

Controle da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel da região meio oeste de Santa Catarina.

José Carlos Azzolini*
Lucas Fernando Fabro**

Resumo

As indústrias de celulose e papel representam hoje um setor de extrema importância econômica e ambiental, devido principalmente ao crescente consumo de papel e seus derivados no mundo, e aos seus reflexos na disposição de efluentes em corpos d'água. Por utilizarem grandes volumes geram também grandes quantidades de efluentes evidenciando a necessidade de acompanhamento da eficiência de sistemas de tratamentos desta natureza para que produzam efluentes de satisfatória qualidade física, química e biológica não comprometendo as características do corpo receptor e a saúde da população. Nesse contexto, a pesquisa aborda um estudo experimental, relacionado com monitoramento da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma empresa de celulose e papel da região do Meio Oeste do Estado de Santa Catarina. A partir da determinação dos parâmetros físico-químicos da água, procurou-se avaliar a eficiência e o processo do sistema de tratamento de efluentes utilizado pela empresa, determinada como objeto de estudo. Avaliou-se a qualidade do efluente liberado pela respectiva empresa no corpo receptor. Os efluentes industriais de produção de celulose e papel devem estar condizentes com os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes: Resolução do CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011 e Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009. O presente estudo foi realizado na fábrica integrada de celulose e papel Celulose Irani S.A., que utiliza sistema de tratamento de efluentes do tipo lodo ativado. As amostras dos efluentes para análise em laboratório foram coletadas em dois pontos determinantes para o posterior cálculo de eficiência. Os resultados obtidos por meio das análises físico-químicas em laboratório demonstraram que os parâmetros de qualidade abordados na pesquisa estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação vigente, demonstrando que o sistema de tratamento de efluentes utilizado pela empresa está operando com eficiência.

Palavras chave: Celulose e Papel. Lodo Ativado. Efluente.

1 INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais, de maneira geral, são alvo de preocupação quanto ao seu tratamento e ao seu despejo em corpos d'água. Segundo a página do Centro de Informações Metal Mecânica (CIMM) ([199-?]), as diferentes composições físicas, químicas e biológicas e as demais variações no processo produtivo, recomendam que os efluentes sejam caracterizados, quantificados e tratados ou preservados adequadamente antes da disposição final no meio ambiente.

Piccoli (2010) menciona que no processo produtivo do papel a etapa de polpeamento é responsável por grande parte do efluente gerado, atribuindo-lhe maior grau de toxicidade. Isto porque na etapa descrita

* jose.azzolini@unoesc.edu.br

** lucasfabro@hotmail.com

a madeira é cozida em elevadas temperaturas com produtos químicos (enxofre e soda cáustica, por exemplo), com o intuito de se obter a fibra de celulose, a qual é matéria-prima base para produção da folha de papel. Considerando que o meio de transporte da celulose durante o processo geralmente é a água, bem como no processo de lavagem das fibras após o cozimento, gerando assim grandes volumes de águas residuárias, contendo produtos químicos formando, basicamente, o efluente de uma indústria de papel e celulose.

Existem diversos tipos de tratamentos de efluentes para amenizar esses problemas, sendo um deles o sistema de lodos ativados. Para que este sistema possua uma boa eficiência é necessário que o mesmo seja acompanhado por meio de análises físico-químicas e biológicas, em que se possa ter uma visão técnica com relação à qualidade das águas dos efluentes ali tratados.

A problemática da pesquisa visa saber qual é a eficiência do sistema de tratamento da empresa papelreira, bem como acompanhar e verificar por meio de análises físico-químicas, as características da carga orgânica recebida pelo respectivo sistema de tratamento e a qualidade da água resultante do mesmo, liberada para o rio receptor.

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre a eficiência do sistema de tratamento de efluentes por lodo ativado da empresa Celulose Irani S/A, localizada na região Meio Oeste do Estado de Santa Catarina, pretendendo minimizar os impactos gerados pelo tratamento inadequado de efluentes industriais visando à redução, seja em volume, concentração ou toxicidade das cargas poluentes provenientes das fontes geradoras, contribuindo, assim, para a preservação do meio ambiente como uma forma de cooperação e participação no desenvolvimento sustentável da região.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CENÁRIO ATUAL DO SETOR DE CELULOSE E PAPEL NO BRASIL

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA) (2011), o Brasil é um grande produtor de papel e celulose. Tem notoriedade mundial por produzir e abastecer os mercados com significativas quantidades de papel de embalagem, papéis de imprimir, escrever e papel cartão. Na última década, o país aumentou sua produção em 36,1%, com crescimento médio de 3,1% ao ano, seguindo as mudanças na economia brasileira. O desenvolvimento socioeconômico e o aumento de renda da população, com a inserção de novos consumidores no mercado, resultaram em mais demanda por livros, cadernos, jornais e revistas, embalagens para alimentos, remédios e itens de higiene pessoal. Com 14,1 milhões de toneladas, o Brasil se consolidou como o 4º produtor mundial de celulose, distanciando-se da Suécia, que ficou na 5ª colocação, com 11,8 milhões de toneladas. Este é um dos resultados do Ranking Mundial dos principais produtores de celulose e papel em 2011. Em relação à produção de papel, embora tenha crescido 4,4% na comparação com 2009/2010, chegando a 9,8 milhões de toneladas, o país perdeu uma posição, ficando em 10º lugar.

2.2 INTRODUÇÃO AO PROCESSO DE PRODUÇÃO

A celulose é uma substância natural existente nos vegetais, dos quais são obtidos, por processos e tecnologias específicas, podendo ser encontrada em raízes, caules, folhas sementes e frutos. Caracteriza-se

como um importante componente das células vegetais, que por sua forma alongada e diâmetro pequeno (fina) é usualmente chamada de “fibra”, base para a produção de papel, (PAIVA, 2004 apud PICCOLI 2010).

Na visão do Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose (CPRH), o papel é proveniente da polpa, um material celulósico fibroso extraído de várias matérias-primas, como madeira (principal), palhas, bagaço de cana, algodão, linho, sisal, bambu e similares.

A polpa pode ser classificada de forma abrangente de acordo suas propriedades físico-químicas e de seus processos de produção: (CPRH, 1998)

- Polpa Química, obtida por tratamento químico, abrange o processo de polpeamento alcalino (Processo Sulfato ou Kraft e Processo Soda) e o polpeamento ácido (Processo Sulfito).
- Polpa Químicotermomecânica, obtida pelo amolecimento da madeira por meio de tratamento semiquímico, térmico e desfibramento mecânico.
- Polpa Quimimecânica, produzida pelo amolecimento inicial da madeira por tratamento químico, seguido de desfibramento mecânico.
- Polpa Termomecânica, em que o desfibramento mecânico é precedido de tratamento térmico para amolecimento.
- Polpa Mecânica, produzida pela desintegração mecânica da madeira na presença de água.

Para Fonseca et. al, (2003) a fabricação do papel tem como princípio elementar o polpeamento, no qual a polpa recebe enchimento, acabamento e os produtos são transformados em folhas de papel. Os enchimentos geralmente utilizados são argila, talco e gesso.

Piotto (2003) ressalata que, são quatro as principais partes na produção de celulose, sendo elas: preparação de matérias-primas, deslignificação química em circuito fechado recuperando-se energia, branqueamento com circuito aberto e sistema de tratamento de águas residuárias. Complementam as quatro partes citadas, sistemas adjuntos de geração de energia, preparação de madeira e produção dos produtos químicos do branqueamento.

2.3 FONTES POLUIDORAS EM FÁBRICAS DE CELULOSE E PAPEL

Para o Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose, (CPRH, 1998), os efluentes líquidos oriundos do processo de produção de celulose-papel são extremamente variáveis, tanto em características qualitativas quanto em quantidade por unidade de produto. A quantidade de água consumida nos processos de fabricação é semelhante à lançada no corpo receptor como água residuária, havendo uma diminuição em torno de 5%.

Com a finalidade de apresentar de forma concisa a geração de poluentes bem como as principais fontes de desperdícios na produção de papel e celulose, são apresentadas tabelas que reúnem informações pontuais sobre o assunto em questão, baseado integralmente nos dados do Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose.

Tabela 1 – Resumo das fontes de geração de resíduos sólidos

Fonte	Resíduo
Sistemas de tratamento de águas residuárias	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos primários (físico-químicos) • Lodos do tratamento secundário (biológicos)
Sistemas de tratamento de água potável	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos primários
Caldeiras de vapor (carvão e biomassa)	<ul style="list-style-type: none"> • Cinzas
Depuração de massa	<ul style="list-style-type: none"> • Nós e palitos
Peneiras classificatórias	<ul style="list-style-type: none"> • Refugos de cavaos (madeira) e outros refugos (bambu, sisal, bagaço)
Apagador de cal (Slaker)	<ul style="list-style-type: none"> • Grits
Clarificador de licor verde	<ul style="list-style-type: none"> • Dregs
Clarificador de licor branco	<ul style="list-style-type: none"> • Lama de cal (quando não há forno de cal)
Central de aparas	<ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de plásticos, arames, pedras, etc.
Cozinha	<ul style="list-style-type: none"> • Lixo doméstico
Pisos (varredura)	<ul style="list-style-type: none"> • Diversos
Escritórios	<ul style="list-style-type: none"> • Papel
Beneficiamento de madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Cascas, serragem
Beneficiamento de biomassas com bambu e bagaço	<ul style="list-style-type: none"> • Medulas

Fonte: Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose (1998, p.72).

Tabela 2 – Resumo da geração de efluentes líquidos

(continua)

Fonte	Tipo de Emissão
Pátio de matéria prima (fig. 1): (madeira, bambu, bagaço, sisal)	Águas de lavagem
Obtenção de polpa (fig. 1):	<ul style="list-style-type: none"> • Condensados dos recuperadores de calor • Águas de lavagem • Águas de prensagem • Águas de diluição • Águas de refrigeração
<ul style="list-style-type: none"> • Blow Tank (tanque de descarga) • Lavagem de massa • Engrossador (espassador) • Depuração • Refrigeração 	
Branqueamento (fig. 1):	<ul style="list-style-type: none"> • Águas ácidas de lavagem • Águas alcalinas de lavagem • Condensados dos gases • Águas de lavagem de DREGS • Águas de lavagem de gases • Águas de lavagem, no caso de haver lavagem de gás antes do precipitador eletrostático
<ul style="list-style-type: none"> • Pré-deslignificação (cloração ou oxigenação) • Extração alcalina • Recuperação de produtos químicos (fig. 3): • Evaporadores de múltiplo efeito • Clarificador de Licor Verde • Forno de cal • Caldeira de recuperação 	
Fabricação de papel (Fig. 5):	<ul style="list-style-type: none"> • Água branca filtrada • Água da centrifugação • Água contendo finos • Água branca
<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de água branca filtrada (falta de capacidade) • Centricleaners • Depuradores • Seção de prensagem da máquina de papel 	
Central de aparas	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem (água branca e água recuperada) • Águas branca e recuperada
<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos (hidrapulpers, depuradores e engrossadores) • Paradas por problemas de manutenção 	

Fonte	Tipo de Emissão
Polpas de alto rendimento	
<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de cavacos • Drenagem de cavacos • Polpa formada 	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de lavagem • Águas com material orgânico solubilizado • Águas de lavagem
Sistemas de refrigeração	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de refrigeração
Sistemas de disposição de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de refrigeração
Sistemas de disposição de resíduos sólidos	
<ul style="list-style-type: none"> • Desidratação de lodos • Aterros sanitários 	<ul style="list-style-type: none"> • Águas de drenagem • Águas de drenagem

Fonte: Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose (1998, p. 69).

Tabela 3 – Resumo das fontes de emissões atmosféricas

Emissão	Fonte Primária	Fonte Secundária
Compostos reduzidos de enxofre	<ul style="list-style-type: none"> • Digestor. • Blow Tank. • Evaporador múltiplo efeito. • Caldeira de recuperação. • Tanque de dissolução. • Forno de cal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Depuradores e lavagem da polpa. • Silos de cavacos do digestor (quando pré-aquecidos com vapor secundário) • Tanques de caustificação
Material Particulado	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de recuperação. • Forno de cal. • Tanque de Dissolução. • Caldeira de geração de vapor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poeiras das operações de descascamentos, picagem, armazenagem e seleção de combustíveis (cavacos, bagaço, bambu, etc.).
SO ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira de geração de vapor (óleo ou carvão como combustível). • Secagem da celulose química. • Caldeira de recuperação. • Forno de cal. • Incinerador para queima de gases (TRS), utilizando óleo como combustível 	

Fonte: Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Indústria de Papel e Celulose (1998, p.72)

2.4 SISTEMA DE TRATAMENTO POR LODO ATIVADO

Segundo Sperling (2002), com a necessidade de tratamentos mais eficientes do efluente, devido à crescente regulamentação imposta pelos órgãos fiscalizadores, o sistema de lodos ativados é usado em grande escala, para o tratamento de águas residuárias, domésticas e industriais, em situações em que uma elevada qualidade do efluente é indispensável e a disponibilidade de área é reduzida. Todavia, pelo fato de ser implantada uma mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, a manutenção e operação do mesmo são menos simples. Outras desvantagens são o consumo de energia elétrica para aeração e a maior produção de lodo.

Para Giordano (2004), o processo é fundamentado no fornecimento de oxigênio (ar atmosférico ou oxigênio puro), para que os microorganismos biodegradem a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, transformando-a em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por microorganismos característicos do processo. Esta característica é utilizada para a separação da biomassa (flocos biológicos) dos efluentes tratados (fase líquida). Os flocos biológicos formados apresentam normalmente boa sedimentabilidade.

De acordo com Sperling (2002), os seguintes itens são partes integrantes e a essência de qualquer sistema de lodos ativados de fluxo contínuo:

- tanque de aeração (reator);
- tanque de sedimentação (decantador secundário);
- recirculação de lodo;
- retirada de lodo excedente.

Os sistemas de lodos ativados são classificados de acordo com a idade do lodo e esta se aplica tanto pra sistemas de fluxo contínuo quanto para sistema de fluxo intermitente. Porém, a aeração prolongada é mais comum em sistemas de fluxo intermitente. Quanto ao sistema de lodos ativados como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, a opção mais conveniente é a da idade do lodo convencional (SPERLING 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, para a realização da pesquisa proposta, foi selecionada uma empresa de celulose e papel localizada na região do meio oeste do estado de Santa Catarina, que utiliza no tratamento de seus efluentes o sistema do tipo lodo ativado, sendo alvo do estudo a empresa Celulose Irani, localizada no município de Vargem Bonita, uma fábrica integrada de celulose e papel com capacidade de produção de 17 mil toneladas de papel mensais, divididas em 5 máquinas.

Em um segundo momento, foram feitas visitas in loco na empresa selecionada para conhecer o tipo de sistema de tratamento de efluentes implantado e seu funcionamento.

Em uma terceira etapa do trabalho, junto à empresa, foram definidos dois pontos de coletas de amostras de águas e efluentes que seriam submetidas às análises físico-químicas em laboratório, definidos como: entrada do reator e saída final, para posterior cálculo da eficiência.

Os resultados experimentais dos parâmetros de qualidade dos efluentes foram determinados por meio de análises em laboratório mediante amostras coletadas nos diversos pontos de coletas. Os mesmos foram comparados com padrões de qualidade estabelecidos pela legislação estadual do Estado de Santa Catarina, Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009 e pela resolução Federal do CONAMA n. 430, com objetivo de verificar a qualidade do efluente produzido pela empresa e lançado no corpo receptor.

As amostras foram coletadas durante três meses (junho, julho e agosto de 2011) sempre nos mesmos pontos de coleta e nos mesmos períodos do dia. As amostras foram coletadas e transportadas conforme Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1992) e imediatamente submetidas às análises físico-químicas. As análises foram realizadas em triplicata no laboratório de Saneamento e Águas da Unoesc, Joaçaba.

O tratamento e acondicionamento dos dados obtidos por meio desse estudo foram ordenados e planilhados, utilizando o software Microsoft Office Excel para facilitar seu entendimento. A partir dos mesmos foram elaborados gráficos e tabelas a fim de auxiliar na análise das informações, bem como os resultados dos testes foram comparados aos valores exigidos pela legislação vigente para verificar se os parâmetros de qualidade do efluente tratado na estação de tratamento da empresa atendem aos padrões estabelecidos.

3.1 METODOLOGIA DE CÁLCULOS PARA EFICIÊNCIA DO SISTEMA

A eficiência do sistema de tratamento de efluentes da respectiva empresa foi determinada em percentual, a partir da comparação da média dos resultados dos parâmetros obtidos no primeiro ponto de coleta denominada efluente bruto, com a média dos resultados dos parâmetros obtidos no segundo ponto de coleta, denominado saída final do tratamento. Os cálculos foram desenvolvidos considerando os resultados médios em unidades padrões dos parâmetros analisados; no primeiro ponto de coleta, como sendo peso 100% e os resultados médios obtidos nos parâmetros em unidades padrões; no segundo ponto de coleta, como sendo peso X%. Após a realização dos cálculos e a obtenção dos valores, analisou-se o decréscimo dos valores encontrados entre o ponto de coleta do efluente bruto e o ponto de coleta do efluente tratado, diminuindo de 100% o valor de X% encontrado.

4 RESULTADOS

Após a coleta das amostras na indústria e a realização de seus procedimentos analíticos em laboratório, foram obtidos os seguintes resultados para os parâmetros físico-químicos propostos no projeto inicial.

Tabela 4 – comparação entre a lei 14.675 e resolução conama nº 430 com os resultados obtidos na empresa

Parâmetro	Média obtida na empresa – Ponto Entrada do Reator	Média obtida na empresa – Ponto Saída Final	Padrões de emissão de efluentes líquidos – Lei 14.675	Padrões de lançamento de efluente Resolução CONAMA n. 430
Cor	320,67 UH	113,50 UH	(1)	(5)
Turbidez	77,85 UT	17,63UT	-	(5)
Temperatura	29,72°C	17,22°C	< 40 °C (2)	< 40 °C
pH	6,85	7,72	6 a 9	5 a 9
Oxigênio Dissolvido	0,38 mg/l	4,88 mg/l	-	(5)
Sólidos Dissolvidos	578,20 mg/l	44,67 mg/l	-	-
Ferro	2,21 mg/l	0,20 mg/l	-	15 mg/l
Sólidos Totais	2020,33 mg/l	240,67mg/l	-	-
Cloretos	95,57 mg/l	69,90 mg/l	-	-
Manganês	2,59 mg/l	1,04 mg/l	1 mg/l	1 mg/l
DBO ₅	987,67 mg/l	40,58 mg/l	60 mg/l (4)	Remoção de 60% (3)
DQO	2338,33 mg/l	253,0 mg/l	#	#
Fosfato Total	1,10 mg/l	0,59 mg/l	4 mg/l (6)	(5)
Sulfatos	599,17 mg/l	25,0 mg/l	-	(5)
Surfactantes	1,85 mg/l	2,16 mg/l	2 mg/l	(5)
Nitrogênio Total	5,10 mg/l	4,97 mg/l	-	20 mg/l

Fonte: o autor.

Notas:

A tabela anterior lista apenas os parâmetros principais.

- A resolução CONAMA n. 430 e a Lei 14.675, não estabelecem concentração máxima de DQO

- (1): Os padrões de cor e outros parâmetros dos efluentes líquidos devem ser regulamentados pelo CONSEMA (Conselho Estadual do Meio Ambiente);
- (2): A variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder 3 °C na zona de mistura, desde que não comprometa os usos previstos para o corpo d'água;
- (3): Remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove o atendimento as metas do enquadramento do corpo receptor.
- (4): Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento biológico de água residuária que reduza a carga de poluidora em termos de BDO₅ dias 20 °C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento).
- (5): O lançamento de efluente deverá simultaneamente:
Atender as condições e padrões de lançamento de efluentes;
Não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade da água, estabelecidos pelas respectivas classes, nas condições de vazão de referência e;
Atender a outras exigências aplicáveis.
- (6): O efluente deve atender aos valores de concentração acima estabelecidos ou os sistemas de tratamento que devem operar com a eficiência mínima de 75% (setenta e cinco por cento) na remoção de fósforo, desde que não altere as características dos corpos de água previstas em lei.

Conforme observado na tabela, os valores médios dos parâmetros, determinados por meio de análise físico-químicas, coletados em pontos considerados estratégicos para a determinação da eficiência do tratamento na empresa objeto de estudo, são comparados com os padrões vigentes para o lançamento de efluentes.

Considerando-se que as amostras foram coletadas na entrada do reator, onde já passaram pela parte primária do sistema de tratamento de efluentes, o decréscimo de poluição em relação à saída final é menor se comparado com o efluente que não recebeu nenhum tipo de tratamento (efluente bruto), por isso admite-se que a eficiência calculada no presente trabalho de pesquisa, refere-se à etapa secundária de tratamento (parte biológica), e etapa terciária (desinfecção e melhora na qualidade do efluente).

Com base nos dados apresentados na Tabela 4, para o parâmetro cor é possível identificar que no ponto de coleta entrada do reator o mesmo apresenta índice de coloração elevada em virtude da grande quantidade de lavagens da polpa celulósica e adição de produtos químicos e demais substâncias dissolvidas na água durante o processo produtivo. Todavia, no ponto de coleta saída final do sistema de tratamento, o parâmetro cor está em conformidade com os padrões estabelecidos pelas legislações Estaduais e Federais em vigor. A eficiência média do sistema de tratamento durante o período em estudo é de aproximadamente 64,6% em relação a este parâmetro de qualidade.

Tendo em vista que o sistema recebe diferentes quantidades de partículas em suspensão durante sua operação, podendo haver maior ou menor redução das mesmas na passagem pelo sistema primário de tratamento, este por sua vez, tem influência direta no parâmetro turbidez. Verifica-se, pelos dados apresentados, na Tabela 4 que o parâmetro turbidez encontra-se em níveis relativamente baixos, aproximadamente 78 UT em média, no ponto de coleta definido como entrada do reator, o que significa que o sistema primário de tratamento possui satisfatória eficácia na remoção de sólidos em suspensão. No ponto de coleta saída final, ocorre um decréscimo em média de 77,35%, sendo esta considerada à eficiência do tratamento para o parâmetro de qualidade em análise .

Relatando-se ao parâmetro temperatura o mesmo pode ser influenciado por fatores tais como altitude, latitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade local, no ponto de coleta entrada do reator observa-se por meio da Tabela 4 que o valor médio é de aproximadamente 30 °C, o que favorece o desenvolvimento dos microorganismos no tanque de aeração

responsáveis pela oxidação da matéria orgânica. No ponto de coleta saída final este valor é de aproximadamente 18 °C, dessa forma, estando bem abaixo dos valores preconizados pela legislação em vigor, não comprometendo as características do corpo receptor. Podemos assim afirmar que o tratamento está sendo eficaz no que diz respeito ao parâmetro temperatura.

No processo Kraft de produção de papel, fundamentado pela adição de hidróxido de sódio no cozimento da madeira, claramente se produz um efluente essencialmente alcalino. Entretanto, para o parâmetro pH do efluente nos pontos de coleta abordados durante o período de estudo predominam valores próximos de 7, indicando neutralidade e permanecendo em conformidade com os padrões de qualidade estabelecido pela legislação do CONAMA, sendo satisfatórios para o desenvolvimento da fauna e flora no ecossistema. No ponto de coleta denominado entrada do reator, verifica-se, valores uniformes, determinando, assim, que apesar da adição de produtos e substâncias químicas durante o processo produtivo, as mesmas permanecem em ciclos fechados de aplicação e são recuperadas e reutilizadas, não provocando alterações significativas no parâmetro pH de seus efluentes.

Se tratando do parâmetro oxigênio dissolvido, no ponto de coleta denominado entrada do reator, percebe-se, baixa concentração de OD. A razão disso ocorre pela grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, substâncias tóxicas e resinas presentes no efluente e originária dos processos produtivos da empresa. Esta matéria orgânica serve de alimento para os microorganismos de origem aeróbicos durante sua estabilização; os microorganismos fazem uso do OD na realização de seus processos respiratórios, causando uma redução do OD no efluente. No entanto, no ponto de coleta denominado saída final do sistema do tratamento, o valor médio de OD é de aproximadamente 5 mg/l, um aumento médio de 92,2% na concentração OD, mostrando que o tanque de aeração compensa a baixa carga de oxigênio dissolvido do efluente de entrada promovendo a eficiência do sistema de tratamento em relação a este parâmetro de qualidade.

Referindo-se ao parâmetro ferro, nota-se que no ponto de medição denominado entrada do reator, submetido à etapa primária de tratamento, sua concentração é baixa, em torno de 2,2 mg/l, porque o efluente já passou pela etapa primária de tratamento removendo, assim, parte de seus poluentes. No ponto de medição saída final do tratamento a concentração máxima de ferro dissolvido para o lançamento de efluentes deve ser de 15 mg/l; analisando a Tabela 4 percebe-se que para o parâmetro ferro na saída final do tratamento o valor aproximado é de 0,2 mg/l em média, estando, portanto, em conformidade com os padrões estabelecidos em resolução. A eficiência média do tratamento é de aproximadamente 92% para o parâmetro em análise, comprovando elevada eficácia do sistema de tratamento para o parâmetro em questão.

O parâmetro de qualidade das águas sólido totais é a indicação da presença de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos nas águas e esses, por sua vez, estão relacionados com sólidos de origem orgânica denominados sólidos voláteis e sólidos de origem mineral denominados sólidos fixos.

A legislação estadual de Santa Catarina, decreto n. 14.675 e a Resolução CONAMA n°. 430 não estipulam concentrações máximas de sólidos totais nos corpos receptores, por isso não é possível dizer se o parâmetro encontra-se ou não alterado. Para o parâmetro sólido totais, no ponto de medição denominado entrada do reator, percebe-se que sua concentração é alta, tendo em vista que

já atravessou a etapa primária de tratamento, o que sugere que a concentração de sólidos é significativamente grande no efluente bruto, em sua grande maioria constituída de material de origem orgânica (aparas, fibras, procedência vegetal etc.), presente no efluente bruto oriunda do processo produtivo. Todavia, no ponto de medição saída final, ocorre um decréscimo em média de 88%, sendo esta considerada uma eficiência satisfatória para o sistema de tratamento em estudo.

Com relação ao parâmetro cloretos nota-se ao observar a Tabela 4 que os valores encontram-se relativamente baixos, considerando que o mesmo é resultado da dissolução de sais presentes no efluente durante o ciclo de produção. A legislação estadual de Santa Catarina, decreto n. 14.675 e a Resolução CONAMA n. 430 não estipulam concentrações máximas de cloretos para despejos de efluentes, por isso não é possível estabelecer se o parâmetro encontra-se ou não alterado e se o tratamento tem ou não capacidade de adequar o parâmetro em análise, segundo padrões estabelecidos pelas legislações aplicáveis.

No que diz respeito ao parâmetro manganês, ele está presente na água bruta na forma de bicarbonatos em grandes concentrações, entretanto, analisando a Tabela 4, é possível observar que o parâmetro em estudo apresenta valores baixos, aproximadamente 2,6 mg/l no ponto denominado entrada do reator submetido à etapa primária de tratamento.

Quanto ao parâmetro manganês no ponto de medição saída final; a resolução n. 430 e a Lei n. 14.675 estabelecem concentração máxima de manganês para o lançamento de efluentes em 1 mg/l. Nota-se através da tabela que a empresa estudada possui parâmetro manganês com valor aproximado de 1 mg/l, estando, portanto, em conformidade com os padrões estabelecidos em resolução. É configurada uma eficiência relativamente baixa deste parâmetro cerca de 60% devido às baixas concentrações presentes no efluente de entrada.

Se tratando do parâmetro DBO ele retrata de uma forma direta, o teor de matéria orgânica nos efluentes ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Para o parâmetro DBO no ponto de medição denominado entrada do reator, nota-se que a concentração de DBO é alta, devido à elevada carga orgânica presente no efluente. Pode-se observar ainda que a relação DQO/DBO_5 é elevada aproximadamente seis vezes, isto é, a fração inerte (não biodegradável) é alta. Segundo Sperling (1996), a tendência para esta relação é aumentar, devido à redução gradativa da fração biodegradável, ao passo que a fração inerte permanece praticamente inalterada, isto justifica o elevado valor da relação DQO/DBO_5 , (usualmente maiores que 3), encontrada nas análises laboratoriais.

Reportando-se ao parâmetro DBO no ponto de medição saída final, tomando como base a Lei Estadual n.º 14.675, por apresentar maior rigor no parâmetro em análise em comparação a Resolução CONAMA, em que a mesma estabelece concentração máxima de DBO_5 para o lançamento de efluentes em 60 mg/l, nota-se que a empresa estudada possui parâmetro DBO em conformidade com os padrões estabelecidos em decreto. A eficiência média do tratamento é cerca 96% para o parâmetro em análise. Podemos afirmar que o tratamento está sendo eficaz no que diz respeito ao parâmetro DBO.

Para o parâmetro DQO, a legislação estadual de Santa Catarina lei n. 14.675 e a Resolução CONAMA n. 430 não estipulam padrões máximos para este parâmetro nos corpos receptores, em que o mesmo poderá possuir valores elevados, desde que sua capacidade de autodepuração é demonstrada por intermédio do parâmetro OD, onde as concentrações mínimas não podem desobedecer aos padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. Observa-se, também que o parâmetro de DQO no ponto de coleta entrada do reator é elevado. Isso ocorre devido à grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica, que pode ser biodegradável ou não, sendo que a biodegradável serve de alimentos para microrganismos de origem aeróbicos, pois em seus processos metabólicos aumentam o consumo de OD, bem como a matéria não biodegradável que também faz uso do OD durante suas reações de oxidações. Somando-se os dois fatores ocorre essa elevação no parâmetro DQO do efluente bruto.

Conforme, Normativa COPAM n. 10, de 16 de dezembro de 1986, que estabelece um valor máximo para esse parâmetro de 90 mg/l, para qualidades de águas e efluentes, tendo a mesma como base, pode-se afirmar que a DQO do efluente no ponto de coleta saída final, não se encontra em conformidade com essa normativa, já que o valor médio encontrado neste ponto foi de 253 mg/l, um valor 64% do que o estabelecido na legislação, o que chama atenção para este parâmetro de qualidade e suas influencias sobre o corpo receptor. Como a mesma corresponde ao Estado de Minas Gerais, é citada apenas para efeito de comparação e constatação de qualidade do efluente do sistema de tratamento da empresa em estudo. Apesar do alto valor de DQO do efluente final a eficiência do sistema para este parâmetro de qualidade foi de 90% em média, sendo esta considerada satisfatória.

A concentração de fósforo total no ponto de coleta denominado entrada do reator, submetido à etapa primária de tratamento é baixa, aproximadamente 1,10 mg/l. Os microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica necessitam desses nutrientes para suas atividades metabólicas, por isso o sistema de tratamento por lodo ativado apresenta bons resultados para o parâmetro em análise.

Em relação ao ponto de medição saída final a resolução n. 430 não estabelece concentração máxima de fósforo total para o lançamento de efluentes, cita apenas que o órgão ambiental competente poderá definir padrões específicos para este parâmetro no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores com registro histórico de floração de cianobactérias, em trechos em que ocorra captação para abastecimento público; já a lei n. 14.675 estabelece uma concentração máxima de fósforo total de 4 mg/l (nos lançamentos em trechos de corpos de água contribuintes de lagoas, lagunas e estuários). Observando a Tabela 4, nota-se que o tratamento da empresa estudada possui parâmetro fósforo em média de 0,6 mg/l aproximadamente, estando, portanto, em conformidade com os padrões estabelecidos em bibliografias. Quanto à eficiência média do tratamento, foram removidos em torno de 46% do total de fósforo contido no efluente de entrada, devido ao fato de que seus valores já se encontravam muito baixos. Apesar da baixa eficiência, a remoção foi relativamente grande, pois o efluente final atingiu valores próximos de zero, contribuindo de forma positiva para a não proliferação de algas e aceleração do processo de eutrofização do corpo receptor.

O sulfato está presente na água, na forma de sulfato de cálcio, magnésio, ferro, alumínio, entre outros. As produções de diferentes tipos de papel geram efluentes com características específicas contendo às diversas formas em que o parâmetro sulfato é encontrado. Produtos químicos utilizados no processo produtivo e na manutenção preventiva para lavagem e de máquinas e equipamentos auxiliam também no aumento deste parâmetro. No ponto de coleta entrada do reator, submetido à etapa primária de tratamento, observa-se por meio da Tabela 4 que o parâmetro sulfato é alto, em torno de 600 mg/l em média durante o período destinado ao estudo.

Quanto aos resultados para o parâmetro sulfato no ponto de medição saída final, em que o fluido já passou por todas as etapas de tratamento, a resolução n. 430 não estabelece concentração máxima para o lançamento de efluentes; o mesmo ocorre com a lei n. 14.675 os dois estabelecem apenas a concentração máxima de sulfeto, por isso não é possível estabelecer se o parâmetro encontra-se ou não alterado. No entanto, o efluente final apresenta uma redução de 96% (média) do total de sulfato presente no efluente de entrada, sendo esta considerada a eficiência do sistema.

Para o parâmetro surfactante, no ponto de entrada do reator, submetido à etapa primária de tratamento, observa-se por meio da Tabela 4 que este parâmetro de qualidade possui baixa concentração, aproximadamente 1,85 mg/l em média, apresentado valores abaixo dos exigidos pelas legislações aplicáveis.

Já no ponto de medição saída final, ocorre um aumento de 15% aproximadamente do parâmetro em estudo, que pode ser considerado significativo já que confere ao efluente desconformidade segundo a lei n. 14.675 que estabelece valor máximo para substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno em 2 mg/l. Tomando a mesma como base, verifica-se que o parâmetro em análise encontra-se 0,16 mg/l em média acima do valor preconizado em lei. A dissolução de detergentes no efluente, ou mesmo erros durante as análises laboratoriais podem explicar o aumento deste parâmetro na saída final do tratamento. Com base nos dados para o parâmetro em questão, houve ineficiência, nas etapas secundária e terciária do sistema de tratamento de efluente foco do estudo.

Nos pontos de coleta abordados durante o período de estudo, o parâmetro nitrogênio total apresentou baixas concentrações, tanto para o efluente de entrada quanto para o efluente final. A resolução CONAMA 430 estabelece limite máximo de nitrogênio total em 20 mg/l; observando os valores da Tabela 4, nota-se que para este parâmetro de qualidade as concentrações permaneceram praticamente constantes, havendo pouca variação entre os pontos de coleta, tendo valor médio aproximado de 5 mg/l, atendendo os requisitos exigidos pela resolução aplicável.

5 CONCLUSÃO

Com este estudo podemos concluir que a produção de papel e celulose é uma atividade industrial bastante complexa que demanda a exploração de recursos naturais, (madeira, água) além de consumir grandes quantidades de energia e produzir enormes volumes de efluentes, o que do ponto de vista ambiental torna esta atividade produtiva bastante visada no âmbito de produzir, gerando o mínimo possível de impacto ao meio ambiente.

Por isso mostrou-se importante e necessário diagnosticar a qualidade dos efluentes lançados pela empresa objeto de estudo no corpo receptor para poder tirar conclusões relevantes quanto à eficiência do tratamento aplicado.

Os objetivos foram atingidos integralmente e com sucesso, visto que mediante a pesquisa foi possível analisar o sistema de tratamento existente na empresa em estudo e quantificar sua eficiência, obtendo o conhecimento necessário para determinar que o mesmo está adequando os parâmetros de qualidade dos efluentes, conforme padrões estabelecidos pelas legislações vigentes e contribuindo para a não degradação do meio ambiente.

Verificou-se que os parâmetros temperatura, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, cor verdadeira, fosfato total, manganês, ferro e DBO estão de acordo com a legislação de Santa Catarina, lei estadual n. 14.675 e com a resolução CONAMA n. 430 para lançamento de efluentes ou valores máximos permitidos para a classe do rio receptor. A lei estadual n. 14.675 e a resolução CONAMA n. 357 não estipulam padrões de lançamento para o parâmetro DQO.

Com o monitoramento do sistema de tratamento, por meio da realização de análises físico-químicas, tornou-se possível afirmar que o sistema de tratamento utilizado pela empresa estudada está sendo eficaz na maioria dos parâmetros estudados contribuindo, assim, para a manutenção da qualidade no corpo receptor.

Os efluentes lançados pela empresa em estudo, geralmente estão entre os padrões permitidos para o lançamento nos corpos receptores, e, portanto não causam degradação ambiental.

Abstract

Today the cellulose and paper industries represent a sector of extreme economical and environmental importance, mainly due to the growing consumption of paper and its derivations in the world, and the consequences of the disposal of liquid effluent. As they use a large amount of water, they also produce large amounts of effluent showing the need of accompanying the efficiency of this type of effluent treatment systems in order to produce satisfactory quality physico-chemical and biological quality of waste water effluent and don't compromise the characteristics of the receptor body and the population's health. In this context, the research deals with an experimental study related to the monitoring of the efficiency of the effluent treatment system of a cellulose and paper industry from the Midwest region of Santa Catarina. After determining the physico-chemical parameters of the water, the efficiency and the effluent treatment system of the company were evaluated, also determined as object of the study, the quality of the effluent released by the company in the receptor body was evaluated. The industrial effluents from the cellulose and paper production must be according to the patterns established by the current legislation: CONAMA Resolution no. 430, from May 13th, 2011 and law no. 14,675 from April 13th, 2009. The present study was carried out in the cellulose and paper integrated factory Celulose Irani S.A., which uses the activated sludge type of effluent treatment system. The effluent samples for laboratory analysis were collected in two crucial areas for the further efficiency calculation. The results obtained through the physico-chemical lab analysis showed that the quality parameters dealt in this research are according to the patterns established by the current legislation, showing that the effluent treatment system of the company is operating efficiently.

Keywords: Cellulose and paper. Activated sludge. Effluent.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 14. ed. Washington: AWW-WPCF, 1992.

Associação Brasileira de Celulose e Papel. BRACELPA, Estatística: **Relatório de sustentabilidade 2010**, 2010. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/public/relsustenta/Bracelpa_PDF_Navegavel_PORT_Final.pdf>. Acesso em: 5 out. 2011

BRASIL. Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: 16 maio 2011. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/publicacoes/estatistica-e-informacao-em-saude/residuos-de-servicos-de-saude/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf>. Acesso em: 2 set. 2010.

Centro de Informações Metal Mecânica (CIMM). **Indústria e meio ambiente**. ([199 -?]). Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/noticia/material_didatico/3664> Acesso em: 25 set. 2009.

CPRH. **Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização**: Indústria de Papel e Celulose. Recife, 1998. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/celulose.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

FONSECA, José Alberto V. M. da et. al.; **Tratamento de efluentes líquidos de indústria de papel e celulose**. Limeira: UNICAMP. Disponível em: <<http://www.universoambiental.com.br/Arquivos/Agua/papel%20celulose.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2009.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. 2004. 81 p. Apostila (Efluentes Industriais). Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ. Disponível em: <http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2009.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAN n. 10, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 10 jan. 1987. Disponível em: <<http://www.novaambi.com.br/pdfs/copam.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2010.

PICCOLI, Vagner. **Avaliação da eficiência na remoção da toxicidade dos efluentes oriundos de estação de tratamento de uma fábrica integrada de celulose e papel utilizando como organismo teste daphnia magna**. 2010. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)-Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2010.

PIOTTO, Zeila Chittolina. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel - Estudo de Caso**. 2003. 379 f. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/teses/tese_zeila_c_piotto.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2010.

SANTA CATARINA. Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário Oficial de Santa Catarina**, Florianópolis, 13 abr. 2009. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf>. Acesso em: 2 set. 2010.

SPERLING, Marcos Von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG, 2002.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

_____. **Lagoas de estabilização**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

