TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS E EFLUENTES

ESTUDO DE CASO DA TRATABILIDADE DE EFLUENTES DE POLPA CELULÓSICA TERMOMECÂNICA

Karyna da Silva Menezes[1], Daiane Cristina Diniz Caldeira[2], Jhennifer Cristina Vieira[3], Cláudio Mudadu Silva[4]

[1] Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, karyna.smenezes@gmail.com.

[2] Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, daianediniz7l@gmail.com.

[3] Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, jhennifer.vieira@ufv.br.

[4] Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, mudado@ufv.br

RESUMO

A indústria de polpa celulósica apresenta grande influência na economia mundial. Esse ramo industrial demanda um alto consumo de água, e consequentemente uma alta geração de efluentes. O presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma fábrica de polpa celulósica termomecânica (TMP) brasileira que deve, no futuro, instalar um novo processo de branqueamento e necessita de informações sobre a qualidade e tratabilidade do novo efluente a ser gerado. Avaliou-se o emprego de uma sequência de tratamentos de efluentes composta por flotação, seguida por um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) e, em série, por um processo aeróbio de lodos ativados (LA). Simulou-se em laboratório o novo processo de branqueamento composto por um estágio P (peróxido de hidrogênio) e produziu-se, o efluente futuro da fábrica. Tratou-se, em laboratório, através da sequência proposta o novo efluente. Avaliou-se o enquadramento dos efluentes tratados na legislação de lançamento de efluentes vigente DN COPAM CERH-MG 01/2008. Houve monitoramento da DQO solúvel, DBO_5, cor, pH, turbidez e condutividade elétrica no efluente da entrada e saída de cada tratamento, durante todo o experimento. Os resultados finais da sequência de tratamentos alcançaram uma eficiência de remoção de 99% de DQOs, 96% de DBO_5, 28% de cor real, 92% de SST e 98% de turbidez do efluente tratado. O emprego da sequência de tratamento do efluente futuro da fábrica avaliado se mostrou viável e suficiente para atender à legislação vigente do estado de Minas Gerais e consequentemente do Brasil para lançamento de efluente, COPAM CERH-MG 01/2008.

Palavras-chave: flotação; indústria de polpa celulósica termomecânica; lodos ativados; tratamento de efluente; UASB.

INTRODUÇÃO

A indústria de polpa celulósica representa um importante segmento na economia mundial. Demanda, no entanto, um alto consumo de água e geração de efluentes. O setor de branqueamento é o responsável pelo maior consumo de água do processo fabril de polpa celulósica branqueada (Rencken e Aartsen, 2017).

Dentre os tipos de processos de produção de polpa celulósica, destaca-se o termomecânico (TMP). A produção de polpa TMP é embasada na impregnação de vapor em toras ou cavacos de madeira antes do desfibramento, resultando em uma polpa celulósica com

maior teor de fibras, com maior comprimento e mais uniforme (Colodette e Gomes, 2015). Os efluentes de uma indústria de polpa celulósica TMP apresentam altas concentrações de demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), sólidos suspensos totais (SST), cor e toxicidade. O consumo médio de água no processo TMP varia de 10 a 30 m^3 por tonelada de polpa celulósica produzida (Navia et al., 2006; Diez et al., 2007).

Geralmente, as fábricas de polpa celulósica utilizam processos convencionais de tratamento de efluentes, ou seja, processos físicos ou físico-químicos no tratamento primário junto a processos biológicos no tratamento secundário, o que normalmente é suficiente para atender à legislação que dispõe sobre os padrões de lançamento de efluentes.

A flotação por ar dissolvido é um tipo de tratamento primário amplamente utilizado na indústria de papel para a recuperação de fibras (Jarvis et al., 2009; Brosseau et al., 2016). Atualmente, os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), é uma forma de tratamento anaeróbio largamente utilizado para águas residuárias industriais e municipais (Wang e Han, 2012). O processo de lodos ativados (LA) consiste no método aeróbio mais utilizado em indústrias de polpa celulósica no mundo (Thompson et al., 2001; Thompson e Forster, 2003; Sant'Anna Jr., 2010). Segundo Piotto (2003) os valores típicos do tratamento via lodos ativados estão na faixa de: 85 a 98% de remoção de DBO, 60 a 85% para DQO e de 85 a 90% para SST.

O presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma fábrica de polpa celulósica TMP brasileira, que deverá instalar um novo processo de branqueamento e necessita de informações sobre a qualidade e tratabilidade do novo efluente (futuro) a ser gerado.

OBJETIVOS

O estudo teve como objetivo produzir e avaliar a tratabilidade do novo efluente (efluente futuro) de uma fábrica de polpa celulósica termomecânica e o atendimento aos padrões da legislação vigente de lançamento de efluentes, DN COPAM CERH-MG 01/2008. O efluente futuro da fábrica foi gerado a partir de ensaios laboratoriais, considerando a implantação de um novo processo de branqueamento com um único estágio de peróxido de hidrogênio. Avaliou-se o emprego de uma sequência de tratamentos do efluente composta por flotação, seguida por reator anaeróbio (UASB) e, em série, por processo aeróbio de lodos ativados (LA).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Celulose e Papel (LCP) e no Laboratório de Resíduos da Indústria Florestal, pertencentes ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O efluente industrial e a polpa utilizados na condução dos experimentos provém de uma fábrica de polpa celulósica TMP brasileira. As amostras do efluente industrial foram coletadas na saída do processo produtivo, e armazenadas em câmara fria a 5ºC.

A fábrica em questão deverá adotar um novo processo de branqueamento com um estágio de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), a uma consistência de 28% de polpa, o que aumentará em 33 m^3/h sua vazão de lançamento de efluentes. A sequência de tratamento dos efluentes também será modificada. Foi realizada a simulação laboratorial do processo de branqueamento a fim de que se produzisse o efluente futuro, bem como as novas unidades de tratamento da ETE.

O processo de branqueamento consistiu em um estágio, com a adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidróxido de sódio (NaOH), silicato e EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético). Todo o efluente gerado nesse processo foi coletado e armazenado em câmara fria a 5ºC até a sua utilização.

Conforme os dados fornecidos pela empresa, gerou-se o efluente futuro (mistura do efluente industrial atual com o efluente gerado na simulação do branqueamento) numa proporção de 80,5% de efluente do branqueamento e 19,5% de efluente industrial. Para a caracterização dos três efluentes (industrial atual, branqueamento e futuro) e dos efluentes de entrada e saída de cada tratamento, foram feitas análises de DQO solúvel, DBO_5, cor real, condutividade elétrica (CE), turbidez, SST e sólidos dissolvidos totais (SDT), conforme procedimentos descritos no SMEWW (APHA/AWWA/WEF, 2012).

O sistema de tratamento do efluente futuro foi constituído por unidade de tratamento preliminar composta por peneiras, tratamento primário físico químico, flotação e tratamento secundário biológico, composto por um processo anaeróbio, reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB), seguido por um processo aeróbio de lodos ativados (LA). Houve monitoramento diário das características físico-químicas do efluente na entrada e saídas de cada unidade.

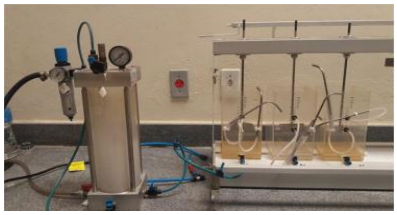
O protótipo para a flotação (Figura 1) consistiu de um Flotatest com três jarros de dois litros cada. A flotação foi realizada com uso do coagulante policloreto de alumínio (PAC) a

uma dose de 102 mg/L, valor aplicado na fábrica TMP estudada. O pH de entrada foi do próprio efluente futuro, próximo da neutralidade. O efluente foi submetido a uma etapa de coagulação, mistura rápida a 300 rpm durante 15 segundos e em seguida pela floculação, mistura lenta a 80 rpm por 8 minutos. Após esse período, injetou-se água com 20% de ar para que os flocos flutuassem. O efluente tratado foi caracterizado e seguiu para o UASB.

O protótipo construído para o tratamento biológico anaeróbio (Figura 2) consistiu em um reator de alimentação contínua com 3000 mL de volume útil, tempo de detenção hidráulico (TDH) de 18 h e vazão de 4 L/d, conforme indicado pela fábrica. O reator foi montado com um tubo PVC de 0,1 m de diâmetro, a uma altura útil de 0,4 m. Como refletores, foram utilizados bicos de garrafas plásticas de refrigerante. Foram colocadas torneiras ao longo da altura do reator para o controle do volume de lodo, a uma distância de 8 cm de cada, em direções diferentes. A relação DQO:N:P no efluente de entrada do sistema foi corrigida para 250:5:1 e DBO:N:P em 100:3,5:0,5 com uma solução nitrofosfatada, de acordo com o que é utilizada para efluentes de indústria de celulose e papel TMP. O pH de entrada no reator foi ajustado, de 7,5 a 8,5. O lodo biológico utilizado como inóculo foi coletado em reator UASB de uma estação de tratamento de esgotos sanitários da cidade de Araponga, Minas Gerais. A adaptação do lodo ao efluente foi realizada com efluente sanitário e com efluente futuro, sendo que houve um aumento gradativo deste último (20%, 40%, 60%, 80% e 100%) até estabilização de remoção da matéria orgânica.

O aparato experimental do sistema de lodos ativados (Figura 3) consistiu de um reator sequencial em batelada, com 1000 mL de volume útil. Cada ciclo de operação (TDH) durou 24 horas, sendo 22 horas de aeração/reação, uma hora de repouso/decantação e uma hora para enchimento. A temperatura do reator foi mantida a 35ºC, durante todo o ciclo, através de um termostato, permitindo condições mesofílicas. O pH de entrada no reator foi ajustado, de 6,5 a 8,0. A relação DQO:N:P foi corrigida em 250:5:1 com solução nitrofosfatada, em todos os ciclos. O oxigênio dissolvido (OD) foi mantido com concentração acima de 2 mg/L. O nível de OD, além do pH, CE e temperatura, foram monitorados diariamente. Para tal, foram utilizadas as sondas e o multiparâmetro HQ 40 da Hach. O lodo biológico utilizado como inóculo do protótipo de LA foi o lodo do próprio processo atual de tratamento de lodos ativados da ETE da empresa estudada. A adaptação do lodo foi realizada com a utilização do efluente industrial atual junto ao efluente futuro, com aumento gradativo da proporção deste último (20%, 40%, 60%, 80% e 100%), até a estabilização da eficiência de remoção de DQOs.

Figura 1: Protótipo do sistema de flotação



Fonte: CALDEIRA, 2019.

Figura 2: Protótipo do reator UASB



Fonte: CALDEIRA, 2019.

Figura 3: Protótipo do reator lodos ativados



Fonte: CALDEIRA, 2019

Os resultados das características físico-químicas dos efluentes foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade de erro. Para a condução dos testes estatísticos, foi utilizado o software SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos efluentes do branqueamento, industrial e futuro, quanto a DQO solúvel, DBO_5, SST, SDT, cor verdadeira, turbidez, pH e CE é apresentada na Tabela 1.

O efluente industrial, atualmente gerado na empresa, apresenta altas concentrações de DQOs (7.266 mg/L), DBO_5 (2.872 mg/L), SST (1.771 mg/L), SDT (4.008 mg/L), cor (7.780 uC) e turbidez (152 UNT). Entretanto, esses valores estão dentro do esperado, conforme citados por Menezes (2011) e por Bajpai et al. (1999), onde a DQO típica de efluente TMP está entre 6.000 e 9.000 mg/L, a DBO_5 entre 3.000 a 4.000 mg/L e SST acima de 500 mg/L. Esses valores são devidos ao fato de que no processo TMP ocorre à dissolução de alguns materiais orgânicos, como lignina, carboidratos e extrativos de lascas. O pH ácido (4,6) do efluente industrial TMP se deve a presença dos ácidos nos extrativos (ácidos graxos e ácidos resinosos) (Gomide e Colodette, 2007).

Tabela 1: Caracterização dos efluentes industrial, do branqueamento e futuro

Parâmetros	Unidades	Efluentes		
		Industrial	Branqueamento	Futuro
DQOs	$mg.L^{-1}$	7266 a	6282 a	5834 a
DBO_5	$mg.L^{-1}$	2872 b	2149 a	2604 ab
SST	$mg.L^{-1}$	1771 c	324 a	974 b
SDT	$mg.L^{-1}$	4008 a	7172 c	6024 b
CE	$mS.cm^{-1}$	1,2 a	5,5 c	4,8 b
Cor Real	uC	7780 c	825 a	1680 b
Turbidez	UNT	152 a	116 a	327 b
pH	-	4,6 a	8,0 c	6,9 b

Fonte: CALDEIRA, 2019.

Média de três repetições. Valores não seguidos pela mesma letra na linha, diferem pelo teste de *Tukey* à 5% de probabilidade de erro.

O efluente de branqueamento, por sua vez mostrou uma DQOs de 6.282 mg/L, 2.149 mg/L de DBO_5, 324 mg/L de SST, 825 uC de cor real e 116 UNT de turbidez, concentrações mais baixas se comparadas ao efluente industrial. Vale ressaltar que, o efluente industrial é o efluente derivado da polpação, já o efluente de branqueamento é efluente provindo do branqueamento da polpa gerada na polpação. Com isso, as diminuições das concentrações dos parâmetros listados anteriormente estão atreladas com o uso peróxido de hidrogênio no processo de branqueamento. Larisch e Duff (1997) relatam que tecnologias de branqueamento totalmente isentas de cloro podem resultar em altas concentrações de peróxido de hidrogênio residual no efluente e que a presença de mais de 20 mg/L deste produto químico no efluente diminuiu a DBO em até 25%. O pH alcalino (8,0) do efluente do branqueamento se deve ao fato da utilização do NaOH neste processo. Tanto a CE (5,5 mS/cm), quanto os SDT (7.172 mg/L) aumentaram consideravelmente no efluente de branqueamento em relação ao efluente industrial. Tal aumento se deve à presença de metais no efluente de branqueamento, o que ocorre devido à adição de produtos químicos neste processo.

O efluente futuro apresenta os valores dos seus parâmetros, em sua maioria, intermediários aos dois que compõem a mistura. O seu pH neutro (6,9) se deve a mistura do pH ácido (4,6) do efluente industrial com o pH álcali (8,0) do efluente do branqueamento. A relação DBO/DQO do efluente futuro que se encontra acima de 0,4, e demonstra a biodegradabilidade do efluente, sendo recomendada a utilização de tratamentos biológicos.

A caracterização dos efluentes de saída da flotação, do UASB e do LA encontram-se na tabela 2.

Tabela 2: Caracterização dos efluentes da saída da flotação, do reator UASB e do reator de lodos ativados.

Parâmetros	Unidades	Efluentes		
		Saída Flotador	Saída UASB	Saída LA
DQOs	$mg.L^{-1}$	2616 c	617 b	258 a
DBO_5	$mg.L^{-1}$	2042 b	257 a	25 a
SST	$mg.L^{-1}$	165 a	227 a	76 a
SDT	$mg.L^{-1}$	5093 c	3595 b	3167 a
CE	$mS.cm^{-1}$	5,2 b	5,7 c	4,8 a
Cor Real	uC	52 a	1313 b	1203 b
Turbidez	UNT	34 b	33 b	7 a
pH	-	5,0 a	8,0 b	7,9 b

Fonte: CALDEIRA, 2019.

Média de três repetições. Valores não seguidos pela mesma letra na linha, diferem pelo teste de *Tukey* à 5% de probabilidade de erro.

O processo físico-químico de flotação teve uma eficiência de remoção de DQOs e DBO_5 de até 55% e 22%, respectivamente. Já com relação à remoção de turbidez, este tratamento alcançou 90% e aproximadamente 97% de remoção de cor. Para SDT atingiu uma remoção de 15% e SST de 83%. A CE aumentou significativamente depois da flotação, de 4,8 para 5,2 mS/cm, já que o coagulante utilizado é rico em sais inorgânicos. Com a quantidade de ar injetado, o lodo flotou parcialmente e outra parte decantou. Esse fato pode estar atrelado ou à baixa quantidade de ar injetado (20% de ar) ou à dose de coagulante utilizada (102 mg/L), que pode ter sido muito alta, resultando na formação de flocos maiores e mais densos. A utilização da flotação como tratamento primário tem sido adotada para proporcionar a recuperação de fibras, ou seja, retorno do lodo primário para o processo fabril. O efluente da saída do flotador apresentou pH muito baixo devido a adição do PAC. Com isso, foi necessário fazer a correção do pH para valores entre 7,5 e 8,5, para que o efluente de alimentação proporcionasse um ambiente adequado aos microrganismos no reator UASB. Esta ação causou a formação de precipitados, desencadeando um aumento da turbidez e SST. Diante disso, a eficiência do UASB foi de acordo com o efluente de entrada no mesmo, e não com o efluente de saída do flotador.

O reator UASB apresentou uma eficiência de remoção de DQOs de aproximadamente 78% e de 89% para a DBO_5. O pH de saída permaneceu próximo a 7,0. Para os parâmetros de SST e turbidez, o UASB exibiu uma remoção de 65% e 78%, respectivamente. Meyer e Edwards (2014) relatam taxas de remoção de DQO em efluentes da fábrica de polpa celulósica

TMP entre 60 e 80% em reatores UASB. O efluente de saída do UASB apresentou um aumento significativo da cor verdadeira. Em geral, as bactérias anaeróbias não têm a capacidade de degradar as estruturas cromóforas da lignina e, consequentemente, a remoção de cor precisa ser alcançada por outros tipos de tratamentos (Feijoo et al., 1995).

O tratamento via LA alcançou uma eficiência de remoção de 90% para DQOs, 58% para DBO_5, 8% para cor, 12% para SDT, 66% para SST e 79% para turbidez. O pH de saída permaneceu próximo ao neutro, assim como o da entrada. Juana e Ruonala (1991) apresentaram remoções de 90% de DBO, 70% de DQO, em sistemas de lodos ativados para efluentes de fábricas de polpa celulósica. A utilização de sistemas de tratamento biológicos anaeróbio e aeróbio integrados têm mostrado resultados satisfatórios.

A eficiência de remoção do processo como um todo para DBO_5 foi de 96%, o que foi bem satisfatório, visto que a DN COPAM CERH-MG 01/2008, exige um limite de lançamento de efluente de até 60 mg/L de DBO, ou uma eficiência de remoção de 75%. Já para a remoção de DQOs, turbidez, SST e cor real na sequência de tratamento avaliada, houve uma eficiência de remoção de 99%, 98%, 92%, e 28%, respectivamente. A DN COPAM CERH-MG 01/2008 estabelece um limite de DQO de até 180 mg/L ou uma eficiência de remoção de DQO de 70%, e 100 mg/L de SST, sendo que foi encontrado 76 mg/L de SST no efluente tratado. O sistema integrado proposto se mostrou bastante eficaz quanto ao atendimento aos padrões legais dos parâmetros listados acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível produzir o efluente de branqueamento em escala laboratorial, bem como simular o efluente futuro da fábrica de polpa celulósica termomecânica em questão.

Os resultados de cada etapa do tratamento se mostraram dentro do esperado, em conformidade com a literatura revisada.

O emprego da sequência de tratamento do efluente futuro da fábrica se mostrou satisfatório para atender à legislação vigente de lançamento de efluente do estado de Minas Gerais, DN COPAM CERH-MG 01/2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - SMEWW. **Standard Methods**, p. 541, 2012.

BAJPAI, P.; BAJPAI, P.K.; KONDO, R. - Treatment of Wastewaters with Anaerobic Technology. In: **Biotechnology for Environmental Protection in the Pulp and Paper Industry.** Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 109- 139. January, 1999.

BROSSEAU, C.; EMILE, B.; LABELLE, M. A.; LAFLAMME, E.; DOLD, P. L.; COMEAU, Y. - Compact secondary treatment train combining a lab-scale moving bed biofilm reactor and enhanced flotation processes. **Water Research.** Volume 106, pp. 571-582. December, 2016.

CALDEIRA, D. C. D. **Tratamento e Reuso de Efluente de Fábrica de Polpa Celulósica Termomecânica.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. – **Branqueamento de Polpa Celulósica, da produção da polpa marrom ao produto acabado.** Editora UFV. 2015.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de Maio de 2008.

DIEZ, M. C.; RUBILAR, O.; CEA, M.; NAVIA, R.; MARTINO, A. De; CAPASSO, R. - Recovery and characterization of the humate-like salified polymeric organic fraction (lignimerin) from Kraft cellulose mill wastewater. **Chemosphere.** Volume 68, Issue 9, pp. 1798-1805. August, 2007.

FEIJOO, G.; VIDAL, G.; MOREIRA, M. T.; MÉNDEZ, R.; LEMA, J. M. - Degradation of high molecular weight compounds of Kraft pulp mill effluents by a combined treatment with fungi and bacteria. **Biotechnology Letters.** Volume 17, Issue 11, pp. 1261-1266. November, 1995.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. - Qualidade da madeira. In: BOREM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 25-54. 2007.

JARVIS, P., BUCKINGHAM, P., HOLDEN, B., JEFFERSON, B. - Low energy ballasted flotation. **Water Research.** Volume 43, Issue 14, pp. 3427-3434. August, 2009.

JUANA, J.; RUONALA, S. – Trends and guideline in water pollution control in the Finnish pulp and paper industry. **Tappi Journal.** Volume 74, Issue 7, pp. 105-111. July, 1991.

LARISCH, B. C.; DUFF, S. J. B. - Effect of H2O2 on characteristics and biological treatment of TCF bleached pulp mill effluent. **Water Research.** Volume 31, Issue 7, pp. 1694-1700. July, 1997.

MENEZES, F. C. Ì - **Uso de redes neurais artificiais na predição da dosagem do sulfato de alumínio e do hidróxido de sódio no processo de coagulação.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

MEYER, T., EDWARDS, E. A. - Anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater and sludge. **Water Research.** Volume 65, pp. 321-349. November, 2014.

NAVIA, R.; INOSTROZA, X.; DIEZ, M. C.; LORBER, K. E. - Irrigation model of bleached Kraft mill wastewater through volcanic soil as a pollutants attenuation process. **Chemosphere.** Volume 63, Issue 8, pp. 1242-1251. May, 2006.

PIOTTO, Z. C. - **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Polpa celulósica - Estudo de Caso.** Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RENCKEN, G. E.; AARTSEN, J. V. – Secondary Wastewater Treatment Plant for Mondi Business Paper, In: **Richards Bay.** 2017.

SANT'ANNA, G. L. Jr. – **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Interciência, p. 418. 2010.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry - om: Official test method, wavelength of 457 nm, using 45 degree illumination and perpendicular observation. **TAPPI standard method T 452-om-92.**

THOMPSON, G.; FORSTER, C. - Bulking in activated sludge plants treating paper mill wastewaters. **Water Research.** Volume 37, Issue 11, pp. 2636- 2644. June, 2003.

THOMPSON, G.; SWAIN, J.; KAY, M.; FORSTER, C. F. - The treatment of pulp and paper mill effluent: a review. **Biosource Technology.** Volume 77, Issue 3, pp. 275-286. May, 2001.

WANG, W.; HAN, H. - Recovery strategies for tackling the impact of phenolic compounds in a UASB reactor treating coal gasification wastewater. **Bioresource Technology.** Volume 103, Issue 1, pp. 95–100. January, 2012.