



II-069 – TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CELULOSE E PAPEL POR REATOR (MBBR)

Suelen Cristina Vanzetto⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Milene Klenk⁽²⁾

Estudante do curso de Bacharelado e Licenciatura em Química Tecnológica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Suzamar Moura Costa Rosa⁽³⁾

Tecnóloga em Processos Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Claudia Regina Xavier⁽⁴⁾

Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Química pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Doutora em Ciências Ambientais pela Universidad de Concepción, Chile. Docente de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Sete de Setembro, 3165- Rebouças – Curitiba - PR - CEP: 80230-901 - Brasil - Tel: (41) 3310-4545 - e-mail: suelen.van@hotmail.com.

RESUMO

As indústrias de celulose são caracterizadas pelo alto consumo de água em seus processos produtivos, gerando consequentemente grandes volumes de efluentes líquidos que apresentam na maior parte de sua composição compostos lignínicos, matéria orgânica, cor e toxicidade. O efluente de celulose, quando não tratado ou tratado de forma indevida, pode comprometer a qualidade da água dos corpos receptores, por conter substâncias tóxicas à comunidade aquática. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de tratamento de efluente de celulose e papel por reator MBBR em escala de bancada, com diferentes velocidades de carga orgânica 0,2; 0,4; 1,2; 4,0; 9,0 kgDQO/L.d, através da remoção de matéria orgânica (DQO e DBO₅), compostos fenólicos, cor, compostos lignínicos e aromáticos. Quanto à biomassa foram quantificados os sólidos aderidos e em suspensão na massa líquida. O efluente analisado apresentou 48 e 94% de remoção de DQO e DBO₅ respectivamente, também houve remoção de compostos fenólicos e cor de 24 e 12% para VCO de 0,4 kgDQO/L.d, para mesma VCO a remoção de compostos lignínicos e aromáticos foi de 16 e 8,5 % respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluente, papel e celulose, reator MBBR.

INTRODUÇÃO

As indústrias de celulose kraft representa importante base para a economia brasileira devido à grande disponibilidade de recursos florestais. Com a crescente produção, faz-se necessária a utilização de volumes consideráveis de água para a lavagem das fibras gerando, consequentemente, quantidades significativas de efluentes líquidos (SIMPLICIO *et al*, 2007).

Esses efluentes apresentam altas concentrações de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), cor e toxicidade. A cor e a toxicidade resultam da presença de compostos lignínicos e seus derivados fenólicos de alto peso molecular. Quando não tratado ou tratado de forma indevida, o efluente pode comprometer a qualidade da água dos corpos receptores, por conter substâncias tóxicas à comunidade aquática (ORREGO *et al*, 2010).

As tecnologias de tratamento empregadas visam à remoção da matéria orgânica, da cor e da toxicidade presentes no efluente. Sistemas de tratamento aeróbico são eficazes na redução da matéria orgânica (DQO e DBO₅), no entanto, apresentam baixa eficiência na remoção da cor (XAVIER *et al*, 2011).



Os sistemas aeróbios evoluíram com o desenvolvimento dos sistemas de lodos ativados e filtros biológicos e um número muito grande de inovações vêm sendo propostas ao longo dos anos a fim de aperfeiçoar estes processos, reduzindo gastos com energia e consumo de oxigênio.

Uma das maiores contribuições para essa evolução foi o desenvolvimento de processos que utilizam biofilmes suportados em materiais inertes, aqui denominado Reator Biológico com Leito Móvel, usualmente conhecido como MBBR, sigla que expressa o termo inglês: *Moving Bed Biofilm Reactor* (MINEGATTI, 2008).

O desenvolvimento do processo MBBR esteve diretamente relacionado à idéia central de congregar, em um único sistema, as melhores características do processo de lodo ativado e as melhores características do processo com biofilmes, deixando de lado as características indesejáveis de cada processo (RUSTEN *et al.*, 2006).

O processo, por ser de desenvolvimento ainda recente, requer a condução de estudos de investigação que permitam a melhor compreensão da relação entre meio suporte, velocidade de carga orgânica e biomassa em suspensão e aderida.

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente utilizado para o estudo foi proveniente de uma indústria de celulose kraft (ICK) da região metropolitana de Curitiba. A indústria utiliza *Pinus taeda* e *Pinus elliotti* como matéria-prima e produz celulose kraft sem branqueamento. O efluente foi coletado antes do tratamento biológico, após o medidor de vazão (calha Parshall). O efluente foi armazenado em galões de 10L, preservado a 4 °C e na ausência de luz.

O reator MBBR foi confeccionado em acrílico, com dimensões de 23 cm de altura, 10 cm de diâmetro. O reator possuía um volume útil de 1L. Este continha *biomédias* kaldnes K3, dotados de uma área específica de 500 m²m⁻³. O percentual de ocupação das *biomédias* no reator foi de 30%.

O tratamento do efluente de ICK em MBBR foi em temperatura ambiente e o pH ajustado para 7,0 ± 0,2, foram adicionados NH₄Cl e K₂HPO₄ como fontes de nitrogênio e fósforo na razão DQO:N:P= 100:5:1. A estratégia de operação era o aumento da velocidade de carga orgânica (VCO), sendo que em 180 dias 5 velocidades foram testadas 0,2; 0,4; 1,2; 4,0; 9,0 kgDQO/L.d.

Para caracterização das amostras de efluente do reator MBBR foram avaliados parâmetros de controle: pH (afluente) e pH (efluente), tempo de detenção hidráulico (TDH), (VCO) e parâmetros de eficiência: demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO) sendo estes parâmetros analisados de acordo com Standard Methods (APHA, 1998), compostos aromáticos, compostos lignínicos, compostos fenólicos e cor (ÇEÇEN *et al.*, 2003)

A medida do pH (a) e pH (e) e (TDH), foram realizadas diariamente. As demais análises foram realizadas com o efluente filtrado em membrana de 0,45 µm, com uma freqüência de três dias por semana, sendo que a medição das análises foram feitas em triplicatas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

PARÂMETROS DE CONTROLE

Na Figura 1 (a) e (b) se apresentam os parâmetros de operação para o reator em 180 dias. Observa-se que no início da operação do reator MBBR, o tempo de detenção hidráulico não foi constante, pois o afluente tinha uma DQO muito variável. Após 40 dias de operação o TDH passou a ficar mais constante (controlado), pois a DQO afluente aplicada foi fixada para 900 – 1200 mg/L. Isto implica em aplicações de carga orgânica volumétrica (VCO) de 0,2; 0,4; 1,2; 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d.

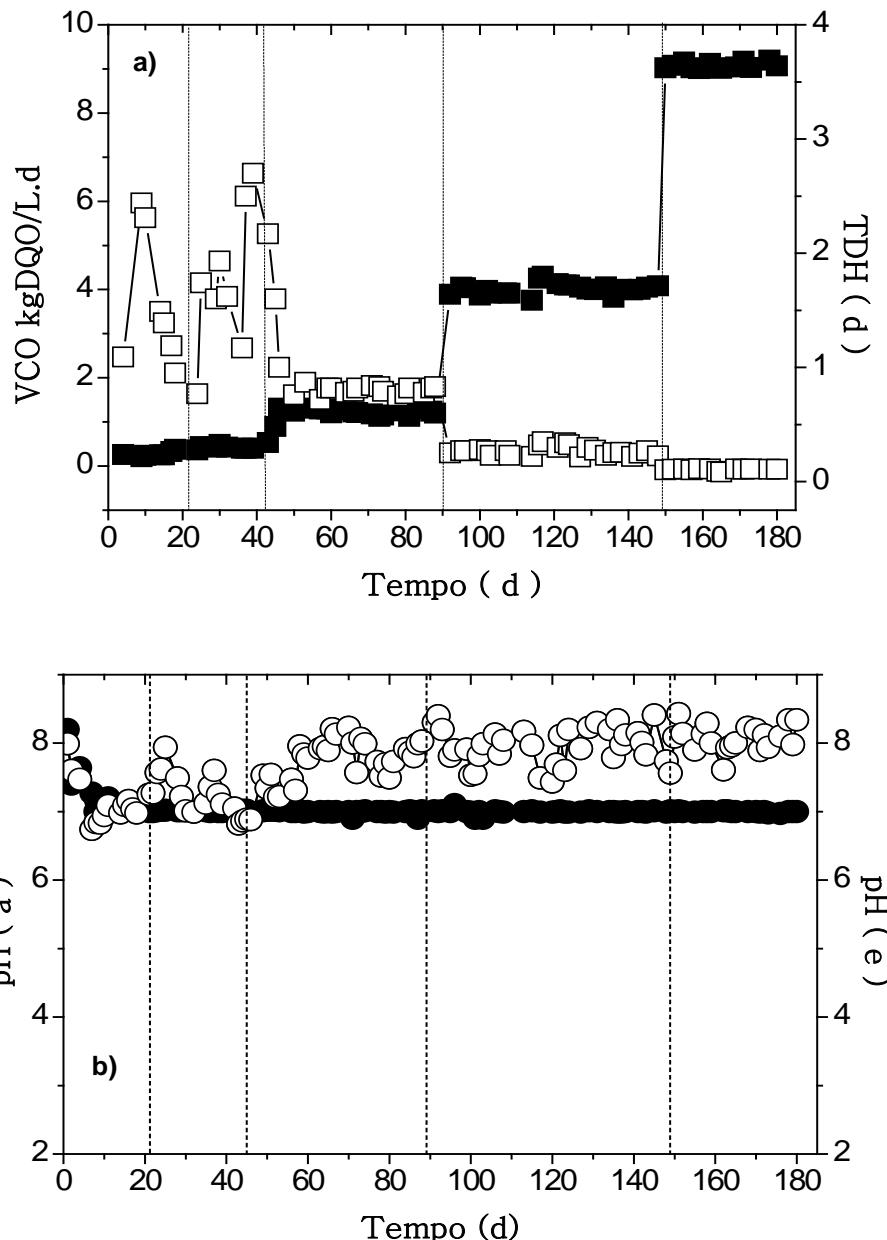


Figura 1: Parâmetros de controle do reator leito móvel: a) (◻) TDH, (■) VCO; b) (●) pH (a), (○) pH (e).

A Figura 1 (b) apresenta os valores de pH, sendo que ao longo do tempo de operação foi verificado um leve aumento do pH efluente, isso pode ser devido à formação de carbonato, por processo anaeróbio no interior da *biomedia* (VON SPERLING, 2006). A quantidade de oxigênio dissolvido no reator manteve-se entre $3,40 \pm 0,02$ mg/L.

PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA

Observa-se na Figura 2 (a) e (b), a eficiência de remoção de DQO e DBO_5 e suas respectivas VCO. Sendo que o reator mostrou-se mais eficiente para as velocidades mais baixas, 47,9% e 94,2% de remoção de DQO e DBO_5 , respectivamente para VCO de 0,4 kgDQO/L.d com tempo de TDH de 45 h. Segundo, VILLAMAR *et*

al (2009), valores parecidos de remoção de DQO e DBO_5 para efluente de celulose kraft foram encontrados de 52% e 98% respectivamente para VCO de 0,4 kgDQO/L.d em reator MBBR.

Com o aumento da VCO para 1,2 kgDQO/L.d houve uma diminuição de 12% na remoção de DQO. No entanto, o aumento da VCO não prejudicou a remoção da DBO_5 que ficou em 94,7%.

Para as maiores VCO aplicadas 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d com tempos de TDH iguais a 7h e 2h a eficiência de remoção de DQO e DBO_5 foi de $30,0 \pm 0,6\%$ e $88,0 \pm 2,0\%$ respectivamente. Demonstrando que quanto maior a VCO menor é a remoção de matéria orgânica.

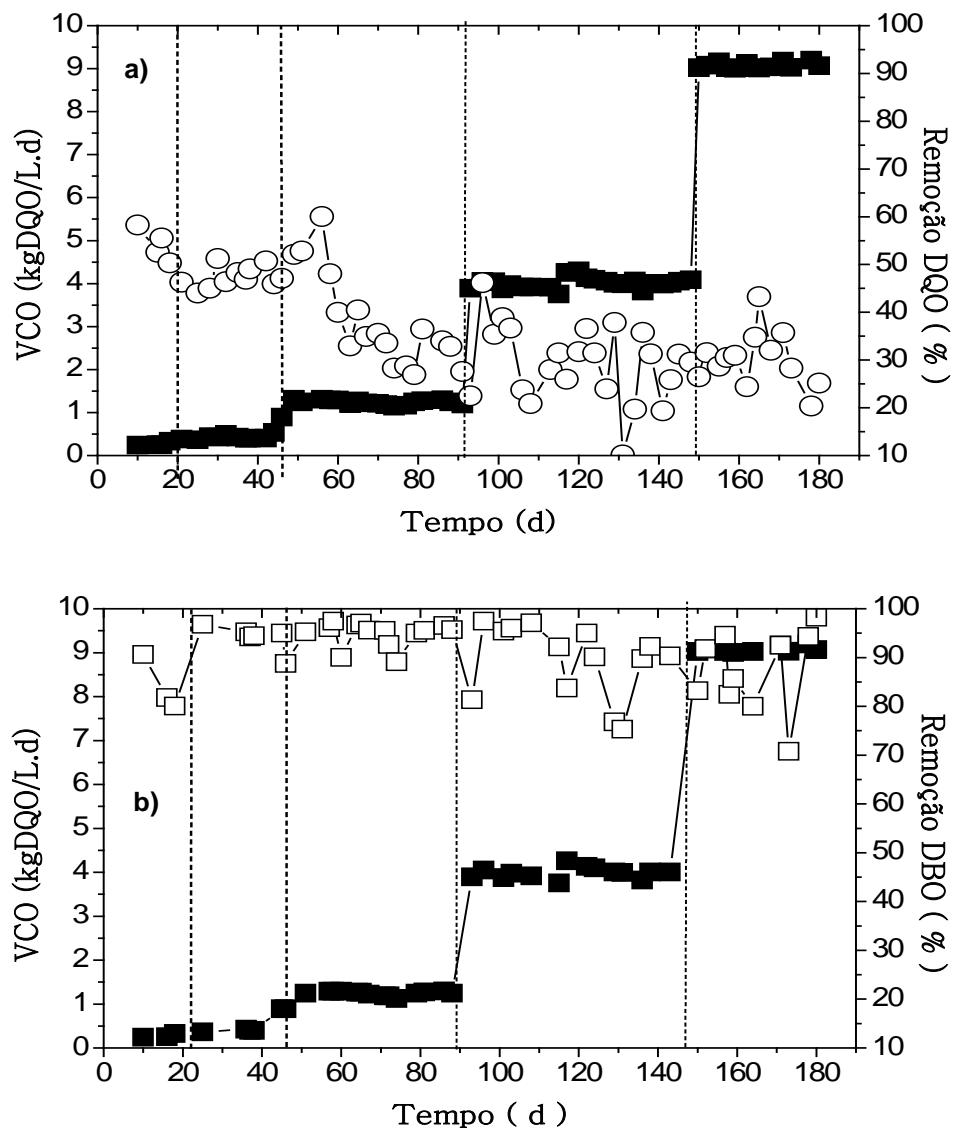


Figura 2: Parâmetros de eficiência do reator de leito móvel: a) (■) VCO, (○) remoção de DQO; b) (■) VCO, (□) remoção de DBO_5 .

A baixa eficiência de remoção de matéria orgânica do MBBR, pode estar relacionada com relação DBO_5/DQO encontrada no efluente, valor médio de 0,26. Quando a relação DBO_5/DQO de um efluente é menor que 0,3 a eficiência do tratamento biológico pode ser comprometida. Isto acontece justamente porque apenas uma parcela do material orgânico presente no efluente é biodegradável (ARAUJO, 2011).

Na Figura 3, se apresentam os gráficos de remoção de compostos específicos ao longo do tempo de operação reator MBBR.

Observa-se na Figura 3 (a), uma remoção de cor ao longo do tratamento, sendo que para menor VCO aplicada 0,2 kgDQO/L.d, a remoção foi de 24%, com o aumento da VCO a eficiência diminuiu para 17%, sendo de 7% para VCO de 4,0 kgDQO/L.d. O tratamento por MBBR apresentou remoção de cor, no entanto, tratamentos biológicos não são eficientes para remoção deste parâmetro em efluente de celulose kraft (VILLAMAR *et al*, 2009; XAVIER *et al*, 2011).

Na Figura 3 (a), também se apresentam valores de remoção para compostos fenólicos totais que foram diminuindo com o aumento da VCO, sendo que no inicio da operação foi de 12% para VCO 0,2 kgDQO/L.d atingindo valores negativos -2,83% para VCO de 4,0 kgDQO/L.d. Para maior VCO aplicada 9,0 kgDQO/L.d observou-se uma melhora na remoção de compostos fenólicos sendo de 13%.

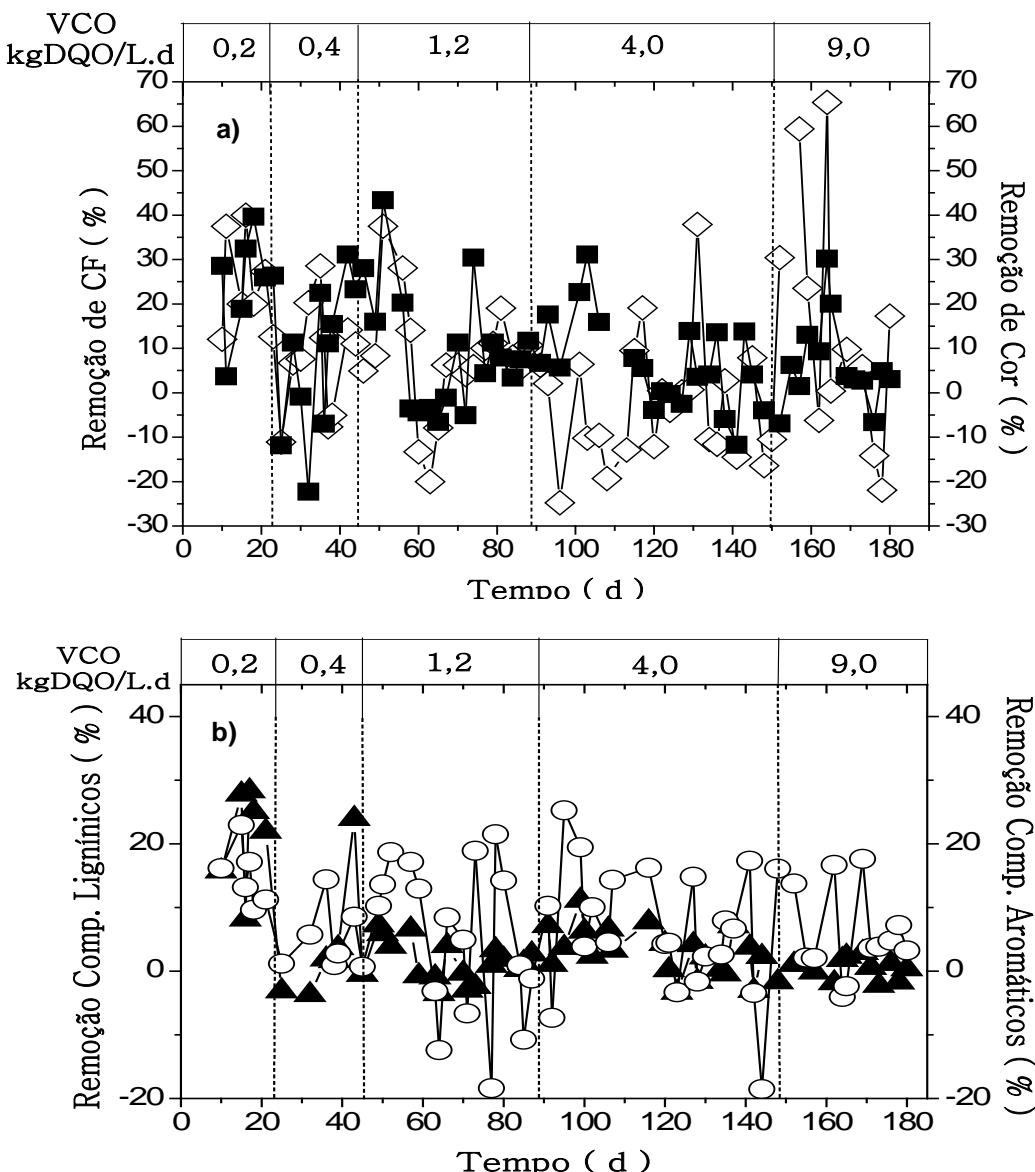


Figura 3: Eficiência do reator MBBR na remoção de compostos específicos: a) (\diamond) remoção de Comp. Fenólicos; (\blacksquare) remoção de Cor; b) (\blacktriangle) remoção Comp. Lignínicos, (\circ) remoção Comp. Aromáticos.



Em VILLAMAR *et al* (2009) encontram-se valores de remoção de compostos fenólicos entre -7,0 a 18,6% para tratamento com MBBR para VCO de 0,24 a 0,39 kgDQO/L.d. Para MBBR com VCO de 1,0 kgDQO/L.d a remoção foi de 3,6% de compostos fenólicos (CHAMORRO *et al*, 2010). Valores negativos de remoção de compostos fenólicos para lodos ativados foram encontrados em XAVIER *et al* (2009).

A Figura 3 (b) apresenta valores de remoção de compostos lignínicos e aromáticos. Sendo que para a menor VCO aplicada 0,2 kgDQO/L.d com TDH de 35 h, os valores de remoção foram 16% para compostos lignínicos e 8,5% para compostos aromáticos.

Com o aumento para VCO de 1,2 kgDQO/L.d os valores de remoção para compostos lignínicos e aromáticos diminuiu para 1,8% e 4,7% respectivamente. Para VCO aplicada de 4,0 kgDQO/L.d a eficiência de remoção foi de 2,7 % para compostos lignínicos e 7% para compostos aromáticos.

Em CHAMORRO *et al* (2010), encontram-se valores de remoção para compostos lignínicos e aromáticos de 6,7% e 0,4% para VCO de 0,2 kgDQO/L.d com TDH de 42 h, com VCO aplicada de 1,2 kgDQO/L.d, VILLAMAR *et al*, (2009), obteve valores de remoção de 32,0 % a 33,9% para compostos lignínicos.

CONCLUSÕES

A eficiência de remoção de matéria orgânica foi melhor para as velocidades mais baixas, 47,9% e 94,2% de remoção de DQO e DBO_5 , respectivamente foram obtidas para VCO de 0,4 kgDQO/L.d com tempo de TDH de 45 h.

Para as maiores VCO aplicadas 4,0 e 9,0 kgDQO/L.d com tempos de TDH iguais a 7h e 2h a eficiência de remoção de DQO e DBO_5 foi de 30% e 90% respectivamente. Demonstrando que quanto maior a VCO menor é a remoção de matéria orgânica.

O maior valor de remoção de cor e comp. fenólicos, foi de 24% e 12% respectivamente, obtidos na menor VCO aplicada 0,2 kgDQO/L.d. Para remoção de compostos lignínicos e aromáticos, as maiores eficiências de remoção também foram para VCO mais baixa 16% e 8,5%.

Com os estudos realizados se permite observar que o reator MBBR em escala de bancada, apresentou os melhores valores de remoção quando aplicadas as VCOs mais baixas de 0,2 e 0,4 kgDQO/L.d.

No entanto, a VCO 1,2 kgDQO/L.d, também apresentou valores aceitáveis de remoção de matéria orgânica (DQO e DBO_5), para um TRH de 20h. Podendo ser uma boa opção quando se tem a necessidade de um reator com menor área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA., 1998. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION in Standard Methods for the Examination Of Water And Wastewater, 19º ed., Washington: American Public Health Association.
2. ARAUJO, P. L. A.; TAVARES, G. R. C.; COSSICH, S. E., 2011. Remoção de DQO e cor de efluente da indústria de celulose e papel. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Porto Alegre/RS – Brasil.
3. ÇEÇEN, F., 2003. The use of UV-VIS measurements in the determination of biological treatability of pulp bleaching effluents. In Conference Proceedings – 7th International Water Association Symposium on Forest Industry Wastewaters, Seattle- Washington, USA.
4. CHAMORRO S.; POZO G.; JARPA M.; HERNÁNDEZ V.; BECERRA J.; VIDAL, G., 2010. Monitoring endocrine activity in kraft mill effluents treated by an Aerobic moving bed bioreactor system. Wat. Sci. Technol. 62: 157-161.
5. MINEGATTI, D. V. O., 2008. Caracterização dos Parâmetros de Controle e Avaliação de Desempenho de um Reator Biológico com Leito Móvel (MBBR). XII, 91p. COPPE/UFRJ, MSc., Engenharia Civil.



6. ORREGO, R., GUCHARDI, J., KRAUSE, R., HOLDWAY, D., 2010. Estrogenic and anti-estrogenic effects of wood extractives present in pulp and paper mill effluents on rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 99: 160–167.
7. RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGRENES, Y.; LYGREN, E., 2006. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors, *Aquacultura Enginnering*, v. 34, n. 3, pp. 322-331.
8. SIMPLÍCIO A.; AZEVEDO J. C. R.; XAVIER C., 2007. Tratabilidade aeróbica de produtos de degradação de lignina de efluentes de celulose kraft através da respirometria. In: ABTCP-Zellcheming - 40º Congresso e exposição internacional de celulose e papel, São Paulo-SP.
9. VILLAMAR C. A.; JARPA M.; DECAP J.; VIDAL G., 2009. Aerobic moving bed bioreactor performance: a comparative study of removal efficiencies of kraft mill effluents from Pinus radiata and Eucalyptus globulus as raw material. *Wat. Sci. Technol.* 59: 507-514.
10. VON SPERLING, M., 2006. Lagoas de estabilização: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. DESA-UFMG, 134p.
11. XAVIER C.R.; MOSQUERA-CORRAL A.; BECERRA J.; HERNÁNDEZ V.; VIDAL G., 2009. Activated sludge versus aerated lagoon treatment of kraft mill effluents containing β -sitosterol and stigmasterol. *J. Env. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Env. Eng.* 44: 327-335.
12. XAVIER, C.R.; OÑATE, E.; MONDACA, A. M.; CAMPOS, L. J.; VIDAL, G., 2011. Genotoxic effects of kraft pulp mill effluents treated by biological aerobic systems. *Interciencia*, 36, 412 – 416.