

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

GUILHERME HENRIQUE FERRAREZI CHIARI

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES DE UM CURTUME**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

MEDIANEIRA

2015

GUILHERME HENRIQUE FERRAREZI CHIARI



**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES DE UM CURTUME**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo UAB do Município de Paranaíba, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

Orientador(a): Prof. Me. Fábio Orssatto

EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA

MEDIANEIRA

2015



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação da Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes de um Curtume

Por

Guilherme Henrique Ferrarezi Chiari

Esta monografia foi apresentada às 18:30 h do dia **13 de Abril de 2015** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo de Paranavaí, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^o. Me. Fábio Orssatto
UTFPR – Câmpus Medianeira
(orientador)

Prof^a Dr. Eliane Rodrigues dos Santos Gomes
UTFPR – Câmpus Medianeira

Prof^o Éder Lisandro de Moraes Flores
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico a meus pais, irmãos e à Letícia, meu amor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Marcos e Guiomar, pela orientação, dedicação e incentivo nessa fase do curso de pós-graduação e durante toda minha vida.

A Letícia, meu amor, pelo apoio incondicional nessa e em outras etapas de minha vida.

Ao meu orientador professor Me. Fábio Orssatto pelas orientações e paciência ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Câmpus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Agradeço aos colegas do curso pelo conhecimento compartilhado e bons momentos que tivemos no decorrer do curso.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

“The beautiful thing about learning is that nobody can take it away from you”. (B.B. King)

RESUMO

CHIARI, Guilherme Henrique Ferrarezi. Avaliação da Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes de um Curtume. 2015. 43 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

Devido ao constante aumento das exigências e fiscalização dos órgãos ambientais quanto ao lançamento de efluentes industriais nos corpos receptores, as indústrias vêm procurando tratar adequadamente seus efluentes e, para isso, necessitam de um sistema de tratamento que seja eficiente. Este trabalho analisou a eficiência do sistema de tratamento de efluentes líquidos gerados pela atividade de indústria coureira. O sistema de tratamento de efluentes estudado consiste em tratamentos primários, secundários (lagoas de decantação e aeração com mistura completa) e terciários (lagoa de polimento). Para a determinação da eficiência do sistema de tratamento, foram analisados os parâmetros pH, DQO, DBO, Cromo Total, Sulfetos, Nitrogênio Amoniacal, Óleos e Graxas e Sólidos Sedimentáveis. Os resultados apresentaram uma boa eficiência na remoção dos parâmetros analisados, com destaque, para os parâmetros Cromo Total, Nitrogênio Amoniacal e Sólidos Sedimentáveis.

Palavras-chave: Curtumes, Cromo Total, Nitrogênio Amoniacal, Eficiência.

ABSTRACT

CHIARI, Guilherme Henrique Ferrarezi. Efficiency Evaluation of Wastewater Treatment System of a Tannery. 2015. 43 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

Due to the ever increasing requirements and supervision of environmental agencies on the disposal of industrial effluents in receiving bodies, the industries are looking for properly treating their wastewater and, therefore, require a treatment system that is efficient. This study analyzed the efficiency of the wastewater treatment system generated by the leather industry activity. The wastewater treatment system studied consisting of primary, secondary treatments (decantation and aeration ponds with thorough mixing) and tertiary (polishing pond). To determine the efficiency of the treatment system, the parameters pH, COD, BOD, Total Chromium, Sulfides, Ammonia, Oils and Greases and Solids Settleable were analyzed. The results showed good efficiency in the removal of the analyzed parameters, especially for the Chrome Total, Ammonia and Solid Settleable parameters.

Keywords: Tanneries, Chrome Total, Ammonia, Efficiency.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reduções Obtidas após Tratamento Primário Físico-Químico (Centro Tecnológico do Couro, RS)	18
Tabela 2 - Condições e Padrões de Lançamentos de Efluentes Líquidos de Curtumes – CEMA 0070/09 - Anexo 07 (Modificado).....	27
Tabela 3 - Dados Analíticos de pH e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos.	30
Tabela 4 - Dados Analíticos de DQO e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	31
Tabela 5 - Dados Analíticos de DBO e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	31
Tabela 6 - Dados Analíticos de Cromo Total e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	32
Tabela 7 - Dados Analíticos de Sulfetos e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	33
Tabela 8 - Dados Analíticos de Nitrogênio Amoniacal e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	34
Tabela 9 - Dados Analíticos de Óleos e Graxas e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L ⁻¹	35
Tabela 10 - Dados Analíticos de Sólidos Sedimentáveis e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mL L ⁻¹	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 PROCESSO INDUSTRIAL DO CURTUME.....	14
3.1.1 Pele Verde.....	15
3.1.2 Descarne	15
3.1.3 Caleiro	16
3.1.4 Divisão.....	16
3.1.5 Curtimento	16
3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CURTUME	17
3.2.1 Tratamento Primário.....	17
3.2.2 Tratamento Secundário	18
3.2.3 Tratamento Terciário	19
3.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DO CURTUME	19
3.3.1 Peneiramento	19
3.3.2 Tanque de Homogeneização (Equalização).....	20
3.3.3 Neutralização	20
3.3.4 Coagulação e Floculação	20
3.3.5 Decantação Primária	21
3.3.6 Lagoa Aerada de Mistura Completa – Lagoa de Decantação Secundária	21
3.3.7 Lagoa de Polimento	22
3.4 PARÂMETROS A SEREM MONITORADOS	22
3.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	22
3.4.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	23
3.4.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	23
3.4.4 Cromo Total.....	24
3.4.5 Sulfetos	24
3.4.6 Nitrogênio Amoniacal	24
3.4.7 Óleos e Graxas	25
3.4.8 Sólidos Sedimentáveis	25
3.5 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TRATAMENTOS	26
3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	26
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
4.2 TIPO DE PESQUISA.....	28
4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	28
4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	28
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	30
5.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)	30
5.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	31
5.4 Cromo Total.....	32
5.5 Sulfetos	33
5.6 Nitrogênio Amoniacal	34
5.7 Óleos e Graxas	35
5.8 Sólidos Sedimentáveis	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38

REFERÊNCIAS.....	39
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento das discussões acerca do impacto ambiental originado pelo descarte dos resíduos industriais tem movido a um maior rigor da fiscalização tratando-se das leis ambientais, conseqüentemente, vem obrigando as atividades potencialmente poluidoras a adotar medidas cabíveis que amenizem os impactos ambientais sobre os recursos hídricos.

De acordo com Silva et al. (2005), as indústrias na área química, uma vez que trabalham com substâncias muitas vezes tóxicas e/ou inflamáveis, apresentam grande possibilidade de riscos ao meio ambiente. A Agenda 21, documento onde diferentes bases geográficas se comprometem a prezar pelo desenvolvimento sustentável, propõe a promoção de uma produção limpa juntamente com responsabilidade empresarial.

A indústria de couro caracteriza-se como um dos setores de grande importância para a economia brasileira, pois segundo Cunha (2011), no ano de 2009 ocupava posição de destaque entre os principais países exportadores de couro e possuía cerca de 700 empresas no país, compreendendo desde curtumes completos a seções de acabamentos, que geram uma poluição hídrica bastante elevada.

Segundo Adzet et al. (1986 apud Souza, 2007), o volume estimado de águas residuais gerados pelas indústrias coureiras mundialmente é de 500 milhões de metros cúbicos anuais, equivalendo ao volume de efluente gerado por 6,5 milhões de habitantes, porém com carga contaminante bem mais elevada. Para melhor entendimento, na produção de uma unidade de couro são utilizados aproximadamente 600 litros de água. Da pele esfolada até o produto acabado podem ocorrer dezenas de reações químicas tanto de origem orgânica quanto inorgânica, e muitas das etapas do processo de tratamento da pele são realizadas em fase aquosa (HOINACKI, 1989).

Dentre os principais poluentes presentes nos despejos da indústria coureira, uma vez que esta possui diversas etapas de processamento de sua matéria-prima, destacam-se a DBO, DQO, sólidos em suspensão, amônia, sulfetos e cromo, de acordo com Chernicharo et al (1996).

A indústria coureira, visando atingir as exigências ambientais, vem aperfeiçoando técnicas e investindo em equipamentos para suas estações de

tratamento de efluentes. De acordo com Chernicharo et al (1996), os processos de tratamento biológico são mais empregados que os processos físico-químicos, devido a elevada utilização de produtos químicos e a elevada geração de lodo deste último, e a tecnologia mais utilizada, a nível mundial e nacional, é a do tratamento aeróbio por lodos ativados, com decantação primária, no entanto, o emprego deste tipo de tecnologia implica num elevado custo de implantação, de operação, dentre outros que torna essa tecnologia mais acessível a empresas maior e melhor aparelhadas.

Este trabalho irá analisar a eficácia de uma estação de tratamento de efluentes do Curtume (o nome da empresa não será divulgado) com base nos resultados obtidos em análises laboratoriais do efluente bruto e efluente tratado, em um período de seis meses (01/2014 a 06/2014).

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar a eficácia do sistema de tratamento de efluentes do Curtume e avaliar a adequação dos parâmetros perante a legislação vigente.

2 JUSTIFICATIVA

Escolheu-se o tema abordado devido à importância da indústria coureira no cenário nacional e mundial. De acordo com Cunha (2011), o Brasil ocupava, no ano de 2009, posição de destaque entre os países exportadores de couro e possuía cerca de 700 empresas do ramo coureiro, bem como, pela sua elevada poluição hídrica, segundo Hoinacki (1989), para a produção de uma unidade de couro são utilizados cerca de 600 litros de água, além das diversas reações químicas que ocorrem durante os processos de tratamento da pele, resultando, de acordo com Adzet et al. (1986 apud SOUZA, 2007), em um volume de efluentes gerados pelas indústrias coureiras mundiais estimado em 500 milhões de metros cúbicos.

Sabendo disto, este trabalho terá o propósito de avaliar a eficácia da estação de tratamento de efluentes do Curtume, bem como, a adequação do efluente gerado à legislação vigente, a partir de dados de análises laboratoriais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A indústria coureira caracteriza-se como um dos setores de grande importância para a economia brasileira ocupando em 2009, segundo Cunha (2011), posição de destaque entre os principais países exportadores de couro e com cerca de 700 empresas no país, compreendendo desde curtumes completos a seções de acabamentos, que geram uma poluição hídrica bastante elevada.

A indústria coureira, visando atingir as exigências ambientais, vem aperfeiçoando técnicas e investindo em equipamentos para suas estações de tratamento de efluentes, com compreendem desde os tratamentos primários aos terciários. De acordo com Chernicharo et al (1996), os processos de tratamento biológico são mais empregados que os processos físico-químicos, devido a elevada utilização de produtos químicos e a elevada geração de lodo deste último, e a tecnologia mais utilizada, a nível mundial e nacional, é a do tratamento aeróbio por lodos ativados, com decantação primária, no entanto, o emprego deste tipo de tecnologia implica num elevado custo de implantação, de operação, dentre outros que torna essa tecnologia mais acessível a empresas maior e melhor aparelhadas.

Dentre os principais poluentes presentes nos despejos da indústria coureira, uma vez que esta possui diversas etapas de processamento de sua matéria-prima, destacam-se a DBO, DQO, sólidos em suspensão, amônia, sulfetos e cromo, de acordo com Chernicharo et al (1996).

3.1 PROCESSO INDUSTRIAL DO CURTUME

De acordo com Gutterres e Osório (2004), para a obtenção do couro bovino, durante o processo de transformação, a pele sofre diversas modificações em sua estrutura e propriedades físicas e químicas.

O processo de curtimento de couro envolve várias etapas físicas e químicas. A Figura 1 mostra a sequência das etapas do processo industrial do curtume em discussão. Para maior esclarecimento será citada brevemente a sequência de algumas destas etapas.

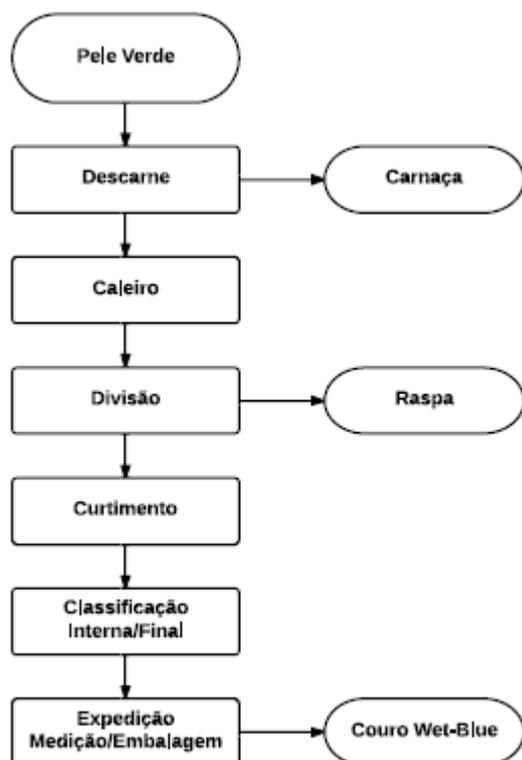


Figura 1: Fluxograma do Processo Industrial do Curtume.

3.1.1 Pele Verde

Segundo Moreira (2003), a pele recém tirada do animal, ou seja, após a etapa de esfola, é denominada pele fresca, crua, ou “in-natura”. Entretanto, a denominação verde é mais comum para este tipo de pele. A utilização deste tipo de pele constitui-se na melhor solução para a diminuição do impacto ambiental provocado por conservantes, como o sal, utilizados para inibir o processo de decomposição.

3.1.2 Descarne

Segundo Hoinack (1994), o descarte trata-se de uma operação mecânica que retira a camada inferior da pele, também denominada hipoderme, que une a pele ao corpo do animal e constitui cerca de 15% da espessura total da pele fresca.

Sua finalidade é, segundo Barros et al (2001), facilitar a penetração dos produtos químicos aplicados em etapas posteriores. O resíduo removido desta etapa é denominado carnaça e pode ser reaproveitado na nutrição animal, adubo, cola entre outros.

3.1.3 Caleiro

O processo de enclagem e depilação ou caleiro objetiva a remoção do pelo e todo o sistema epidérmico além de preparar a pele para operações posteriores. Nesta etapa é observada uma forte ação sobre o colágeno e outras proteínas, ocorre a abertura e o intumescimento da estrutura fibrosa e ação sobre gorduras (BARROS et al, 2001).

3.1.4 Divisão

A divisão é uma operação que tem como intuito dividir as peles em duas ou mais camadas: superficial, chamada de flor (parte mais valiosa) e inferior denominada raspa. Esta etapa é efetuada em uma máquina de dividir que consiste em fazer a pele passar entre dois rolos paralelos onde circula uma navalha de aço que efetua o corte (BAUR, 2012).

3.1.5 Curtimento

De acordo com Claas e Maia (1994), o curtimento consiste na transformação da pele em material imputrescível e estável, onde a pele é transformada em couro. Atualmente, os sais de cromo são os mais utilizados como curtentes.

É nesta etapa em que ocorre o aumento da estabilidade de todo o sistema colágeno, diminuindo a capacidade de intumescimento do mesmo, aumento da temperatura de retração e estabilização perante as enzimas. Após esta etapa, o couro recebe o nome de wet-blue (tradução literal: azul úmido), devido a consistência e coloração apresentados (ADZET et al., 1986 apud SOUZA 2007).

Após o curtimento o couro passa por outros processos químicos e físicos, de acordo com a finalidade destinada, no entanto, é de interesse neste estudo citar apenas até a fase de curtimento, couro wet-blue, uma vez que esta é a fase final do processo da indústria estudada.

3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CURTUME

Devido à preocupação ambiental e as exigências das leis ambientais, há uma tendência em, cada vez mais, buscar alternativas para o tratamento de efluentes visando à redução da emissão de poluentes em corpos hídricos.

Normalmente, segundo Aquim (2009), as estações de tratamento de curtumes consistem em tratamento primário ou físico-químico e tratamento secundário ou biológico, podendo também, em alguns casos, possuir tratamento terciário ou de polimento.

A seguir são apresentadas as etapas do tratamento de efluentes usualmente empregadas pelas indústrias de curtume.

3.2.1 Tratamento Primário

O tratamento primário, de acordo com Claas e Maia (1994) apud Scapini (2007), tem a finalidade de atuar nas características físico-químicas do efluente, ou

seja, teor de sólidos, turbidez, gordura, DBO, toxidez, dentre outras, permitindo que o tratamento secundário opere em melhores condições.

Para isso, ainda segundo os autores, na maioria das vezes são empregadas etapas como o gradeamento, remoção de óleos e graxas (caixa de gordura), peneiramento, precipitação do cromo, homogeneização e/ou equalização (mistura de diversos banhos a fim de torná-los uniformes), neutralização (correção do pH), coagulação, floculação e separação dos flocos.

De acordo com Freitas (2006), com o tratamento primário é possível alcançar boa redução dos parâmetros, desde que a indústria proceda às reciclagens e adote um controle operacional rigoroso. A Tabela 1 exhibe as porcentagens de redução possíveis de atingir com o tratamento primário para alguns parâmetros.

Tabela 1 - Reduções Obtidas após Tratamento Primário Físico-Químico (Centro Tecnológico do Couro, RS)

Parâmetros	Reduções
Sólidos Sedimentáveis	98-100%
DBO	40-60%
DQO	50-70%
Sulfetos	Cerca de 100%
Cromo	Cerca de 100%

Fonte: Claas e Maia (1994).

3.2.2 Tratamento Secundário

O tratamento secundário, segundo Claas e Maia (1994) citado por Scapini (2007), objetiva a retirada de matéria orgânica e alguns nutrientes, onde são retirados apenas os compostos biodegradáveis. Os processos envolvidos são conduzidos de maneira a acelerar os mecanismos de deterioração que ocorrem naturalmente em corpos receptores.

Este tipo de processo, citando os mesmos autores, por envolver fenômenos biológicos, depende de alguns fatores físico-químicos como o pH, a temperatura e a concentração de Oxigênio Dissolvido (OD), que são diretamente responsáveis pelo desenvolvimento dos microrganismos do sistema, além da presença de outros compostos que podem agir como inibidores.

Para o desenvolvimento favorável dos sistemas biológicos a temperatura ideal deve situar-se entre 20° C e 30° C. A faixa de pH ideal varia entre 6,0 e 8,0, lembrando que o pH está diretamente ligado à cinética enzimática. O OD é essencial para sistemas aeróbicos e sua concentração ideal gira em torno de 1 a 2 mg.L⁻¹. A concentração de OD varia de acordo com a temperatura do meio e a pressão atmosférica. Ainda há a necessidade de uma concentração ideal de nutrientes como nitrogênio e fósforo, sendo que em casos em que efluentes sejam pobres em nutrientes, estes devem ser adicionados para o funcionamento adequado (CLAAS E MAIA, 1994 apud SCAPINI, 2007).

3.2.3 Tratamento Terciário

A utilização do tratamento terciário, de acordo com Claas e Maia (1994) apud Scapini (2007), não é muito comum em curtumes. No entanto existem diversos estudos envolvendo a aplicação de tratamentos complementares às operações realizadas, com o objetivo de remover poluentes específicos que eventualmente não tenham atingido os padrões de emissão do efluente e/ou o aumento da eficácia dos processos utilizados no tratamento de efluentes.

3.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE) DO CURTUME

A seguir são relacionadas principais etapas da ETE do Curtume com breve discussão.

3.3.1 Peneiramento

Tem como objetivo principal, a remoção de sólidos grosseiros que, por sua natureza ou tamanho, podem criar problemas em etapas posteriores (SCAPINI, 2007).

3.3.2 Tanque de Homogeneização (Equalização)

Tem a finalidade, de acordo com Scapini (2007), de misturar os diversos banhos a fim de torná-los uniformes, evitando, desta maneira, o choque de cargas nas unidades posteriores do tratamento. Além disso, o tanque de homogeneização funciona também como tanque de acúmulo em situações isoladas como necessidade de reciclo de um efluente que não atingiu os padrões de emissão ou altas descargas de efluente.

3.3.3 Neutralização

Tem por finalidade a melhoria das condições de flocculabilidade e a posterior decantação através do ajuste do pH para uma faixa de 8,0 a 8,5. Por exemplo, um efluente ácido ou de pH baixo é neutralizado com um produto alcalino, e um efluente alcalino ou com pH alto é neutralizado com um produto ácido (SCAPINI, 2007).

3.3.4 Coagulação e Flocculação

Coagulação, segundo Scapini (2007), é um processo químico de desestabilização das partículas coloidais ou em suspensão que é realizado mediante a adição de produtos químicos que interagem com os sólidos aumentando o seu peso molecular através do desenvolvimento de cargas de superfície nas partículas sólidas coloidais ou em suspensão, isso implica no desenvolvimento de forças atrativas entre as partículas, anulando as forças repulsivas. Disso resulta a formação

de flocos de maior peso molecular e tamanho, possibilitando, dessa forma, sua sedimentação.

A floculação complementa a etapa de coagulação e visa acelerar o processo de sedimentação das partículas sólidas coaguladas mediante sua aglomeração, para a formação de agregados maiores e mais densos (SCAPINI, 2007).

Podem ser utilizados diversos produtos químicos, a Empresa utiliza o polí cloreto de alumínio (PAC), que possui dentre algumas vantagens a efetividade em uma larga faixa de pH, formação de flocos grandes, rígidos e pesados que aumentam a velocidade da decantação, no entanto, apresenta alto custo em relação a outros produtos como o Sulfato de Alumínio.

3.3.5 Decantação Primária

A decantação visa remover o material sólido presente no efluente, para tanto, este é mantido em tanques, por determinado tempo, sob condições de repouso, para que as partículas sólidas se sedimentem pela ação da gravidade. Deste processo obtêm-se ótimas condições de separação de lodo gerado pelo acúmulo das partículas sólidas sedimentadas, do líquido clarificado. Para uma decantação eficiente, é recomendado um tempo de retenção em torno de 2 a 2,5 horas. Cabe ressaltar a necessidade de remoção periódica do lodo sedimentado, pois do contrário, pode ocorrer a perda deste (SCAPINI, 2007).

3.3.6 Lagoa Aerada de Mistura Completa – Lagoa de Decantação Secundária

O sistema, de acordo com Scapini (2007), é constituído basicamente por uma lagoa com reatores biológicos, onde os efluentes provenientes da decantação primária são submetidos à aeração artificial. Na lagoa aerada ocorrem as reações de degradação da matéria orgânica e da matéria nitrogenada, representando um sistema de alta taxa de eficiência na remoção de carga poluente.

Após passar pela lagoa aerada o efluente segue para a lagoa de decantação secundária que tem a finalidade de sedimentar os sólidos (biomassa), que formam o lodo ativado. Este lodo é formado por bactérias que irão degradar a matéria orgânica, e retorna para a lagoa aerada por meio de bombeamento, fazendo, dessa forma a recirculação do lodo ativado (VON SPERLING, 1996).

3.3.7 Lagoa de Polimento

Esta etapa visa a eliminação de organismos patogênicos, particularmente coliformes termorresistentes contidos nos despejos de esgotos. Diversos fatores contribuem para tal, como temperatura, insolação, pH, falta de nutrientes, entre outros (VON SPERLING, 1996).

3.4 PARÂMETROS A SEREM MONITORADOS

Diversos são os parâmetros para caracterizar a contaminação das águas. A seleção dos parâmetros a serem monitorados, baseia-se nas características dos efluentes do curtume. A seleção dos parâmetros a serem monitorados, baseia-se nas características específicas dos efluentes de curtume, uma vez que a indústria a ser analisada processa peles bovinas somente até a fase de curtimento.

Os parâmetros que serão monitorados na realização deste trabalho serão brevemente discutidos a seguir:

3.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica o caráter ácido ou básico dos efluentes. Segundo Giordano (1999), o pH é um parâmetro fundamental no controle do processo nos tratamentos de efluentes.

O pH é definido como o cologarítimo da concentração de íons de hidrogênio, sendo que sua escala vai de 0 a 14, em que o pH 7,0 corresponde à neutralidade à 25°C e substâncias com pH abaixo de 7,0 são consideradas ácidas e com pH acima de 7,0 são consideradas alcalinas.

Devido às características específicas dos efluentes de curtumes, sua faixa de pH situa-se entre 7 e 9. Essa faixa de pH possibilita trabalhar com o efluente mais próximo do pH de precipitação do cromo, que é entre 8,0 e 8,5, e o residual de sulfeto também necessita de pH acima de 7,0, para evitar o desprendimento do gás sulfídrico (H₂S) (CLASS E MAIA, 1994).

3.4.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A demanda química de oxigênio (DQO) expressa a medida de oxigênio equivalente à porção de matéria inorgânica e orgânica capaz de ser oxidada por um agente oxidante forte (APHA, 2005).

Os efluentes brutos de curtume caracterizam-se por possuírem uma DQO elevada, sendo que, segundo Class e Maia (1994), cerca de 43% da DQO global gerada no processo advém da etapa de encalagem.

3.4.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para o consumo de matéria orgânica biodegradável por microrganismos aeróbios presentes no sistema aquático e constitui um importante parâmetro na caracterização do seu grau de poluição (BAIRD, 2002). Em tratamento de efluentes, a DBO, é um importante parâmetro para o controle da eficiência das estações, tanto em processos físico-químicos, quanto aeróbios e anaeróbios.

3.4.4 Cromo Total

De acordo com Andreoli et al. (2001), o cromo é considerado o vilão das indústrias curtidoras por ser conhecido pelo seu potencial tóxico. É essencial aos seres humanos em certas quantidades, mas em casos de intoxicação normalmente são afetados pelo cromo o fígado, rins, sistema circulatório e trato gastrointestinal.

No processo de curtimento de peles bovinas utiliza-se o cromo em sua forma trivalente, respeitando os limites estabelecidos pela legislação não caracteriza nocividade ao meio ambiente. O principal problema está na transformação do cromo III em cromo VI (SOUZA, 2007).

Atualmente os projetos para tratamento de efluentes têm sido esquematizados e operados com o objetivo de reduzir ao máximo a emissão de cromo, para satisfazer as exigências da legislação.

3.4.5 Sulfetos

O sulfeto de sódio (Na_2S) é empregado para destruir a epiderme e os pelos, no processo de depilação (AQUIM, 2009). O problema do sulfeto de sódio, de acordo com Souza (2007), deriva quando o pH do efluente eleva-se para 9,5 em que há a liberação de gás sulfídrico (H_2S) que é tóxico e apresenta um odor característico de ovo podre. Em baixas concentrações causa náuseas, dor de cabeça e irritação nos olhos, podendo ser letal em concentrações maiores.

A melhor forma de eliminação de sulfeto do efluente consiste na reutilização dos banhos de depilação e caleiro principal, prosseguindo para o tratamento apenas os banhos com contribuição secundária de sulfeto, onde podem ser aplicadas a oxidação catalítica com permanganato de potássio ou peróxido de hidrogênio (CLAAS; MAIA, 1994).

3.4.6 Nitrogênio Amoniacal

A amônia e nitrogênio orgânico, liberados durante a degradação de matéria orgânica e constituem as principais fontes de nitrogênio utilizadas pelos microrganismos. O nitrogênio amoniacal, gasoso, tem sido citado como produto tóxico às algas e peixes, por atuar na inibição da fotossíntese das algas. (NAVA & COUTO, 2005 apud BAUR, 2012).

Segundo Silva et al (1995 apud MIWA, 2007), a remoção de nitrogênio é o aspecto chave a ser considerado na tecnologia de tratamento por lagoas de estabilização, de forma que a operação do sistema deve ser otimizada a fim de permitir uma maior eficiência de redução.

3.4.7 Óleos e Graxas

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), o termo óleos e graxas aplica-se a uma grande variedade de substâncias orgânicas que podem ser extraídas de soluções ou suspensões aquosas por hexano ou triclorofluoretano. Hidrocarbonetos, ésteres, gorduras, ceras e ácidos orgânicos de cadeia longa são os principais materiais dissolvidos por esses solventes. Ainda segundo estes autores, os óleos e graxas não são desejáveis em unidades de tratamento de efluentes, pois podem interferir e inibir a vida biológica dentre outros fatores.

3.4.8 Sólidos Sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis constituem o volume de matéria orgânica e inorgânica que se sedimenta em 60 minutos no cone de Imhoff, podendo causar, quando inorgânica, prejuízos à população presente nos sedimentos e remoção do oxigênio dissolvido na água, quando orgânica (APHA, 2005).

3.5 EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TRATAMENTOS

A avaliação de qualquer processo de tratamento baseia-se na análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do início e do final do tratamento, calculando-se o percentual de eficiência de redução dos parâmetros pré-estabelecidos (VALE, 2007).

De acordo com Von Sperling (1996), o grau, porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dado pela equação:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100$$

onde:

E= Eficiência de remoção (%)

C₀ = Concentração afluenta do poluente (mg L⁻¹)

C_e = Concentração efluente do poluente (mg L⁻¹)

Na eficiência dos sistemas de tratamento em relação a sustentabilidade ambiental, de acordo com Vale (2007), necessita-se da utilização dos parâmetros usualmente analisados no sistema de tratamento de esgotos disponíveis nas normas de controle ambiental do CONAMA, nas resoluções nº 357 de 17 de março de 2005 e nº 430 de 130 de maio de 2011. Em que os parâmetros são utilizados como limites para a classificação de águas e de lançamento de efluentes no ambiente.

3.6 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com a Resolução CONAMA 430/11, em seu artigo 16, estabelece que os efluentes de qualquer fonte poluidora apenas poderão ser lançados em um corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões exigidos.

Dentre as condições a serem analisadas para realização deste projeto encontram-se: pH entre 5 e 9; remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas de enquadramento do corpo receptor; óleos minerais até 20mg/L e óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L.

Dentre os padrões de lançamento de efluentes destacam-se: Cromo hexavalente 0,1mg/L; cromo trivalente 1,0 mg/L, nitrogênio amoniacal total 20,0 mg/L; sulfeto 1,0 mg/L.

No estado do Paraná, o Conselho Estadual de Meio Ambiente – CEMA, em sua Resolução nº 0070/09, no Anexo 07, estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes líquidos industriais, entre eles, aos curtumes, que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Condições e Padrões de Lançamentos de Efluentes Líquidos de Curtumes – CEMA 0070/09 - Anexo 07 (Modificado)

Parâmetro	Valores Limites
DBO	100 mg L ⁻¹
DQO	350 mg L ⁻¹
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0 mg L ⁻¹ N
Cromo Total	0,5 mg L ⁻¹ Cr
Sulfetos	1,0 mg L ⁻¹ S
Óleos e graxas	Óleos Vegetais e gorduras animais: até 50 mg L ⁻¹ Óleos Minerais: até 20 mg L ⁻¹
Sólidos Sedimentáveis	1,0 mL L ⁻¹

Fonte: Paraná, 2009.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.2 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, em que será analisada a eficácia do sistema de tratamento a partir de dados resultantes de análises laboratoriais, realizadas de acordo com metodologia estabelecida por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

4.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Para a realização deste trabalho utilizou-se os dados analíticos correspondentes aos meses de janeiro a junho de 2014, visando uma maior quantidade de dados para a análise da estação de tratamento do Curtume.

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Este trabalho foi realizado a partir de dados de análises laboratoriais de amostras dos efluentes bruto e final do Curtume, realizadas em um laboratório de análises ambientais. Para cada amostra foram realizadas as determinações dos seguintes parâmetros: pH, DBO, DQO, Cromo total, Sulfetos, Nitrogênio amoniacal, Óleos e graxas e Sólidos Sedimentáveis.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados estatisticamente, comparando a eficiência de remoção de cada parâmetro em relação ao efluente bruto e final, e também, o atendimento do efluente final à legislação vigente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Tabela 3 apresenta os dados analíticos do parâmetro pH referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, bem como, a média destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 3 - Dados Analíticos de pH e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos.

Amostra	pH							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho				
Efluente Bruto	7,13	6,68	7,87	7,64	6,81	5,85	7,00	5 a 9	5 a 9	
Efluente Final	7,29	6,97	8,15	7,61	7,52	7,83	7,56			

Conforme observa-se nos resultados de pH de todos os meses analisados, assim como a média dos meses, encontram-se dentro do que preconiza a legislação através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor de pH entre 5 a 9.

5.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Tabela 4 apresenta os dados analíticos do parâmetro DQO referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 4 - Dados Analíticos de DQO e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	DQO							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho				
Efluente Bruto	2100,00	4100,00	738,00	535,00	2736,00	1459,00	1944,67			
Efluente Final	312,00	206,00	344,00	96,00	310,00	330,00	283,00	NE	350	
Eficiência (%)	85,14	94,98	53,39	82,06	88,67	70,53	79,13			

Legenda: NE=Não especificado na resolução.

Os resultados da eficiência do parâmetro DQO apresentam um valor máximo de 94,98%, valor mínimo de 53,39% e uma média geral de 79,13%. Os resultados, exceto o apresentado no mês de março (53,39%), mostraram-se dentro, ou acima, da faixa prevista por Von Sperling (2002), para sistema de tratamento de lagoas aerada de mistura completa seguido por decantação, que compreende valores entre 65 e 80% de eficiência de remoção.

Os resultados do parâmetro DQO para o efluente final apresentaram um máximo de 344,00 mg L⁻¹ e um mínimo de 96,00 mg L⁻¹ e a média dos resultados analisados de 283,00 mg L⁻¹. Todos os resultados enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de 350 mg L⁻¹.

5.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Tabela 5 apresenta os dados analíticos do parâmetro DBO referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 5 - Dados Analíticos de DBO e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	DBO							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho				
Efluente	1067,16	1496,65	569,52	76,16	1029,19	326,48	760,86	Remoção	100	

Bruto								de 60%
Efluente Final	27,69	24,58	94,87	30,03	134,24	36,79	58,03	
Eficiência (%)	97,41	98,36	83,34	60,57	86,96	88,73	85,89	

Os resultados da eficiência do parâmetro DBO apresentam um valor máximo de 98,36%, valor mínimo de 60,57% e uma média geral de 85,89%. Todos os valores apresentados, com exceção ao do mês de abril (60,57%), encontram-se dentro, ou acima, da faixa de eficiência prevista por Von Sperling (1996), para sistema de tratamento de lagoas aerada de mistura completa seguido por decantação, que compreende valores entre 70 e 90% de eficiência de remoção.

Os resultados do parâmetro DBO para o efluente final apresentaram um máximo de 134,24 mg L⁻¹ e um mínimo de 24,58 mg L⁻¹ e a média dos resultados analisados de 58,03 mg L⁻¹. O resultado do mês de maio, 134,24 mg L⁻¹, que também é o maior obtido, situa-se fora limite preconizado pela Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelece um valor máximo de 100 mg L⁻¹, mas atende aos requisitos da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011), que estabelece uma remoção de 60% da carga de DBO no sistema de tratamento. Os demais resultados, inclusive a média geral, atendem aos limites estabelecidos por ambas as Resoluções.

5.4 Cromo Total

A Tabela 6 apresenta os dados analíticos do parâmetro Cromo Total referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 6 - Dados Analíticos de Cromo Total e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	Cromo Total							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho				
Efluente Bruto	11,75	75,23	1,78	1,34	18,8	123,88	38,80	NE	0,5	

Efluente Final	0,20	0,22	0,02	0,38	0,48	0,41	0,29
Eficiência (%)	98,30	99,71	98,88	71,64	95,74	99,51	94,27

Os resultados da eficiência do parâmetro Cromo Total apresentam um valor máximo de 99,71%, valor mínimo de 71,64% e uma média geral de 94,27%. Os resultados, com exceção do mês de abril (71,64%), apresentam valores muito bons e próximos ao observado por Souza (2007) que é de 96%, utilizando um agente coagulante diferente do utilizado pela empresa, e próximos também ao de Class e Maia (1994) que estipula um valor de cerca de 100% de redução em tratamentos primários.

Apesar de apresentar um valor reduzido de eficiência no mês de abril, de 71,64%, todos os resultados do parâmetro Cromo Total para o efluente final, que apresentaram um máximo de 0,48 mg L⁻¹ e um mínimo de 0,02 mg L⁻¹ e a média dos resultados analisados de 0,29 mg L⁻¹, enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de 0,5 mg L⁻¹.

5.5 Sulfetos

A Tabela 7 apresenta os dados analíticos do parâmetro Sulfetos referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 7 - Dados Analíticos de Sulfetos e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	Sulfetos							Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Média		
Efluente Bruto	1,07	3,1	0,1	0,05	0,25	<0,01	0,76		
Efluente Final	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,0	1,0
Eficiência (%)	99,07	99,68	90,00	80,00	96,00	0,00	77,46		

Os resultados da eficiência do parâmetro Sulfetos apresentam um valor máximo de 99,07%, valor mínimo de 0,00%, que se deve à ausência da substância em questão na amostra, e uma média geral de 77,46%, ou 92,95% se desconsiderar o valor nulo. Todos os resultados apresentados são mais elevados que os 70% e 25% observados por Pacheco (2014 apud Ferrari, 2009) em sistemas de Oxidação de Sulfetos e Lodo Ativado/Decantação, respectivamente. Esse alto índice de remoção pode ser explicado pela baixa carga do poluente presente na amostra.

Todos os resultados do parâmetro Sulfetos para o efluente final apresentaram um valor menor que 0,1 mg L⁻¹. Todos os resultados enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de 1,0 mg L⁻¹.

5.6 Nitrogênio Amoniacal

A Tabela 8 apresenta os dados analíticos do parâmetro Nitrogênio Amoniacal referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 8 - Dados Analíticos de Nitrôgenio Amoniacal e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	Nitrogênio Amoniacal							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho				
Efluente Bruto	159,50	319,93	286,60	282,91	280,58	85,08	235,77			
Efluente Final	3,50	7,79	11,93	11,96	19,60	5,66	10,07	20,0	20,0	
Eficiência (%)	97,81	97,57	95,84	95,77	93,01	93,35	95,56			

Os resultados da eficiência do parâmetro Nitrogênio Amoniacal apresentam um valor máximo de 97,81%, valor mínimo de 93,01% e uma média geral de 95,56%. Todos os valores apresentados são maiores que o observado por Shao-lan

et al. (2009), uma remoção de 78,24% de amônia em um sistema de tratamento de lodos ativados, semelhante ao utilizado pela empresa.

Uma possível explicação para o alto índice na eficiência de remoção deste parâmetro é a utilização da lagoa de polimento no sistema de tratamento, que segundo Cavalcanti et al. (2001), sob condições favoráveis, promove uma remoção elevada de nutrientes como o fosfato e a amônia.

Os resultados do parâmetro Nitrogênio Amoniacal para o efluente final apresentaram um máximo de 19,60 mg L⁻¹ e um mínimo de 3,50 mg L⁻¹ e a média dos resultados analisados de 10,07 mg L⁻¹. Todos os resultados enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de 20,0 mg L⁻¹.

5.7 Óleos e Graxas

A Tabela 9 apresenta os dados analíticos do parâmetro Óleos e Graxas referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 9 - Dados Analíticos de Óleos e Graxas e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mg L⁻¹.

Amostra	Óleos e Graxas							Média	Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho				
Efluente Bruto	<2,00	227,00	8,80	6,60	97,00	45,80	64,53			
Efluente Final	<2,00	4,40	4,40	4,00	3,80	10,00	4,77	*	*	
Eficiência (%)	0,00	98,06	50,00	39,39	96,08	78,17	60,28			

Legenda: * =Óleos Vegetais e gorduras animais: até 50 mg L⁻¹, Óleos Minerais: até 20 mg L⁻¹.

Os resultados da eficiência do parâmetro Óleos e Graxas apresentam um valor máximo de 98,06%, valor mínimo de 0,00%, que se deve à ausência ou à

presença mínima de materiais graxos, e uma média geral de 60,28%, que desconsiderando o valor nulo, se torna 72,34%.

Apesar de alguns dos valores não apresentarem um grau de eficiência elevado, observou-se que todos os resultados avaliados durante o período enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de até 50 mg L⁻¹ de óleos vegetais e gorduras animais e de até 20 mg L⁻¹ de óleos minerais, uma vez que o valor máximo observado é de 10,00 mg L⁻¹, o valor mínimo menor que 2,00 mg L⁻¹ e a média dos resultados de 4,77 mg L⁻¹.

5.8 Sólidos Sedimentáveis

A Tabela 10 apresenta os dados analíticos do parâmetro Sólidos Sedimentáveis referente aos meses de Janeiro a Junho de 2014, as médias destes valores e também as condições e padrões limites para o lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pelas Resoluções vigentes (BRASIL, 2011; PARANÁ, 2009).

Tabela 10 - Dados Analíticos de Sólidos Sedimentáveis e Condições e Padrões Limites para o Lançamento de Efluentes Líquidos, em mL L⁻¹.

Amostra	Sólidos Sedimentáveis							Conama 430/11	CEMA 0070/09
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Média		
Efluente Bruto	3,60	42,00	2,00	10,00	4,00	160,00	36,93		
Efluente Final	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,80	0,10	0,22	1,0	1,0
Eficiência (%)	97,22	99,76	95,00	99,00	80,00	99,94	95,15		

Os resultados da eficiência do parâmetro Sólidos Sedimentáveis apresentam um valor máximo de 99,94%, valor mínimo de 80,00% e uma média geral de 95,15%. O valor máximo observado enquadra-se na faixa de redução prevista por Claas e Maia (1994), já a média apresenta um valor ligeiramente abaixo do previsto pelos mesmos autores. No entanto, todos os valores se enquadram, ou ultrapassam, a faixa de eficiência estimada para o sistema adotado (Lagoa aerada de mistura

completa – lagoa de decantação), que, segundo Von Sperling (2002), se encontra entre 80 – 87%.

Os resultados do parâmetro Sólidos Sedimentáveis para o efluente final apresentaram um máximo de 0,80 mL L⁻¹ e um mínimo menor que 0,10 mL L⁻¹, que é o valor mínimo estabelecido pela técnica analítica, e a média dos resultados analisados de 0,22 mL L⁻¹. Todos os resultados enquadram-se nos limites preconizados pela legislação vigente, através da Resolução CONAMA 430/11 em seu artigo 16 (BRASIL, 2011) e a Resolução CEMA 0070/09, em seu Anexo 07 (PARANÁ, 2009), que estabelecem um valor máximo de 1,0 mL L⁻¹.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o sistema de tratamento envolvendo tratamentos primários, secundários (lagoas de decantação e aeração com mistura completa) e terciários (lagoa de polimento), se mostrou com capacidade satisfatória de remoção dos parâmetros analisados, constituindo uma alternativa eficaz na promoção de um elevado grau de remoção de poluentes e conseqüentemente atender a legislação para o lançamento de efluentes.

Dentre os parâmetros analisados, todos enquadraram-se no estabelecido pela legislação vigente, independentemente do grau de eficiência de remoção. Mas, em relação a eficiência, destacam-se os parâmetros Cromo Total, Nitrogênio Amoniacal e Sólidos Sedimentáveis que obtiveram médias acima de 90%.

Mesmo o sistema apresentando, em geral, um bom índice de remoção dos poluentes, cabe ressaltar a adequação dos procedimentos adotados no processo de produção, adotando técnicas como as disponibilizadas no Guia Técnico Ambiental de Curtumes (PACHECO, 2014), visam, dentre outros fatores, gerar efluentes com menor carga de poluentes para um aumento no ganho da eficiência do sistema de tratamento e, dessa forma, contribuir com a qualidade das águas.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodo de efluentes: tratamento e disposição final. 6. ed. Belo Horizonte: DESA – UFMG, 2001.

APHA; AWWA; WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

AQUIM, P. M. Gestão em curtumes: uso integrado e eficiente da água. (Tese). PPGEQ, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

BAIRD, C. 2002. Química ambiental, tradução da 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman.

BARROS, M.A.S.D.; ARROYO, P.A.; SOUSA-AGUIAR, E.F.; SEGARRA, V. O processamento de peles. In: BARROS, M.A.S.D.; ARROYO, P.A.; SOUSA-AGUIAR, E.F.; GARCIA, P.A. (Ed.). Problemas ambientais com soluções catalíticas: lo cromo no processamento de peles. 1. ed. Madrid: Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, 2001, cap. 4, p. 37-63.

BAUR, L. Estudo e Identificação de Nitrogênio de Efluentes de Curtume. 2012. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ / UFRGS)) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CAVALCANTI, P.F.F., ADRIANUS VAN HAANDEL, A., VON SPERLING, M., KATO, M.T., LUDUVICE, M.L. e MONTEGGIA, L.O. Pós-tratamento de efluentes anaeróbios em lagoas de polimento. In: C.A.L. Chernicharo (coord.), Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, Coletânea de Trabalhos Técnicos, vol. 2. Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabCarlos/Cap-3.pdf>>. Acessado em: 10/01/2015.

CHERNICHARO, C. A. L.; VON SPERLING, M.; SILVA, P. C.; GONÇALVES, R. F. Tratamento de efluentes de curtumes através de filtros anaeróbios seguidos por biofiltros aerados. Belo Horizonte/MG, DESA, 1996, 10 p.

CLAAS, I. C; MAIA, R. A. M. Manual básico de resíduos industriais de curtume. 1. Ed. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. Resolução nº 430. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 03/2014.

CUNHA, A. M. (coord.). Relatório de Acompanhamento Setorial (Número 1): Indústria de Couro. Convênio: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia (NEIT/IE/UNICAMP). Campinas, 2011.

FREITAS, T. C. M. O Cromo na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil: Aspectos ecológicos. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2006. Disponível em: <http://btd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2138> Acesso em: 10/2014.

GIORDANO, G. Tratamento e Controle de Efluentes Industriais. Disponível em: <http://www.ufmt.br/cursos/resliq/ApostEI20041ABESMatoGrosso_UFMT2.pdf> Acesso em: 03/2014.

GUTTERRES, M; OSÓRIO, T.S. Métodos analíticos especiais aplicados ao couro. Revista do Couro, Estância Velha – RS, n. 173, p. 84, ano XXX, dez. 2004.

HOINACKI, E. Peles e couros; origens, defeitos, industrialização. 2. ed. Porto Alegre: SENAI/RS, 1989.

HOINACKI, E; KIEFER, C; MOREIRA, M. Manual básico de processamento do couro. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.

METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse/Metcalf & Eddy, Inc. – 3rd ed./revised by George Tchobanoglous, Frank Burton, 1979.

MIWA, A. C. P.; FREIRE, R. H. F.; CALIJURI, M. C. Dinâmica do Nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira (São Paulo – Brasil). Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 12, n. 02, p. 169-180, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200008>>, acesso em 03/2014.

MOREIRA, M. V.; TEIXEIRA, R. C. Estado da arte tecnológico em processamento do couro: revisão bibliográfica a nível internacional. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas, 2003. 242 p.

PACHECO, J. W. F. Guia Técnico Ambiental de Curtumes. CETESB, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/tecnologia-ambiental/camaras/guiaP+L-curtumes-2-ed-CA-couros.pdf>>. Acesso em: 15/01/2015.

PARANÁ. Resolução CEMA Nº 0070/2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para empreendimentos industriais. Diário Oficial do Estado do Paraná, 01 out. 2009. Disponível em: <[http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/resolucao_070_site\(1\).pdf](http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/resolucao_070_site(1).pdf)>. Acesso em: 30 out. 2014.

SCAPINI, L. Avaliação do desempenho da osmose reversa e da troca iônica para tratamento de efluente de curtume (Aimoré Couros Ltda – Encantado) visando a reutilização da água. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais). Curso de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais, UNISC, Santa Cruz do Sul, 2007.

SHAO-IAN, D.; LING, L.; MENG-JUN, Z. Study on the Characteristics of Nitrogen Transformation in Effluents from Cattlehide Leather-making Process. XXX Congress of the International Union of Leather Technologists and Chemists Societies, Pequim, 2009. Disponível em: <<http://www.aaqtc.org.ar/congresos/china2009/download/2-5/2-170.pdf>>. Acesso em: 20/12/2014.

SILVA, F. M.; LACERDA, P. S. B.; JUNIOR, J. J. Desenvolvimento sustentável e química verde. Química Nova. Univ. São Paulo, São Paulo-SP. v.28, n.1, p. 103-110, 2005.

SOUZA, C. N. Tratamento primário de efluentes brutos de curtume quimicamente aprimorado por sedimentação. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

VALE, M. B. Avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica e microbiológica de três sistemas de lagoas de estabilização em série na Grande Natal-RN: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) Natal, RN. 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/1/11566/1/MiltonBV.pdf>>. Acesso em: 10/2014.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos – Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 1. Belo Horizonte: DESA – UFMG. 1996.

_____. Lagoas de estabilização. Belo Horizonte: DESA – UFMG, 196p.
(Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 3). 2002.