como Al, Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Se, Cr, Sr, Sn, V, Si, Ni, Li, em concentração traço, são considerados impres-

cindíveis para o funcionamento correto dos microrganismos. Alguns outros como Na, K, Ca e Mg são de extrema importância para o funcionamento celular, onde se encontram em altas concentrações (BENITE; MACHADO; BARREIRO, 2007).

A atividade de uma substância tóxica está associada a sua concentração, independentemente do mecanismo de intoxicação. Entretanto, a falta ou excesso de algumas substâncias, como metais e nutrientes, pode levar a distúrbios no organismo e, em casos extremos, à morte. Sendo assim, quando presentes em uma elevada quantidade, estes elementos acabam se tornando deletérios (AGUIAR, NOVAES e GUARINO, 2002; PEREIRA, 2002; VIRGA, GERALDO e SANTOS, 2007).

Os processos físicos, químicos e biológicos são responsáveis por controlar a distribuição dos elementos e compostos químicos presentes no ambiente aquático, seja suas concentrações na coluna d'água, nos sólidos suspensos ou nos sedimentos (SANTOS, 2006).

Existem inúmeras maneiras de se tratar os mais diversos tipos de efluentes, sendo elas divididas em três principais classes: tratamento físico, tratamento biológico e tratamento físico-químico. O tratamento físico visa, em geral, à separação ou transição de fases do poluente. A presença de microrganismos e sua atuação sob a carga orgânica dos efluentes é nomeada tratamento biológico, podendo ser de caráter aeróbio ou anaeróbio. Por outro lado, o tratamento físico-químico é representado pela adição de substâncias químicas reativas que atuam tanto sob a carga orgânica quanto inorgânica do efluente, visando a sua estabilização e/ou remoção (OLIVEIRA, 2006). Além destes, ainda podem ser citados os tratamentos avançados, como processos oxidativos (SILVA, 2008). Estes diferentes métodos de tratamento podem ser utilizados em conjunto ou separadamente, dependendo dos parâmetros finais que se deseja obter em relação ao efluente a ser descartado e/ou reutilizado.

Apesar de o tratamento físico simplesmente transferir ou separar a fase poluente

ou contaminante, é amplamente utilizado na remediação de efluentes, sendo um método relativamente barato e de certo modo eficiente na remoção de determinados parâmetros como: sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, óleos e graxas, demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Em relação ao desempenho de uma estação de tratamento, a confiabilidade está relacionada às concentrações esperadas no efluente para cumprir os padrões de lançamento. Ou seja, se não houver parâmetros com valores acima dos limites preconizados pela legislação, diz-se que a estação de tratamento é confiável (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2007).

Sempre se teve uma grande preocupação quanto ao lançamento de efluentes provenientes de grandes indústrias e dos possíveis impactos que estes poderiam e podem causar ao meio ambiente direta e indiretamente. Entretanto, pequenas indústrias e empresas de prestação de serviço, bem como oficinas mecânicas, também apresentam carga poluidora caracterizada principalmente pela presença de óleos e graxas e de material particulado. Se for somado o número de estabelecimentos enquadrados neste tipo de empreendimento, é possível equiparar o volume total de efluente gerado com o de grandes empresas.

Geralmente, estes estabelecimentos, por serem de pequeno porte, não possuem recursos financeiros nem grande área disponível para construir estações de tratamento robustas, porém estão sujeitos à legislação ambiental e devem respeitá-la.

O presente trabalho teve como proposta a construção e a avaliação de uma estação de tratamento de efluentes em escala de bancada que utilizasse apenas processos físicos, de modo que sua transposição para uma escala maior não acarretasse custos elevados para posterior utilização.

2 Construção da estação de tratamento

A construção da estação de tratamento em escala experimental fundamentou-se nos

princípios de operações unitárias como sedimentação e filtração. Confeccionou-se a estação em material de vidro nas dimensões 300 mm x 100 mm x 100 mm, conforme ilustrado na figura 1. Dividiu-se a mesma em três compartimentos espaçados igualmente, sendo que do primeiro para o segundo compartimento, deixou-se um orifício de dimensões 10 mm x 10 mm na parte superior para a passagem do efluente. Já do segundo compartimento para o terceiro, fez-se uma fenda de 100 mm x 10 mm.

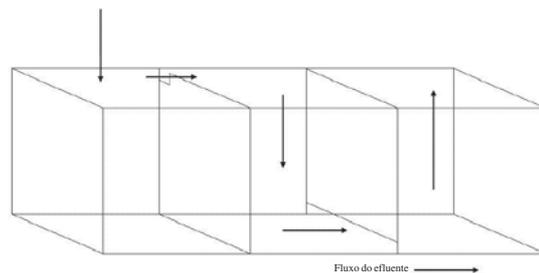


Figura 1 – Esquema representativo da estação de tratamento em escala de bancada

O primeiro compartimento (tanque de sedimentação), onde ocorre a admissão do efluente, é responsável pela sedimentação dos sólidos sedimentáveis e o segundo compartimento (tanque de filtração) pela filtração do efluente, onde ocorre a remoção dos sólidos suspensos, além da retenção do material flutuante. No terceiro compartimento, armazena-se o efluente tratado até seu transbordamento para o local de descarte.

O filtro de areia é composto de uma camada inferior de 10 mm com de britas tamanho nº 1 e de uma camada superior de areia de granulação média de 0,7 mm.

Efetuuou-se a admissão do efluente a uma vazão média de 7 mL s^{-1} com tempo de detenção total máximo de 7 horas.

3 Amostragem

Coletaram-se seis diferentes amostras de efluente bruto, tomadas em um mesmo ponto/local em uma oficina mecânica localizada no município de Lajeado no Rio Grande do Sul,

durante o período de maio a junho de 2008 (três coletas em maio e três em junho).

As alíquotas para análise de metais pesados foram coletadas em recipientes de polipropileno previamente lavados com solução de HNO₃ 50% aquecida durante 2 horas para remoção de traços de metais.

As amostras para a DQO foram coletadas com em frasco escuro e adicionadas de preservante (5 mL de ácido sulfúrico em água (3:1 v/v) em cada frasco de 1 L. Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração a 4° C até o momento das análises.

4 Análises físico-químicas

Com a finalidade de controlar e verificar a eficiência do processo para se tratar o efluente bruto proveniente de uma oficina mecânica, optou-se por realizar as seguintes análises físico-químicas: pH, condutividade elétrica, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, DQO, óleos e graxas e varredura de absorvância no visível.

As medidas de pH foram feitas através do aparelho pHmetro digital Digimed DM-20 e as medidas de condutividade através de condutímetro OAKTON® CON5 Acron Series.

Os sólidos sedimentáveis foram determinados por sedimentação em Cone de Imhoff. As determinações de sólidos totais foram realizadas por evaporação em estufa a 105° C e posterior pesagem em balança analítica. Já para os óleos e graxas, procedeu-se com extração por soxhlet e posterior pesagem em balança analítica.

Para a quantificação da DQO, utilizou-se o método de refluxo aberto proposto pelo Standard Methods (2005). As varreduras de absorvância foram acompanhadas através de um espectrofotômetro Perkin Elmer Lambda 25.

5 Análises de metais

Escolheu-se, como metodologia para abertura das amostras, a digestão ácida (3030E) indicada pelo Standard Methods (2005). As medidas de Fe, Al, Zn, Cr, Cu e

Ni foram feitas através de espectrometria de absorção atômica em chama em espectrômetro Perkin Elmer Analyst 100.

Todas as análises foram realizadas em triplicata e foram comparadas com os valores estabelecidos pela Resolução CONSEMA N° 128/2006, que dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

A Resolução CONSEMA N° 129/2006 fixa critérios e padrões de emissão relativos à toxicidade de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais.

6 Resultados e discussão

Os valores encontrados para o parâmetro pH, antes e após tratamento (tabela 1), não tiveram variações significativas, conforme o padrão exigido por legislação está entre 6,0 e 8,5, indicando a conformidade para lançamento.

A análise de condutividade elétrica pode ser correlacionada indiretamente à quantidade de sólidos dissolvidos presentes no efluente, tornando-se uma rápida forma qualitativa de análise (METCALF e EDDY, 2003). Conforme se pode perceber na tabela 2, houve uma diminuição representativa na condutividade elétrica da solução após o tratamento, o que fornece indícios da relativa eficiência do processo na remoção de alguns sólidos dissolvidos.

Quanto à remoção de sólidos sedimentáveis através do método de sedimentação gravitacional (tabela 3), verificou-se remoção total (100%) dos mesmos, considerando a metodologia empregada. Sendo assim, há indicação de uma excelente redução dos sólidos sedimentáveis através do uso da estação de tratamento proposta. Este valor também se encontra em total conformidade com o exigido por legislação, pois o valor exigido é de no máximo 1 mL L⁻¹.

O mesmo se aplica à remoção de sólidos totais, verificando-se uma redução média de

Tabela 1 – Medidas de pH para as diferentes amostras de efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	pH efluente inicial $\pm \sigma$	pH efluente final $\pm \sigma$
1	6,63 \pm 0,08	6,58 \pm 0,04
2	6,52 \pm 0,06	6,44 \pm 0,06
3	7,16 \pm 0,04	7,04 \pm 0,03
4	6,61 \pm 0,07	6,53 \pm 0,04
5	6,43 \pm 0,05	6,32 \pm 0,08
6	6,89 \pm 0,06	6,67 \pm 0,07

 σ = desvio padrão

Tabela 2 – Medidas experimentais para a condutividade elétrica do efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	Condutividade inicial ($\mu\text{S m}^{-1}$) $\pm \sigma$	Condutividade final ($\mu\text{S m}^{-1}$) $\pm \sigma$
1	176,4 \pm 2,4	145,8 \pm 1,9
2	169,3 \pm 2,2	131,7 \pm 1,8
3	184,2 \pm 2,3	157,1 \pm 2,1
4	172,3 \pm 2,1	149,8 \pm 2,0
5	159,1 \pm 2,0	128,4 \pm 2,0
6	181,7 \pm 2,0	152,3 \pm 2,0

Tabela 3 – Dados obtidos na determinação de sólidos sedimentáveis do efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	Sólidos sedimentáveis inicial (mL L^{-1}) $\pm \sigma$	Sólidos sedimentáveis final (mL L^{-1})
1	7,2 \pm 0,1	Nd
2	6,6 \pm 0,1	Nd
3	8,0 \pm 0,1	Nd
4	7,0 \pm 0,1	Nd
5	5,5 \pm 0,1	Nd
6	7,6 \pm 0,1	Nd

nd = não detectável pelo método

92% (tabela 4). Assim, confirma-se a eficácia do tanque de sedimentação por gravidade e do filtro de areia na remoção dos sólidos totais (sedimentáveis, suspensos e dissolvidos).

Outro parâmetro muito importante a ser determinado para este tipo de efluente é a

quantidade de óleos e graxas, uma fonte altamente poluidora. Segundo a legislação vigente, o valor máximo para descarte de efluente deve ser de 10 mg L⁻¹. Através dos resultados apresentados na tabela 5, observou-se uma redução de 100% na quantidade de óleos e

Tabela 4 – Tabela representativa dos valores obtidos na determinação de sólidos totais para o efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	Sólidos totais inicial (mg L ⁻¹) ± σ	Sólidos totais final (mg L ⁻¹) ± σ
1	766,5 ± 3,3	63,5 ± 0,4
2	698,1 ± 1,4	57,2 ± 0,3
3	850,0 ± 2,8	75,3 ± 0,4
4	754,5 ± 2,1	60,1 ± 0,4
5	581,5 ± 2,1	52,5 ± 0,3
6	840,4 ± 1,4	71,6 ± 0,3

Tabela 5 – Resultados experimentais obtidos para o parâmetro óleos e graxas para o efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	Óleos e graxas inicial (mg L ⁻¹) ± σ	Óleos e graxas final (mg L ⁻¹) ± σ
1	627,5 ± 0,8	Nd
2	609,2 ± 0,9	Nd
3	694,3 ± 0,9	Nd
4	618,7 ± 0,8	Nd
5	586,5 ± 0,7	Nd
6	639,6 ± 0,8	Nd

graxas, novamente mostrando a eficiência do processo.

Neste caso, também se observou visualmente a retenção dos óleos e graxas e do material flotante no segundo compartimento (tanque de filtração).

Para verificar a quantidade total de matéria passível de oxidação, utilizou-se o método de demanda química de oxigênio, a qual, segundo a legislação vigente, deve-se apresentar igual ou infe-

rior a 450 mg O₂ L⁻¹, considerando-se uma fonte poluidora com vazão menor ou igual a 20 m³ dia⁻¹.

Verificando-se a tabela 6, vê-se uma redução acentuada nos valores de DQO, o que indica grande remoção da quantidade de matéria orgânica e inorgânica oxidáveis do efluente após o processo de tratamento. A média de redução para a DQO apresentou-se em torno de 73%.

Analisando-se a figura 2, pode-se verificar a expressiva redução de 46% da absor-

Tabela 6 – Valores de DQO obtidos para o efluente inicial (bruto) e final (tratado) no período de maio a junho de 2008

Amostra	DQO inicial (mg O ₂ L ⁻¹) ± σ	DQO final (mg O ₂ L ⁻¹) ± σ
1	1123,6 ± 2,9	315,5 ± 1,2
2	1066,9 ± 2,8	295,7 ± 2,1
3	1232,8 ± 2,8	331,2 ± 1,8
4	1097,3 ± 2,9	307,4 ± 1,6
5	1048,8 ± 2,9	257,6 ± 1,9
6	1180,4 ± 2,6	322,1 ± 2,1

bância (coloração) após o tratamento proposto. Esta técnica pode ser utilizada como uma análise qualitativa que correlaciona a quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos na solução. Ou seja, pode-se inferir que ocorreu a diminuição destes parâmetros, o que também se pode confirmar através dos resultados obtidos anteriormente em outras análises.

Esta análise também é uma maneira de medir a coloração apresentada pela solução, utilizando-se a faixa de comprimentos de onda do visível, localizada entre 400 e 800 nm, mostrando, assim, sua redução.

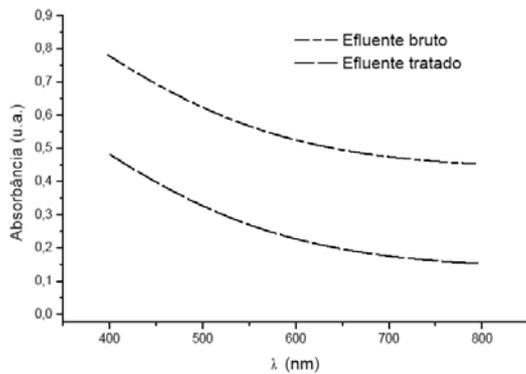


Figura 2 – Varredura de absorvância do efluente na faixa do visível antes e após tratamento

Para a quantificação dos metais analisados, construíram-se curvas de calibração para cada metal, utilizando-se diferentes soluções padrões. As concentrações estavam na faixa de 1 a 8 mg L⁻¹ para o ferro; de 5 a 10 mg L⁻¹ para o alumínio; de 0,25 a 2 mg L⁻¹ para o

zinco; de 0,5 a 4 mg L⁻¹ para o cromo; de 0,5 a 4 mg L⁻¹ para o cobre e de 1 a 8 mg L⁻¹ para o níquel. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) encontrados para os diferentes metais foram, respectivamente, 0,01 e 0,12 mg L⁻¹ para o Fe; 0,05 e 0,15 mg L⁻¹ para o Al; 0,002 e 0,006 mg L⁻¹ para o Zn; 0,008 e 0,024 mg L⁻¹ para o Cr; 0,03 e 0,09 mg L⁻¹ para o Cu e 0,01 e 0,12 mg L⁻¹ para o Ni.

Todas as amostras de efluente analisado apresentaram, antes e após tratamento, níveis de Fe, Al, Zn, Cr, Cu e Ni abaixo dos exigidos pela Legislação, não demonstrando necessidade de tratamento químico para sua remoção (tabela 7). Além disso, verificou-se que houve significativa redução da maioria dos metais após os tratamentos físicos propostos, o que evidencia que a estação de tratamento pode ser utilizada para contenção destes. A redução dos metais no efluente deve-se a sua adsorção nos filtros, sugerindo estudos posteriores para a sua remoção.

7 Conclusão

O pH apresentado pelo efluente antes e após tratamento não apresentou variações significativas. Já para as medidas de condutividade, verificou-se que esta relacionou-se com a concentração de sólidos totais, quando a concentração de sólidos diminuiu, a condutividade também diminuiu, indicando a remoção de partículas com carga superficial. A condutividade encontrou-se na ordem de grandeza de microSiemens por metro (µS.m⁻¹).

Tabela 7 – Valores em mg L⁻¹ das medidas dos diferentes metais presentes no efluente inicial (bruto) e final (tratado) para as três coletas de junho

Metal	Concentração (mg L ⁻¹)					
	1		2		3	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Fe	26,02 ± 0,051	7,24 ± 0,032	24,09 ± 0,042	7,38 ± 0,041	25,13 ± 0,050	7,18 ± 0,033
Al	12,20 ± 0,034	0,491 ± 0,004	15,21 ± 0,040	0,530 ± 0,005	13,28 ± 0,033	0,508 ± 0,005
Zn	1,62 ± 0,02	0,26 ± 0,02	1,93 ± 0,02	0,24 ± 0,01	1,96 ± 0,03	0,30 ± 0,02
Cr	0,032 ± 0,002	nd	0,035 ± 0,002	nd	0,036 ± 0,002	nd
Cu	0,526 ± 0,001	0,103 ± 0,001	0,562 ± 0,002	0,112 ± 0,001	0,424 ± 0,001	0,084 ± 0,001
Ni	0,180 ± 0,002	0,178 ± 0,002	0,142 ± 0,001	0,141 ± 0,001	0,123 ± 0,001	0,123 ± 0,001

Houve, também, redução completa de sólidos sedimentáveis, que ficaram retidos no tanque de sedimentação.

Em relação à remoção de sólidos totais, verificou-se que a estação de tratamento proposta foi responsável pela redução média de 92% dos mesmos, indicando a eficiência de ambos os tanques de sedimentação e de filtração, que também pode ser confirmada pelas medidas de absorvância.

Para a demanda química de oxigênio (DQO), chegou-se à diminuição de 73%, indicando grande remoção da carga orgânica pela estação de tratamento, o que é muito importante para uma estação de tratamento de efluentes. O mesmo se aplica à questão dos óleos e graxas, já que houve total redução destes.

Comparando-se todos os dados obtidos experimentalmente com os padrões exigidos por legislação vigente (Resolução CONSEMA N° 128/2006) quanto ao despejo de efluentes, conclui-se que o efluente, após ter passado pelo processo de tratamento proposto, apresentou-se em total conformidade. Deste modo, verificou-se a possibilidade da construção da estação de tratamento de efluente em escala maior.

Referências

AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002.

BARCELLOS, C.; COUTINHO, K.; PINA, M. F.; MAGALHÃES, M. M. A. F.; PAOLA, J. C. M. D.; SANTOS, S. M. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de risco à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 14(3):597-605, jul-set. 1998.

BENITE, A. M. C.; MACHADO, S. P.; BARREIRO, E. J. Uma visão da química bioinorgânica medicinal. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 2062-2067, 2007.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Ed Pearson, 2004. 316 p.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados** v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br> Acesso em Maio de 2009.

CONSEMA 128. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/Resolucao128Efluentes.pdf> Acesso em 21/06/2010.

CONSEMA129. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/consema_resolucao_desc.jsp?ITEM=27- Acesso em 21/06/2010.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADA, E.. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

MACÊDO, J. A. B. **Águas e águas**. São Paulo: Ed. Varela, 2001. 505 p.

METCALF/ EDDY. **Wastewater engineering: treatment, and reuse**. 4 ed. New York: Ed. Mc Graw-Hill, 2003. 1819 p.

OLIVEIRA, J. L. **Fotodegradação de corantes têxteis e aplicação de quitosana como tratamento terciário destes efluentes**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

OLIVEIRA, S. C.; VON SPERLING, M. Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 389-388, Out./Dez. 2007.

PEREIRA, O. M. et al. Determinação dos teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em moluscos (*Crassostrea brasiliiana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 19-25, 2002.

SANTOS, D. M. et al. Avaliação de metais pesados na baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influência das atividades antrópicas. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 1, n. 2, p. 157-160. 2006.

SILVA, C. P. et al. Avaliação da degradação do corante vermelho bordeaux através de processo fotoquímico. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 73-77, Jan./Mar. 2008.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.

21 ed. Washington, D.C., APHA/AWWA/WEF, 2005. 1368 p.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siri azul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 779-785, Out./Dez. 2007.