

ANÁLISES DE EFICIÊNCIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE CELULOSE DE PAPEL NO MUNICÍPIO DE CAÇADOR – SC

*Efficiency analysis of a paper cellulose effluent treatment station in the
municipality of Caçador - SC*

Kathelyn Katy Tilha¹
Roger Francisco Ferreira de Campos²
Daiane Cristine Kuhn³
Thomaz Aurélio Pagioro⁴

RESUMO

Em um mundo cheio de preocupações com o meio ambiente, muitas empresas estão lançando seus efluentes nos corpos hídricos, portanto, existe a necessidade de um monitoramento ambiental na qualidade do efluente conforme parâmetros estabelecidos pelos órgãos ambientais, para que o mesmo não gere impactos significativos ao meio ambiente. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo de analisar a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes de uma empresa de papel e celulose do município de Caçador/SC. Para o desenvolvimento do trabalho foi analisado os parâmetro de pH, temperatura, dureza, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos totais, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio e demanda biológica de oxigênio do efluente bruto e do

¹ Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: kathelyn15@hotmail.com.

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina, doutorando em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e é docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: roger@uniarp.edu.br.

³ Engenheira Ambiental e Sanitarista, mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) e é doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: daiackuhn@gmail.com.

⁴ Biólogo pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), mestre e doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e é docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: thomazap@gmail.com.

efluente tratado, onde os valores de lançamento foram comparados com a Resolução do CONAMA 430/2011 e a Lei Estadual 14.675/09. A estação de tratamento do estudo apresenta uma eficiência de remoção de 99,43% de sólidos totais, 82,05% de DQO, 77,62% de dureza e 71,69% de DBO. O sistema em questão não apresenta uma conformidade ambiental para o parâmetro de DBO. Assim, é preciso do acompanhamento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes, buscando uma adequação ambiental da empresa em acordo com a legislação ambiental vigente.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Efluente. Análise de eficiência. Corpos Hídricos.

ABSTRACT

In a world full of environmental concerns, many companies are dumping their effluents into water bodies, so there is a need for effluent quality environmental monitoring that is applicable to environmental standards recommended by environmental agencies so that it does not will be harmed the environment. Therefore, this paper aims to analyze the efficiency of a wastewater treatment system of a pulp and paper company in the city of Caçador/SC. For the development of the work, the parameters of pH, temperature, duration, alkalinity, electrical conductivity, maximums, turbidity, dissolved oxygen, chemical oxygen demand and biological demand of oxygen were used. compared with CONAMA Resolution 430/2011 and State Law 14,675/09. The study treatment plant has a removal efficiency of 99.43% total solids, 82.05% COD, 77.62% hardness and 71.69% BOD. The system in question has no environmental compliance for the BOD parameter. Thus, it is necessary to monitor the efficiency of the effluent treatment system, seeking an environmental adaptation of the company in accordance with current environmental legislation.

Keywords: Effluent Treatment Station. Efficiency analysis. Water bodies.

INTRODUÇÃO

O assunto mais abordado na atualidade pela mídia e sociedade é questão da água, seja por sua falta ou por sua contaminação, os meios de comunicação nos deixam claro, que ela é um bem finito e não havendo seu uso consciente deixará de existir. Por pensar assim, empresas começam a obter a conscientização, que

sem a água não há produção e sua contaminação causa prejuízos inestimáveis tanto ao meio ambiente como para vida humana (BRAGA et al., 2005).

Segundo Maldaner (2008) quando um empreendimento gera um determinado tipo de resíduo industrial é necessário que a mesma apresente uma alternativa para seu tratamento, pois o mesmo não deve ser acumulado indefinidamente ou até mesmo descartar esse material sólido ou líquido no meio ambiente – visto que o mesmo pode interagir negativamente com atmosfera, solo e recursos hídricos.

As características de um efluente estão relacionadas com a quantidade, concentrações e composição dessa água residuária industrial, podendo ser encontrado esgoto doméstico, mas também pode conter metais pesado, compostos orgânicos recalcitrantes, materiais radioativos e outros que interagem de forma negativa com o meio ambiente - obtendo baixa degradação (MIHELICIC; ZIMMERMAN, 2015).

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água estão relacionados com a qualidade ambiental, águas de baixa qualidade prejudicam o desenvolvimento econômico e social, dessa forma é de extrema importância a gestão das águas para preservação dos recursos hídricos (TUNDISI, 2008). Muitas empresas utilizam o sistema de tratamento de efluentes para atender os parâmetros das legislações ambientais, quanto para o reuso da água no sistema industrial (GIORDANO, 2003).

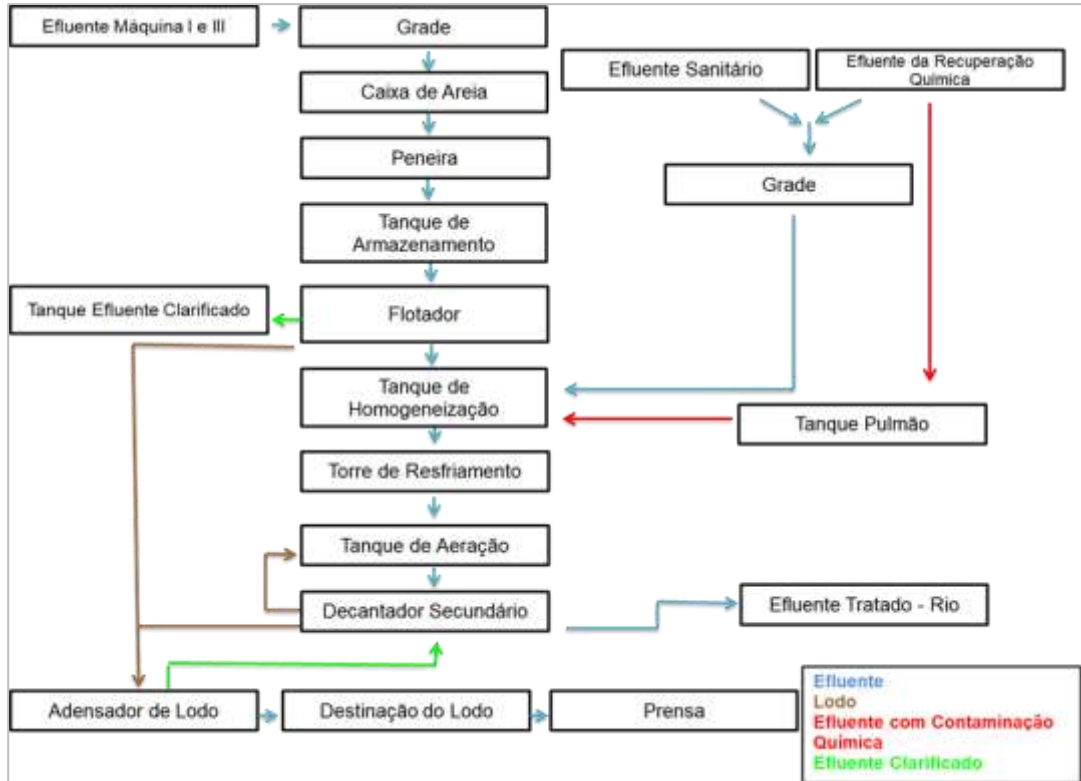
Sabendo da interação do efluente industrial com o meio ambiente e as exigências estabelecidas para o funcionamento correto das estações de tratamento de efluentes gerados em um processo produtivo o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluentes (ETE) de uma empresa de papel e celulose através de parâmetros físico-químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma empresa de papel e celulose do município de Caçador, localizado no meio oeste do estado de Santa Catarina, nas coordenadas

geográficas 26°48'50.1"S 51°00'41.9"W. A Figura 1., apresenta o sistema de tratamento de efluentes da indústria em estudo.

Figura 1 - Fluxograma da ETE na indústria de papel e celulose em estudo.



Na Figura 1., o efluente das máquinas I e III é composto por fibras celulósicas, água, lignina, licores do cozimento da madeira e compostos utilizados no processo de cozimento dos cavacos, como licor branco (constituído de hidróxido de Sódio), enxofre, antiespumantes, entre outros, e também, as impurezas presentes nas aparas de papel e papelão, tais como plásticos, isopores, etc., são enviados a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), onde passam pelo tratamento preliminar, ou seja, um tratamento inicial, que visa retirar os sólidos grosseiros presentes.

Neste processo – tratamento preliminar, a primeira etapa é a passagem do efluente pelas grades, onde as impurezas de maior granulometria ficam retidas

- evitando entupimento de bombas e de tubulações. A segunda etapa é a passagem pela caixa de areia, um compartimento dotado de uma cavidade, onde na passagem do líquido, os grãos de areia que estiverem presentes no efluente, decantam e se depositam neste espaço. Logo após, o efluente passa pela peneira, onde os pedaços menores de papel, plásticos e isopores que não foram retidos nas grades, serão retirados do processo, então o efluente segue para um tanque de armazenamento.

O efluente que ficou no tanque de armazenamento, é dosado aos poucos no flotor, um sistema que permite a separação das fibras celulósicas da água. Essas fibras são reaproveitadas no processo de fabricação do papel, o lodo (resíduo) gerado segue para o adensador e a água (chamado efluente clarificado) seguirá para o tanque de homogeneização. No tanque de homogeneização, são misturados o efluente clarificado e os efluentes sanitários da fábrica, bem como os efluentes da recuperação química, um setor responsável pelo aproveitamento e conversão dos sólidos restantes do cozimento dos cavacos de madeira, chamados licor negro, em calcário industrial (que pode ser comercializado para correção de solo agrícola) e também em licor branco (composto rico em hidróxido de sódio, sendo um componente necessário no processo de cozimento da celulose).

Quando há uma quantidade muito expressiva de licor negro, vindo da recuperação química, para a ETE, é necessário conter o mesmo em um tanque pulmão, ou também conhecido como tanque de emergência, pois o pH desses compostos são extremamente altos, podendo contaminar o sistema e gerar um acréscimo muito grande de materiais que irão destruir as colônias de bactérias degradadoras de matéria orgânica presentes no efluente.

Após homogeneização dos diferentes tipos de efluentes, sendo um processo relevante para o sistema, pois evita grandes oscilações de temperatura, carga orgânica, pH, entre outros fatores, que prejudicam a vida microbiológica, todo material é enviado a uma torre de resfriamento, onde a temperatura do efluente é acrescida, gerando um maior conforto térmico para as bactérias aeróbias, que após este processo, no tanque de aeração, recebem a dosagem do oxigênio líquido, como um fator agravante ao seu desenvolvimento no meio,

permitindo que elas degradem a matéria orgânica presente, que se remete ao fator que causa a poluição dos corpos receptores e também a elevada população de algas.

Em uma próxima etapa, o efluente segue para o decantador secundário, um tanque, onde, por gravidade, é separado o lodo do efluente tratado. Este efluente seguirá ao rio, enquanto, que, o lodo irá ao adensador. Nesta fase, o lodo irá ser removido na prensa, onde passa por um conjunto de rolos e telas, que o prensaram, retirando o excesso de água presente - fazendo que a massa sólida possa ser descartada e posteriormente encaminhada ao aterro sanitário, contemplando que todo material contaminado seja corretamente descartado.

Para o desenvolvimento da análise da eficiência do sistema de tratamento de efluentes foram realizadas três coletas do efluente bruto e tratado, onde foram coletadas em frasco âmbar de 1000 ml no horário matutino, durante as 8h45min e 09h10min, conforme NBR 9898 (ABNT, 1987), onde foi aferido pH, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido *in loco* com uma sonda devidamente calibrada. Já os parâmetros de dureza, alcalinidade, sólidos totais, turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Biológica de Oxigênio (DBO_{5,20}) foram aferidas no laboratório de bioquímica da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP de acordo com *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Os resultados obtidos nas análises foram comparados com a Resolução do CONAMA 430/2011 e a Lei Estadual 14.675/09 e submetidos ao cálculo de eficiência de remoção utilizando a Equação 1:

Eficiência de remoção

$$= \frac{\text{análise entrada} - \text{análise saída}}{\text{análise da entrada}} \times 100 \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1., são apresentados os resultados da caracterização dos parâmetros físico-químicos do efluente bruto (entrada) e do efluente tratado (saída) sendo estes medidos para efeito de comparação na obtenção das eficiências de remoção da estação de tratamento da indústria de papel e celulose do município de Caçador – SC. Têm-se também dados sobre a legislação ambiental a nível federal e estadual que tratam sobre os padrões de lançamento de efluentes, de modo a comparar estes com dados obtidos no estudo.

Tabela 1. Eficiência do sistema de tratamento de efluentes em comparação com a Resolução CONAMA 430/2011 (RC) e Lei Estadual 14.675/2009 (LE);

Parâmetro	Unidade de Medida	Entrada	Saída	Eficiência	RC	LE
pH	-	10,5±1,5	6,8±0,5	-	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura	°C	36,5±5,0	27,9±1,0	-	< 40	-
Dureza	mg.L ⁻¹	60,9±1,2	13,6±0,8	77,6%	-	-
Alcalinidade	mg.L ⁻¹	7,0±0,9	3,3±0,2	-	-	-
Condutividade Elétrica	mS	1,2±0,05	1,1±0,5	-	-	-
Sólidos Totais (ST)	mg.L ⁻¹	3500±20,0	20±0,1	99,4%	-	-
Turbidez	NTU	120±3,1	18±0,5	32,2%	-	-
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	0,4±0,1	0,8±0,01	-	-	-
DQO	mg.L ⁻¹	780±20,0	140±2,00	82%	-	-
DBO	mg.L ⁻¹	339±43,0	96±4,21	71,7%	> 60%	60 ou 80%

Verifica-se na Tabela 1., a grande concentração de sólidos presentes no efluente e elevada concentração de matéria orgânica. A elevada concentração de ST está associada à presença de fibras remanescentes no efluente da máquina de papel. Vidal *et al.* (2018) em seus estudos com efluente bruto de indústria de papel e celulose, obtiveram resultados similares aos apresentados nesta pesquisa. O valor de DQO que foi de 780 mg.L⁻¹ ficou acima do valor encontrado por Vidal *et al.* (2018) que foi de 661 mg.L⁻¹. O mesmo ocorreu com os valores de ST, sendo que o valor encontrado foi de 3500 mg.L⁻¹, já Vidal *et al.* (2018) verificou 2382 mg.L⁻¹ de ST em seu efluente.

A partir dos dados apresentados na Tabela 1., é possível verificar que o

tratamento do efluente da indústria de papel e celulose alcançou eficiências de remoção de ST, DQO, DBO, dureza e turbidez de 99,4%, 82%, 71,7%, 77,6% e 32,2%, respectivamente.

Em relação a eficiência de remoção do parâmetro ST, obteve-se ótima eficiência, de 99,4%, justificando-se assim as vantagens da utilização de flotação por ar dissolvido no tratamento primário com finalidade de remoção/recuperação de fibras (sólidos totais), geradas no processo produtivo de papel.

Além do fato das fibras apresentarem uma perda de produto no processo quando presentes em grande quantidade no efluente, aumentam significativamente a concentração de matéria orgânica, dificultando seu tratamento biológico e por fim leva a geração de elevadas quantidades de lodo, que necessitará de disposição final adequada. Desse modo, a recuperação de fibras, através do processo físico de flotação por ar dissolvido é favorável tanto para o processo, mas também para o controle da poluição hídrica (MANAGÓ, 2015).

Constanzi e Daniel (2002) compararam os resultados entre vários ensaios realizados com efluentes de indústria de papel e celulose, utilizando duas tecnologias: sedimentação e flotação. Os autores concluíram que a flotação é mais eficiente na remoção de SST e necessita de menor área, obtendo-se unidades mais compactas. Valores similares podem ser observados nos resultados obtidos neste estudo através do tratamento de efluentes realizado na indústria de papel e celulose em escala real.

A baixa remoção de turbidez pode ser explicada pelo fato de não existir um tratamento químico no processo, como o uso de coagulantes e polímeros que poderiam aumentar a eficiência de remoção deste parâmetro. Quartaroli (2012) utilizou flotação por ar dissolvido no tratamento de efluente de indústria de papel, com uso de coagulante PAC em conjunto com polímero catiônico e velocidade de flotação de $9 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$, atingindo 90% de remoção de turbidez. Lima (1996) conclui que a flotação por ar dissolvido constitui técnica bastante eficiente para o tratamento de efluentes líquidos provenientes de indústria de papel.

A eficiência verificada no efluente final da estação de tratamento de efluentes da indústria também evidencia a importância do processo de tratamento

biológico, visto que o sistema utiliza microrganismos aeróbicos no processo.

É possível observar que o sistema apresenta uma eficiência no processo perante a legislação ambiental vigente, visto que o sistema apresenta uma eficiência de remoção que atende a legislação ambiental federal e estadual. De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos. É importante ressaltar que o órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e procedimentos para a execução e averiguação do automonitoramento de efluentes e avaliação da qualidade do corpo receptor (CONAMA, 2011).

CONCLUSÃO

O sistema de tratamento do estudo apresenta uma eficiência para os parâmetros analisados, visto que o mesmo se enquadra perante as legislações ambientais vigentes. A eficiência de remoção dos parâmetros está relacionada com a eficiência do sistema físico (flotação por ar dissolvido) e biológico (lodos ativados) de tratamento. Contudo, é necessário o desenvolvimento da análise do sistema, buscando uma menor interação de contaminantes no sistema hídrico – sendo que o mesmo é lançado no Rio do Peixe.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa e o Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina - UNIEDU/FUMDES (Chamada Pública nº 1423/SED/2019).

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 22. ed.

Washington: AWWW-WPCF, 2012.

ARAUJO, J. E. **Processos de tratamento terciário para redução da DQO e da cor dos efluentes de uma fábrica integrada de celulose kraft branqueada e papel.** Dissertação de Mestrado Profissional em Tecnologia de Papel e Celulose II. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro, 1987.

BRAGA, Benedito. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CONAMA, Resolução. 430/2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes,** 2011.

COSTANZI, R. N., DANIEL, L. A., Estudo de tratamento dos efluentes de uma fábrica de papel para imprimir visando o reuso por flotação e sedimentação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n. 3-4, p. 156-160, 2002.

ESTADO DE SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009.** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Diário Oficial de 14 de abril de 1999. Florianópolis-SC. 2009.

FONSECA, José Alberto Vinha M. da et al. **Tratamentos de efluentes líquidos de indústria de papel e celulose.** III Fórum de Estudos Contábeis, Rio Claro, 01 fev. 2003. p. 1-9, 2003.

GIORDANO, G. **Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro – RJ, 2003. 257p. Tese de Doutorado (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) PUC-Rio, 2003.
KURITZA, J. C. **Aplicação da coagulação, floculação e sedimentação como pós tratamento de efluente de uma indústria de papel e celulose.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2012.

LIMA, M. R. A. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento das águas residuárias de uma indústria de papel visando a recuperação de fibras.**

Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, SP. 102p, 1996.

MALDANER, T. L. **Levantamento das alternativas de minimização de impactos gerados pelos efluentes de abatedouros e frigoríficos**. 2008. 69f. Monografia (Pós-graduação em lato sensu em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal) – Universidade Castelo Branco, Brasília, 2008.

MANAGÓ, B, L. **Avaliação do emprego da flotação da flotação por ar dissolvido para a recuperação de fibras de efluente água clara de máquina de papel**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2015

QUARTAROLI, L. **Aplicação da flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluente de lodo ativado em uma indústria de papel e celulose**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, 2012.

TUNDISI, J. G. Água para o futuro numa perspectiva global. Dossiê: água potável. **Scientific American**. Brasil, n. 70, p.32-47, mar. 2008.

VIDAL, C. M. S., SOUSA, J. B., KUHN, D. C., FALBOT, L., MANICA, M. **Comparação da sedimentação e da flotação no tratamento de água branca de uma indústria de papel**. XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, PR, 2018.