

Luciana Scapini

**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**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Sistemas e Processos Industriais – Mestrado, Área de
Concentração em Instrumentação, Sistemas de Medição
e Tratamento de Dados, Universidade de Santa Cruz do
Sul, como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Orientador: Dr. Marco Flôres Ferrão

Co-orientador: Dr. Diosnel Antônio Rodríguez López

Santa Cruz do Sul, maio de 2007

COMISSÃO EXAMINADORA

AGRADECIMENTOS

Concretizo o presente trabalho, agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização do mesmo.

Aos Professores Dr. Marco Flôres Ferrão e Dr. Diosnel Antonio R. López, orientador e co-orientador, pela competência, disponibilidade e compreensão que contribuíram realmente para esta dissertação ser uma realidade.

A todos os colegas do Curso de Mestrado, por tudo que passamos juntos.

A todos os Professores do Curso de Mestrado por tudo que nos ensinaram.

Aos colegas do Aimoré Couros Ltda pela flexibilidade no meu horário de trabalho, pois sem isto seria impossível ter realizado este Mestrado.

Ao meu namorado Cristiano e aos meus pais Ibanor e Maria de Lourdes, pelo apoio incondicional e pelo carinho ao longo desta caminhada que finda mais uma etapa em minha vida: O MESTRADO.

E a Deus por ter me feito capaz, me iluminado...

RESUMO

O presente trabalho objetivou realizar um estudo de caso sobre duas formas de tratamento para a reutilização dos efluentes de uma indústria curtidora - Aimoré Couros Ltda - por meio do uso de um sistema de polimento final dos efluentes. Ao analisar o processo produtivo da Empresa, Aimoré Couros Ltda – Encantado/RS foi constatada a grande quantidade de água gasta no mesmo. A fim de minimizar este desperdício, buscou-se adaptar uma metodologia onde os efluentes passaram por um processo de redução dos parâmetros ou indícios de poluição. Para isto, dois métodos de desmineralização ou dessalinização foram pesquisados, Troca Iônica e Osmose Reversa de modo a identificar aquele que apresentasse a maior eficácia na redução destes contaminantes. Testando, os dois métodos foram satisfatórios, porém a Osmose Reversa apresentou maior eficiência reduzindo teores em uma margem acima de 70% sendo que alguns índices como Cromo, DBO5, Sólidos Suspensos reduziram aproximadamente 100%. Enquanto que a Troca Iônica teve bons resultados também deixando a DBO5 em não detectada ou seja uma redução de aproximadamente 100% e o restante dos contaminantes com reduções acima de 40%.

ABSTRACT

The present work aimed to accomplish a case study about two forms of treatment to reutilize the final effluent of a tanning industry - Aimoré Couros Ltda (a leather company) - through the use of a system of final polishing of the treated effluent. When analyzing the productive process of the company Aimoré Couros Ltda - Encantado/RS it was noticed the great amount of water spent in such process. In order to minimize this waste, we searched to adapt a methodology in which the liquid effluent passed by a process of reduction of the parameters or pollution indicators. For this, two desmineralization methods were researched: Ionic exchange and Reverse Osmosis in a way to identify the one which presents the largest effectiveness in the reduction of those contaminators. In the testing, both methods were satisfactory, however the Reverse Osmosis presented larger efficiency reducing tenors in a margin above 70% and some indexes as Chromium, DBO5, Suspended Solids reduced 100% approximately. While the Ionic Exchange had good results, also letting the DBO% in non detected, that is, a reduction of approximately 100% and the rest of the contaminators with reductions over 40%.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo produtivo e geração de resíduos sólidos e efluentes do Aimoré Couros Ltda.	17
Figura 2 – Fluxograma do Reciclo de Caleiro do Aimoré Couros Ltda.....	27
Figura 3 – Ilustração dos Tanques de Reciclo de Caleiro do Aimoré Couros Ltda.	27
Figura 4 – Fluxograma do Tratamento de Efluente do Aimoré Couros Ltda.....	28
Figura 5 – Ilustração do Gradeamento do Aimoré Couros Ltda.	29
Figura 6 – Ilustração dos Tanques de Precipitação de Cromo do Aimoré Couros Ltda.	30
Figura 7 – Ilustração do Tanque Homogeneizador do Aimoré Couros Ltda.	31
Figura 8 – Ilustração da Coagulação do Aimoré Couros Ltda.	32
Figura 9 – Ilustração da Floculação do Aimoré Couros Ltda.	33
Figura 10 – Ilustração dos Decantadores Primários do Aimoré Couros Ltda.	34
Figura 11 – Ilustração da Lagoa Aerada / Lodo Ativado do Aimoré Couros Ltda.	35
Figura 12 – Ilustração do Decantador Secundário do Aimoré Couros Ltda.	36
Figura 13 – Saída para Corpo Receptor do Aimoré Couros Ltda.	36
Figura 14 – Concentração de uma solução por osmose inversa através de fibras ocas. (a) Esquema geral. (b) Retentado antes da osmose inversa. (c) Retentado após esta operação.....	47
Figura 15 – Concentração contínua de uma solução por osmose inversa em fibras ocas (Bio-Rad Laboratories). A – Reservatório da solução a concentrar. B – Bomba. C – Solução a concentrar. D – Colunas com fibras ocas. E – Solução difundida através das fibras. F – Válvula reguladora da pressão.	47
Figura 16 – Esquema da célula do miniconcentrador osmótico Minicon (Amicon). (a) Antes da concentração. (b) Após concentração. A – Solução – amostra. B – Membrana semipermeável. C – Absorvente. D – Secção impermeável (limitadora da concentração máxima).	48
Figura 17 – Ilustração do Sistema de Troca Iônica Laboratório UNISC (1) Bombona com Efluente. (2) Bomba peristáltica. (3) Coluna de Troca Iônica. (4) Mangueiras de silicone.	53
Figura 18 – Ilustração do Sistema de Osmose Reversa Laboratório UNISC (1) Bombonas com Efluente. (2) Motobomba Centrífuga Standard. (3) Mangueira de silicone. (4) Caixa de Contenção. (5) Equipamento de Osmose Reversa.	54

Figura 19 - Gráfico da variação da condutividade do efluente acabamento durante a passagem na coluna aniônica.....	59
Figura 20 - Gráfico da variação da condutividade do efluente recurtimento durante a passagem na coluna aniônica.....	61
Figura 21- Gráfico da variação da condutividade do efluente recurtimento durante a passagem na coluna catiônica.....	61
Figura 22 - Gráfico da variação da condutividade do efluente curtimento durante a passagem na coluna aniônica.....	63
Figura 23 - Gráfico da variação da condutividade do efluente curtimento durante a passagem na coluna catiônica.....	63
Figura 24 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem na coluna aniônica	65
Figura 25 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem na coluna catiônica	65
Figura 26 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem pela membrana de osmose reversa	67
Figura 27 – (1) Ilustração do Efluente Final. (2) Rejeito. (3) Permeado ou Percolado.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de Ensaio e Metodologias Realizadas.....	55
Tabela 2 – Primeira bateria de análises dos efluentes do Aimoré Couros Ltda – Abril/2006..	57
Tabela 3 – Resultados das análises do Efluente de Acabamento empregando Troca Iônica ..	60
Tabela 4 – Resultado das análises do Efluente de Recurtimento empregando Troca Iônica ...	62
Tabela 5 – Resultados das análises do Efluente de Curtimento empregando Troca Iônica	64
Tabela 6 – Resultados das análises do Efluente Final empregando Troca Iônica.....	66
Tabela 7 – Resultados das análises do Efluente Final empregando Osmose Reversa	68

LISTA DE ABREVIACES

ARIP	Aterro de Resíduos Industriais Perigosos
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
DBO5	Demanda bioquímica de oxignio
DQO	Demanda química de oxignio
FEPAM	Fundao Estadual de Proteo Ambiental Henrique Luís Roessler
ISO	International Organization for Standardization
OD	Oxigênio dissolvido
P+L	Produo mais Limpa
UV	Ultra violeta

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Histórico sobre curtimento	15
2.2 O uso racional da água.....	16
2.3 Fluxograma do processo produtivo e geração de resíduos da empresa	16
2.3.1 Descrição dos processos produtivos executados em cada setor	18
2.4 Questão ambiental	22
2.5 Sistema de tratamento de efluentes	26
2.5.1 Reciclo de Caleiro	27
2.5.2 Fluxograma do tratamento de efluentes da empresa	28
2.5.3 Tratamento primário (Efluente).....	29
2.5.3.1 Gradeamento.....	29
2.5.3.2 Remoção de óleos e graxas - caixa de gordura.....	29
2.5.3.3 Precipitação do cromo	30
2.5.3.4 Homogeneização e ou equalização.....	30
2.5.3.5 Neutralização	31
2.5.3.6 Coagulação e floculação.....	31
2.5.3.7 Decantação primária	33
2.5.4 Tratamento secundário	34
2.5.4.1 Lagoa aerada/lodo ativado.....	35
2.5.4.2 Decantação secundária	35
2.5.4.3 Corpo receptor	36
2.5.4.4 Centrifugação.....	37
2.5.4.5 Aterro de Resíduos Industriais Perigosos.....	37
2.5.5 Tratamento Terciário	37
2.6 Métodos propostos de dessalinização do efluente final	38
2.6.1 Dessalinização	38
2.7 Caracterização da empresa	48

3	METODOLOGIA.....	51
3.1	Caracterização dos efluentes da Empresa.....	51
3.2	Amostragem	51
3.3	Ensaio de Troca Iônica.....	52
3.4	Ensaio da Osmose Reversa.....	53
3.5	Análises Físico - Químicas	54
4	DISCUSSÃO E RESULTADOS	56
4.1	Primeira bateria de análises realizadas nos efluentes	56
4.2	Resultados da Troca Iônica	59
4.2.1	Efluente de Acabamento.....	59
4.2.2	Efluente de Recurtimento	61
4.2.3	Efluente de Curtimento.....	63
4.2.4	Efluente Final	64
4.3	Resultados da Osmose Reversa	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5.1	Medidas de Minimização e Não Geração.....	69
5.2	Educação e Treinamento	70
5.3	Divulgação das Atitudes Tomadas Em Relação ao Meio Ambiente.....	70
5.4	Idéia do Reaproveitamento	70
	CONCLUSÕES.....	72
	SUGESTÕES	73
	REFERÊNCIAS	74

INTRODUÇÃO

O trabalho em questão é uma proposta de tratamento para a reutilização dos efluentes de uma Indústria Curtidora. O mesmo se justifica pela grande quantidade de água utilizada pela mesma no processo produtivo. Mas para que seja feita esta reutilização os poluentes dos efluentes devem ser reduzidos.

Atualmente, devido às exigências ambientais e aos custos da água cada vez maiores, há uma tendência na indústria a otimizar o uso da água e reutilizá-la, segundo Beal (2003).

Para alcançar este objetivo novos tipos de tratamento tem sido testados, tanto em escala real como em escala piloto. Um tipo de tratamento que tem despertado atenção é a utilização de sistemas de membranas, tanto para tratamento de água, como de efluentes. Sistemas de membranas para tratamento de efluentes podem ser utilizados de uma forma independente ou associados a um processo biológico aeróbico ou anaeróbico. Processos utilizando membranas utilizam uma área reduzida, quando comparados aos processos tradicionais de tratamento, sejam biológicos ou físico químicos. A utilização de membranas associadas aos processos biológicos apresentam as seguintes vantagens:

- Reduz a área necessária pela supressão do decantador secundário;
- A necessidade de separação sólido/líquido. Com a separação por membranas, não existe problemas de separação sólido/líquido causado por sobrecargas, o que é um problema inerente a processos biológicos utilizando biomassa suspensa;
- Elimina a necessidade de retorno de lodo, economizando custos de bombeamento;
- Pode – se alcançar concentrações de biomassa consideravelmente elevadas, quando comparadas com os processos biológicos clássicos;

- O efluente é essencialmente livre de sólidos suspensos;
- Os sólidos suspensos biodegradáveis (DQO particulada) são mantidos no sistema aumentando a chance de degradação;
- É um método eficiente para tratar efluentes altamente concentrados;
- O sistema é completamente misturado, tornando-o tolerante a variações na característica do efluente, choques de cargas e toxicidade;
- Conforme o diâmetro dos poros da membrana, pode – se reter, no sistema, macromoléculas de lenta degradação.

1.1 Tema

Este trabalho teve por tema a avaliação do desempenho da Osmose Reversa e da Troca Iônica para o tratamento de efluente de curtume (Aimoré Couros Ltda – Encantado) visando um tratamento para a reutilização da água.

1.2 Justificativa

Escolheu-se o tema abordado por ter uma importância relevante na Empresa, envolvendo a proposição da redução de desperdícios de recursos naturais. Para se entender melhor, na produção de um (1) couro utiliza-se aproximadamente 600 litros de água. Da pele esfolada até o produto acabado podem ocorrer mais de vinte reações químicas tanto de origem orgânica como inorgânica. Muitas etapas do tratamento da pele se realizam em fase aquosa e em regime de batelada (HOINACKI, 1989).

O resultado disso é a geração de banhos nas etapas de remolho, depilação e caleiro, purga, píquel, curtimento e recurtimento. Deve-se considerar também a água utilizada na lavagem de equipamentos e pisos, o que acontece todos os dias. Todas estas etapas utilizam grandes volumes de água e os seus respectivos banhos possuem alta carga de matéria orgânica e inorgânica.

No processo adotado atualmente, após estes banhos passarem por um sistema de

tratamento de efluentes completo - descrito na Figura 2 e 4 - e eficiente o mesmo é destinado ao corpo receptor, que neste caso é o Rio Taquari.

Além disso a vazão do efluente final registrada pela empresa é de 480 m³ de água por dia, sendo esta uma quantidade bastante elevada.

Devido a estes fatores, o presente trabalho tem o propósito de auxiliar a Empresa com uma proposta de tratamento para reutilização deste recurso natural, a água, evitando desperdícios e minimizando os impactos ambientais que por ventura o presente curtume venha a gerar.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Realizar um estudo diagnóstico com dois processos de desmineralização ou dessalinização (Troca Iônica e Osmose Reversa) que permita a redução dos parâmetros dos efluentes de uma indústria curtidora, buscando um tratamento para uma possível reutilização da água no processo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Qualificar os efluentes da Empresa – Aimoré Couros Ltda;
- Identificar o método mais eficaz para estas reduções após testar os dois métodos propostos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico sobre curtimento

O homem primitivo se servia do couro em sua forma mais rudimentar para os mais diferentes fins, fundamentalmente para preservar seu físico dos ataques da natureza, e também para fabricar vários utensílios como selas de montar, escudos e armaduras, roupas, camas e almofadas. Também foi empregado para a fabricação de embarcações, velas, material para escrever, recipientes para conter água, azeite e vinho.

Ignora-se quando o homem primitivo aprendeu a fabricar couro forte e flexível com peles dessecadas de diferentes animais e também da origem dos procedimentos de conservação por meio das propriedades químicas dos materiais curtentes.

A arte do curtimento transmitido de geração para geração, se baseia na experiência recebida pelos antepassados, nem sempre com êxito. Os métodos modernos consistem em seguir passo a passo a conversão de peles em couro tendo em conta todas as transformações físicas e químicas que se produzem durante a marcha do processo. O processo de curtimento, com uso de sais de cromo é em todo o mundo, assim como na Empresa objeto de estudo, o sistema mais utilizado atualmente, em função das características conferidas aos couros, como: elasticidade, resistência ao rasgamento, estabilidade hidrotérmica e principalmente devido à grande versatilidade do couro curtido.

Apesar dos problemas ecológicos que podem ocasionar, há uma tendência mundial da predominância do emprego deste processo nos próximos tempos que, além das propriedades

características dos couros obtidos, leva em consideração também às vantagens econômicas apresentadas pelo processo. Hoinacki (1989) entende que o curtimento consiste na transformação das peles em material estável e imputrescível.

2.2 O uso racional da água

Alguns números dramáticos para introduzir a questão do reuso da água para fins industriais, 97% da água disponível no planeta é salgada, 2% está nas calotas polares e geleiras (inacessíveis) e a maior parte do 1% restante está no subsolo, isto explica a preocupação crescente dos organismos internacionais com o meio ambiente e com a reciclagem da água.

Segundo Costa (2006) a preservação do meio ambiente, principalmente dos recursos hídricos, tem se tornado uma preocupação constante dentro dos curtumes, seja no uso da água para o processamento de peles ou funcionamento de máquinas e equipamentos. Vários curtumes brasileiros já trabalham visando diminuir o consumo de água. Medidas como reuso direto ou reciclagem de banhos, de águas de lavagens e de efluentes tratados, melhorias de controles operacionais, uso de banhos mais “curtos” (da menor volume), melhorias na manutenção dos equipamentos e linhas de processo (eliminação de vazamentos e perdas) são ações de P+L que podem levar a reduções significativas no consumo de água com conseqüentes reduções de custos. Em meados de 2003, um curtume do Estado de São Paulo, por meio de um projeto de reciclagem de água para o processo e para limpeza de pisos (entre outras medidas) chegou a um consumo de 320 L de água por pele. Um índice muito bom segundo Pacheco (2005) sendo que a média é 600 L de água por pele.

2.3 Fluxograma do processo produtivo e geração de resíduos da empresa

Segundo Scholz (2003) a maior parte da poluição gerada ou produzida pela fabricação de couro pode ser atribuída à ineficiência em alguns processos químicos. Garantir e assegurar completa penetração de produtos significa economia para a Empresa. Conforme Balakrishnan (2002) as indústrias de couro produzem grandes quantidades de resíduos com certo grau de poluição os quais recebem tratamento antes da venda. Na Figura 1, é apresentado um

fluxograma típico do processo produtivo com as principais etapas envolvidas e a quantificação da geração dos efluentes.

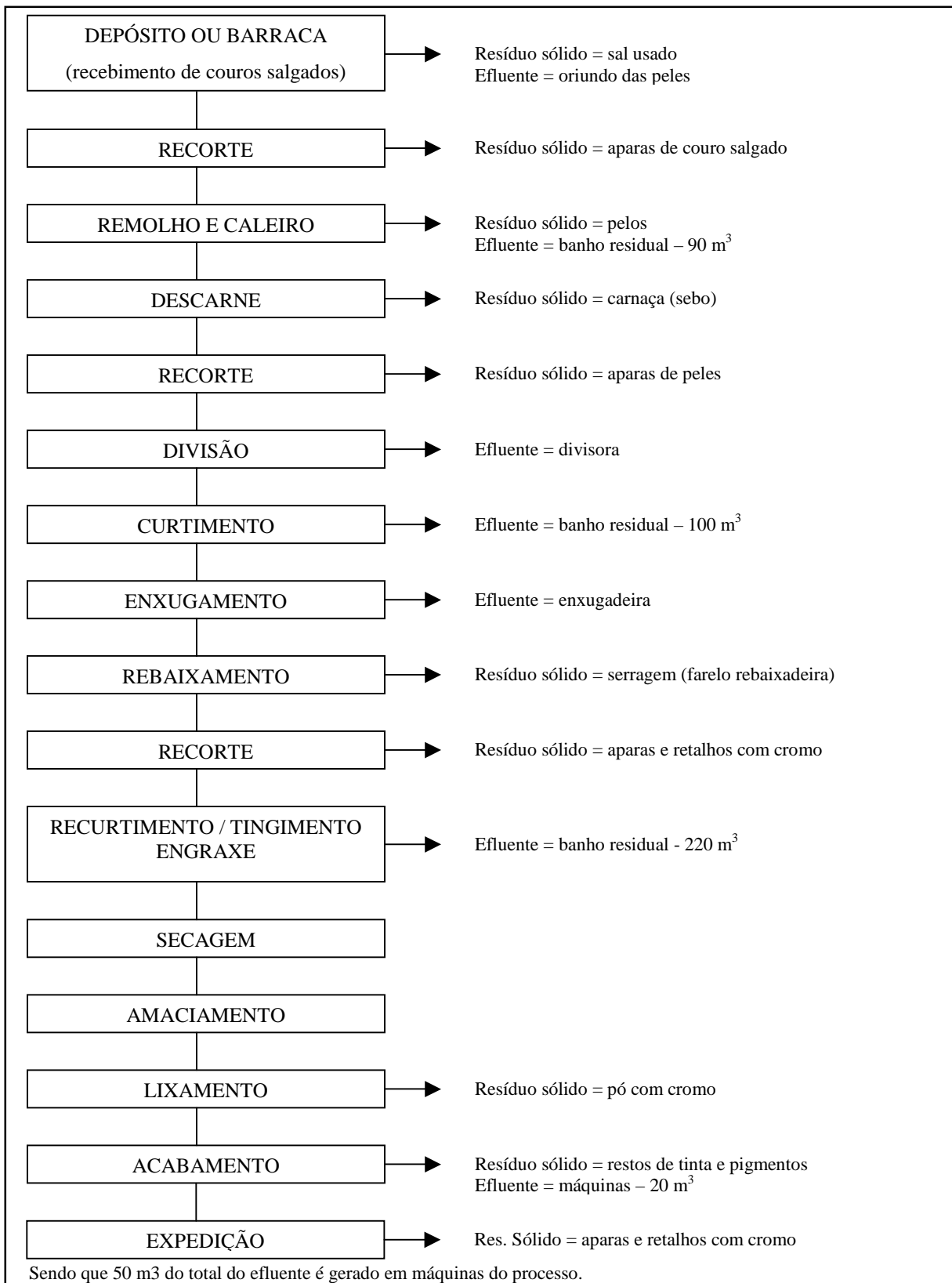


Figura 1 – Processo produtivo e geração de resíduos sólidos e efluentes do Aimoré Couros Ltda.

2.3.1 Descrição dos processos produtivos executados em cada setor

Segundo Claas (1994) e Hoinacki (1989) as etapas do processo são:

A) Depósito ou Barraca:

É o local onde o curtume estoca, armazena e conserva a pele, através de diversos tipos de conservação.

B) Recorte:

Esta operação tem como objetivo remover partes indesejáveis do couro, totalmente inaproveitáveis, visando um melhor aproveitamento dos processos mecânicos.

C) Remolho ou Caleiro:

Antes de iniciar o processo de remolho e caleiro faz-se à remoção do sal utilizado como conservante, esta remoção do sal da pele ocorre por meio de batimento mecânico.

- Remolho:

Visa a reidratação das peles, repondo no menor tempo possível o teor original de água da pele. Nesta etapa são utilizadas substâncias químicas que promoverão o amaciamento, ação protetora (antimofo) e o desprendimento de materiais indesejáveis. Detergentes, alvejantes, entre outros.

- Caleiro:

Visa a depilação removendo os pêlos, com aminas depilantes, sulfeto de sódio e cal hidratada. Por este motivo os banhos resultantes desta etapa são considerados altamente poluidores, especialmente nos casos em que se realiza a depilação com destruição dos pelos que são responsáveis por 85% da carga poluidora do efluente. Atualmente em alguns curtumes é feita a recirculação dos banhos resultantes desta operação, o que diminui a carga poluidora do efluente a ser tratado.

As aparas obtidas após o processo de depilação e caleiro. De todos os resíduos sólidos não curtidos, sem dúvida, é o que apresenta a mais ampla gama de reaproveitamento industrial. Além de aplicações já consagradas na fabricação de cola de origem animal e gelatinas, as aparas caleadas encontram aplicação na fabricação de artigos médicos e

farmacêuticos, como pomadas e substâncias cicatrizantes. Mas é sem dúvida na indústria de alimentar que o aproveitamento desse resíduo tem encontrado larga aplicação. Como na fabricação de gelatinas e alimentação canina.

D) Descarne:

O descarne tem a finalidade de remover a graxa e carne aderente à pele (carnaça), que após é utilizada para produção de banha. O resíduo sólido gerado nesta etapa (carnaça) é o primeiro que apresenta melhores características para utilização posterior como matéria prima de graxa industrial. Também pode ser empregado como substância de engraxe de couro, na fabricação de sabões.

E) Recorte:

Esta operação tem como objetivo remover partes indesejáveis do couro, totalmente inaproveitáveis, visando um melhor aproveitamento dos processos mecânicos.

F) Divisão:

Divisão é a operação que consiste em separar ou rachar a pele em camadas, ou seja, raspa e flor.

G) Curtimento:

- Desencalagem:

O processo da desencalagem tem por fim a remoção de substâncias alcalinas, tanto as que se encontram depositadas, como as ligadas quimicamente com as peles submetidas às operações de depilação e encalagem;

- Purga:

Purga é a operação que consiste em tratar as peles com produtos enzimáticos, visando a limpeza da estrutura desejada;

- Píquel:

Píquel é o processo no qual as peles purgadas e desencaladas são tratadas com soluções salinoácidas, com a finalidade de prepará-la para o curtimento ao cromo;

- Curtimento:

Podemos dizer que curtimento é o processo de tratar peles com agentes curtentes, tais como: taninos vegetais, sais de cromo, conferindo-lhes a qualidade de imputrescível, característica própria do Curtimento. Os produtos mais utilizados como curtentes são: Produtos Inorgânicos (Sais de cromo, zircônio, alumínio, ferro). Produtos Orgânicos (curtentes vegetais, sintéticos, aldeídos, parafinas sulfocloradas). Dentre os produtos inorgânicos os sais de cromo ocupam lugar de destaque entre os curtentes, devido ao preço e principalmente pelas características que dão ao couro. Dentre os produtos orgânicos são largamente utilizados os extratos tanantes vegetais.

O resíduo sólido gerado nesta etapa são as aparas curtidas. Sua utilização vai depender do emprego ou não de um processo de descurtimento, como este processo tem custo, deve-se verificar a viabilidade econômica da utilização deste resíduo. O produto das aparas curtidas após este processo de descurtimento, desde que apresente níveis de cromo compatíveis com os permitidos pela legislação, pode ser utilizado para a fabricação de gelatinas. As aparas curtidas sem o processo acima mencionado podem ser utilizadas na fabricação de artigos pequenos como luvas ou detalhes de couro para a indústria de calçados e vestuário.

H) Enxugamento e Estiramento:

Esta etapa tem por função eliminar parte da água do couro por ação mecânica, abrir, alisar e remover as dobras e rugas, propiciando a obtenção de uma área mais aberta para o rebaixe.

I) Rebaixamento:

Passar o couro na máquina de rebaixar, pelo lado do carnal, definindo a espessura do couro. Nesta etapa há a geração de um resíduo, serragem cromada. O primeiro uso industrial da serragem do couro surgiu na segunda guerra mundial. Os industriais alemães descurtiavam a serragem com ácido láctico, separando o cromo do couro. Esta era cozida para alimentação humana (gelatina) e o cromo reutilizado segundo Teixeira (1992).

O resíduo sólido gerado nesta etapa ocupa muito espaço, tornando-se um problema quando seu destino são células de confinamento. Talvez por esta razão que as pesquisas visando o reaproveitamento deste resíduo tenham progredido bastante nos últimos anos. A

aplicação na fabricação de solas e palmilhas tem demonstrado resultados altamente satisfatórios e algumas empresas do ramo tem investido na otimização de formulações com custos mais competitivos. Este resíduo também tem aplicação na fabricação de compensados de couro, como no caso de paredes divisórias, em decorrência da propriedade de atuar como isolante térmico e acústico. Também pode ser feita a recuperação do cromo deste resíduo, e gerar um resíduo praticamente isento de cromo e um liquor contendo cromo que pode ser utilizado como curtente.

J) Recorte:

Esta operação tem como objetivo remover partes indesejáveis do couro, totalmente inaproveitáveis, visando um melhor aproveitamento dos processos mecânicos.

K) Recurtimento / Tingimento / Engraxe:

- Recurtimento:

É o processo de submeter à pele curtida à ação de novos agentes curtentes visando complementar o Curtimento e dar características finais ao couro;

- Tingimento:

Tingimento é a etapa que se dá a cor ao artigo, por meio de corantes;

- Engraxe:

Nesta etapa é realizada a aplicação de uma determinada quantidade de um material lubrificante às fibras do couro para proporcionar flexibilidade, toque agradável e maciez.

L) Secagem:

Nesta etapa remove – se a água do couro por evaporação, o teor de umidade após a secagem complementar é de 16 a 18%.

M) Grampeamento / Amaciamento:

- Grampear:

Tem por finalidade dar área ao couro, abrindo e removendo as dobras;

- Amaciar:

Nesta etapa torna – se o couro macio por meio de ação mecânica.

N) Lixamento:

Esta operação tem o objetivo de diminuir os defeitos superficiais, dar efeito escrevente, e uniformizar a superfície do couro.

O resíduo sólido (pó da lixadeira) gerado nesta etapa pode ser incorporado ao farelo da rebaxadeira em suas aplicações, algumas delas referidas anteriormente. Também pode ser utilizado como ingrediente na fabricação de papelão e carga para a indústria de cimento.

O) Acabamento:

No acabamento - última etapa do processo de produção - o objetivo é dar uma aparência melhor e proteger a superfície do couro através da aplicação de tintas, é a operação que confere ao couro sua apresentação e aspectos definidos. Poderão melhorar o brilho, o toque, as características físico-mecânicas.

As aparas de couro semi-acabado e acabado, geradas na fase final do beneficiamento do couro, representam um volume pequeno no processo de fabricação propriamente dito, mas constituem um volume maior na indústria que utiliza o couro como matéria prima (indústria de calçados, vestuário, etc.). Uma aplicação simples e imediata é a doação ou venda deste resíduo para trabalhos artesanais em escolas, creches ou mesmo pequenas indústrias vinculadas ao artesanato.

P) Expedição:

Tem como objetivo, classificar, separar os couros levando em conta os defeitos, tamanho e origem, entre outros fatores que influem no valor do artigo; medir, verificar a área superficial do couro.

2.4 Questão ambiental

A questão ambiental está se tornando assunto obrigatório para executivos de empresas. A globalização dos negócios, a internacionalização dos padrões de qualidade ambiental

esperadas na ISO 14000, a conscientização crescente dos atuais consumidores e a disseminação da educação ambiental nas escolas permitem antever que as exigências futuras dos consumidores, em relação à preservação do meio ambiente e à qualidade de vida, deverão intensificar – se. Diante disso as organizações deverão manter uma postura responsável de respeito à questão ambiental. Segundo Maimom (1996) o comportamento ambiental da organização responsável corresponde a uma questão de longo prazo e compõe seus interesses com os da sociedade em que vive. Possui uma atitude, que transforma uma restrição ambiental em uma nova oportunidade de negócio.

Conforme Silva (2005), no mundo todo há um consenso da necessidade de preservação do meio ambiente. As atividades produtivas na área de química são normalmente de risco e potenciais causadoras de poluição, visto que trabalha com substâncias muitas vezes tóxicas e/ou inflamáveis e após um processo químico normalmente geram um lixo tóxico que precisa ser tratado como resíduo. A Agenda 21 (documento onde países se comprometem em prezar pelo chamado desenvolvimento sustentável) propõe a promoção de uma produção limpa juntamente com responsabilidade empresarial.

No Brasil a comunidade química já começa a reconhecer a filosofia da Química Verde como uma estratégia importante no que diz respeito ao problema do meio ambiente.

A filosofia da Química Verde está baseada atualmente nos seguintes princípios:

- É melhor prevenir que tratar ou limpar resíduos de processo químico depois de formados;
- Métodos sintéticos devem ser projetados para maximizar a incorporação de toda a massa de reagentes no produto. Essa idéia introduzida por Trost é conhecida como “Economia Atômica”.
- Sempre que forem viáveis, as metodologias sintéticas devem usar e gerar substâncias o menos tóxica possível à vida humana e ao meio ambiente.
- Os produtos químicos devem ser projetados de forma a ter maior eficiência no cumprimento de seus objetivos, com menor toxidez.
- O uso de outras substâncias durante o processo (ex: solventes, agentes de separação, etc.), devem sempre que possível, ser desnecessários ou inofensivos quando for.

- As exigências energéticas devem ser reconhecidas por seus impactos ambientais e econômicos e precisam ser minimizadas.

Segundo Anusz (1995), desde que o homem apareceu sobre o globo terrestre, perturbou o meio ambiente onde viveu, alterando a ecologia:

- a) subtraindo do meio todo o necessário para à sua subsistência;
- b) ao subtrair do meio o necessário para o seu bem estar, sempre provocando o desequilíbrio que a natureza, pacientemente reconstituía;
- c) pelo fato de ocupar o local, lançando em torno de si, os resíduos de sua utilização, alterando o meio e, destituindo-o de suas condições naturais, provocando uma discreta poluição, que se tornou tanto mais ativa, quanto maior o conglomerado de criaturas humanas.

Para Jost (1989), a indústria foi por muito tempo, estigmatizada com imagem nociva devido às grandes quantidades de resíduos que produz: sólidos e líquidos, ocasionando odores desagradáveis. Deve ser reconhecido, todavia, que dadas as características carnívoras da maioria das sociedades e a inexistência de uma solução alternativa para a disposição dos couros e peles gerados pelo abate de animais, a indústria de curtume desempenha um importante papel social quando prevê uma utilização econômica para esse materiais. Esses couros e peles, se não processados pelos curtumes, constituiriam um grave risco ambiental pela sua putrefação nas proximidades dos abatedouros e frigoríficos.

O objeto desta pesquisa, a água (reaproveitamento), que é essencial à vida, constitui um dos bens mais preciosos à disposição da humanidade. E por já se encontrar escasso em muitas regiões, requer racionalidade e cuidado em sua utilização. A contaminação das águas é, portanto, uma das maiores preocupações dos ambientalistas.

Conforme Valle (1996), a racionalização do uso da água nas atividades promovidas pelo homem é um dos primeiros passos para reduzir os riscos da contaminação hídrica. Se diminuir o volume de água utilizado e descartado pelas atividades de mineração, agricultura, indústria e serviços, menores serão as necessidades de tratamento e de seu acondicionamento às condições originais de pureza.

Essa racionalização deve incorporar outros dois conceitos, além da minimização das quantidades utilizadas: o conceito de reutilização da água, que pode ser usada várias vezes

antes de finalmente ser descartada, e o conceito da segregação de seus vários fluxos, não permitindo que se misturem águas pluviais com os esgotos sanitários e com águas de processo industrial.

Viero (2002) ainda destaca que o uso de membranas no tratamento de águas é de suma importância para que estas águas sejam reposicionadas. E conforme Schneider (2001) um mercado muito importante para as membranas filtrantes são as indústrias, é a água de reuso, a partir do esgoto bruto ou tratado. Tradicionalmente, a produção de água de reuso a partir de efluente secundário, envolve a seguinte combinação de operações unitárias: coagulação, decantação, filtração, desinfecção com cloro ou UV. Esse processo pode ser simplificado consideravelmente com a utilização de membrana de microfiltração ou ultrafiltração, com a obtenção de um produto de melhor qualidade do que os sistemas convencionais de produção de água de reuso. A presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos, no efluente secundário microfiltrado ou ultrafiltrado, limita o emprego deste tipo de água de reuso, à aplicações industriais ou comerciais que tolerem contaminantes químicos. A qualidade da água de reuso produzida e o rendimento das membranas de ultrafiltração e microfiltração podem ser melhoradas, sensivelmente, com o uso de floculante antes de filtração.

O tratamento com membranas, conforme Cassano (2000), permite que se reduza o impacto ambiental, na amplificação do tratamento, na limpeza dos resíduos líquidos, uma fácil reutilização do lodo ou sedimentos, uma redução de custos na venda, uma economia de produtos químicos e principalmente de água, de energia direta e indireta são algumas vantagens desta operação com membranas. No futuro com uma maior consolidação do processo de membranas neste campo, é esperado uma fase de inovação em aparelhagens para os curtumes (fábrica de tingimento).

O emprego da água em processamentos de peles é abundante e isso conduz a uma geração muito grande de resíduos líquidos. O alto volume destes resíduos requer altos investimentos para tratar. Portanto cada vez mais o uso mínimo de água no processamento do couro assume grande importância. À nova era tecnológica de limpeza tem iniciado no tratamento da pele. A pré-coloração e operações de pigmentos contribui sobre 57 % da água consumida no tratamento da pele e a lavagem com 35 %. A adoção apropriada da tecnologia na limpeza integrada previne uma solução viável para a conservação da água no processo / tratamento do couro.

Este papel expõe uma integração aproximada para o uso mínimo de água através da reciclagem e um ótimo tratamento do couro. Esta integração previne considerável redução no uso e no tratamento da água (RAGHAVA, 2003).

Hafez (2004) destaca que no processo de curtimento do couro ao cromo, a pele consome cerca de 60 – 80% do mesmo, o restante é descarregado dentro do efluente. Análises químicas de cromo no efluente em dois locais de tamanho médio, local para tingimento indicado que o cromo contém na quantidade de 1.300 a 2.500 mg Cr⁶⁺/L, desde NaCl (cloreto de sódio) em uma concentração variada de 40.000 – 50.000 mg/L. O laboratório de investigação e o estudo da escala de referência da química e da física ao pré tratamento de licores foram publicados mais cedo com 1º parte. Isto foi seguido de um estudo de Osmose Reversa, membrana de separação de cromo para a solução ao pré-tratamento numa escala piloto de investigação, que aprovado demonstrando sua aplicabilidade por pequena e média produção de tingimento, publicada separadamente parte 2. Baseado na mais recente planta piloto em resultados experimentais da baixa pressão da membrana e osmose reversa foi investigada neste trabalho.

Conforme Cassano (1997), as operações com membranas tanto ultrafiltração como nanofiltração e osmose reversa, tem provado ser um processo químico limpo. O estudo de um processo de curtimento mostrou que muitas operações podem ser melhoradas, aperfeiçoadas. O passo estudado neste trabalho foi peles enzimáticas sem pelo, sem gordura, de pele de ovelha selecionada e curtimento com cromo. Além disso, a recuperação e o reuso do sal contido em um banho de cromo. Os resultados obtidos mostram que há uma redução no impacto ambiental.

2.5 Sistema de tratamento de efluentes

Na Figura 2 é apresentado o fluxograma de ciclo de calcário da Empresa Aimoré Couros Ltda com as principais etapas envolvidas.

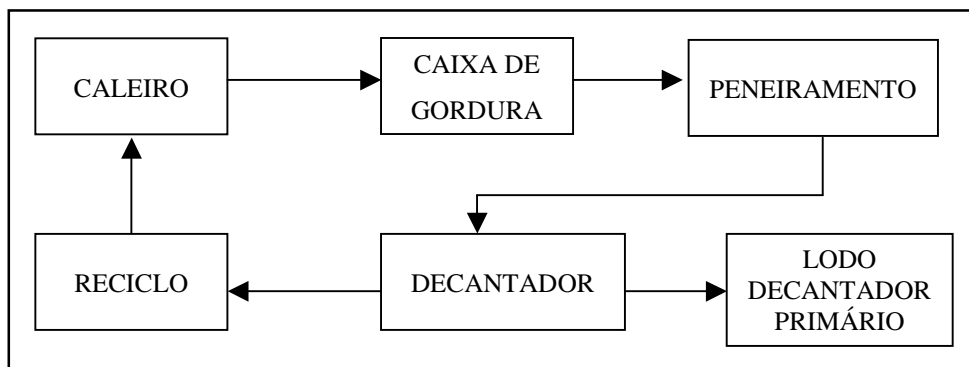


Figura 2 – Fluxograma do Reciclo de Caleiro do Aimoré Couros Ltda

2.5.1 Reciclo de Caleiro

A empresa possui reciclagem dos banhos de caleiro (conforme Figura 3), ou seja, reutiliza o banho residual de um lote de peles para outro repondo apenas a quantidade de insumos necessária para completar a formulação.

Como vantagem do reciclo Claas (1994) destaca: significativa economia no consumo de insumos químicos, redução considerável nas quantidades de oxigênio necessárias para oxidar os sulfetos residuais a tiosulfato e a diminuição da carga orgânica e tóxica no efluente total.

O processo de caleiro com o banho residual reciclado não implica em qualquer tipo de prejuízo na qualidade do produto final. O uso desta operação hoje já é bastante difundido.



Figura 3 – Ilustração dos Tanques de Reciclo de Caleiro do Aimoré Couros Ltda

2.5.2 Fluxograma do tratamento de efluentes da empresa

Na Figura 4 é apresentado o fluxograma de tratamento de efluentes da Empresa Aimoré Couros Ltda considerando as condições instaladas até o momento.

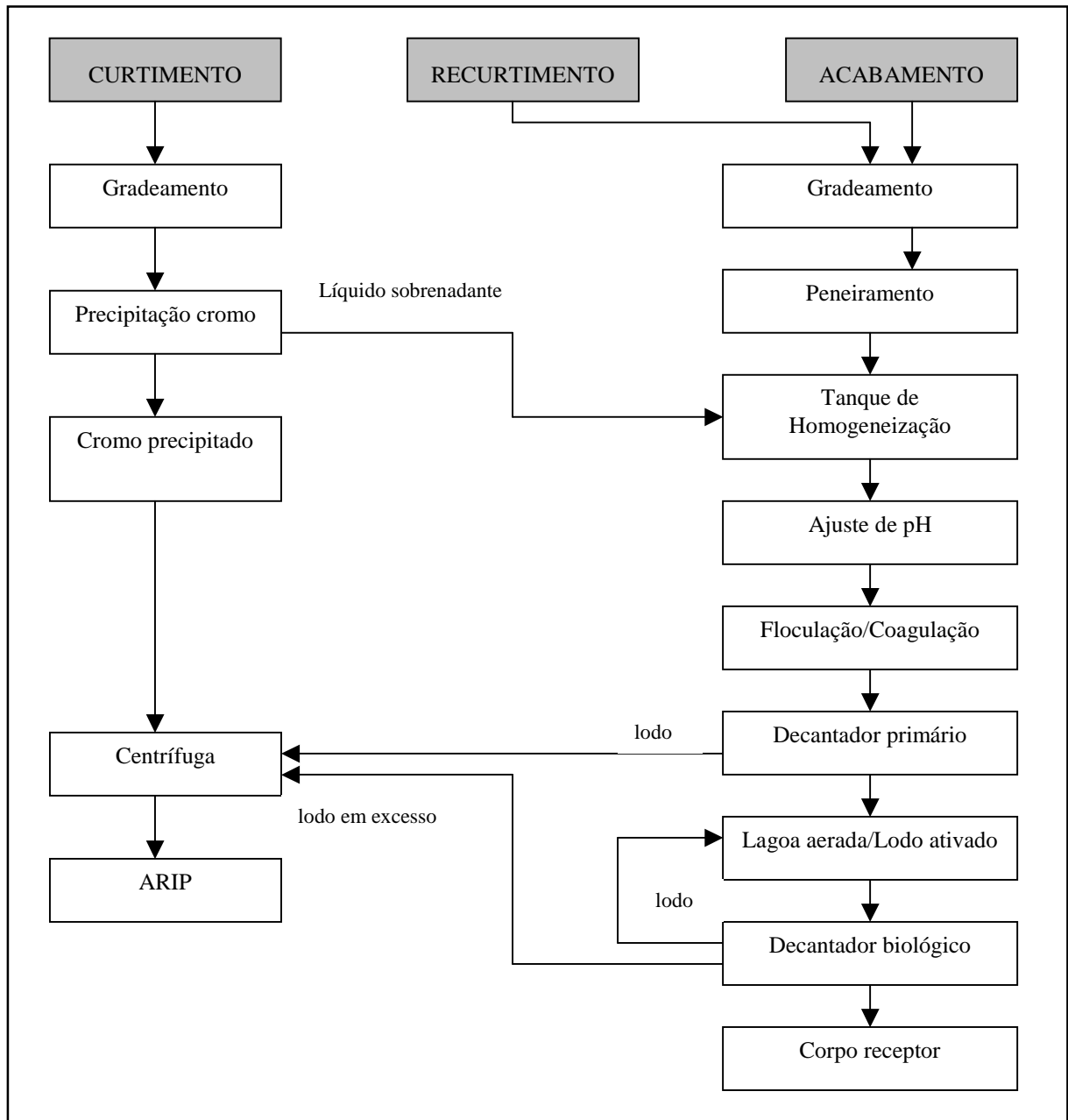


Figura 4 – Fluxograma do Tratamento de Efluente do Aimoré Couros Ltda.

A seguir são apresentadas as etapas do tratamento de efluentes, segundo Claas (1994):

2.5.3 Tratamento primário (Efluente)

O tratamento primário tem como objetivo fazer com que o efluente passe à fase seguinte com melhores características, ou seja, com menor teor de sólidos, gordura e DBO, toxidez o que permite ao tratamento secundário, ou biológico operar em melhores condições para o crescimento e desenvolvimento dos microorganismos responsáveis pela depuração da matéria orgânica resultante. Para isso seguem-se as seguintes etapas:

2.5.3.1 Gradeamento

O gradeamento (conforme Figura 5) tem por objetivo separar do efluente, antes do tratamento propriamente dito, materiais grosseiros que, por sua natureza ou tamanho, criariam problemas como desgaste de bombas ou obstruções em tubulações nas etapas posteriores.



Figura 5 – Ilustração do Gradeamento do Aimoré Couros Ltda.

2.5.3.2 Remoção de óleos e graxas - caixa de gordura

Um alto teor de óleos e graxas pode acarretar em vários inconvenientes, como entupimento dos orifícios, esta etapa visa à remoção de óleos e graxas.

2.5.3.3 Precipitação do cromo

Os banhos de curtimento passam por este tanque (conforme Figura 6) antes de irem ao homogeneizador, a fim de que grande parte do cromo usado no processo de curtimento que ficou no banho seja retirado, através da sua precipitação com cal hidratada. Assim o cromo precipitado é recolhido e levado ao ARIP, e os banhos são encaminhados ao homogeneizador para serem misturados com os outros banhos e assim seguirem o processo normal de tratamento.



Figura 6 – Ilustração dos Tanques de Precipitação de Cromo do Aimoré Couros Ltda.

2.5.3.4 Homogeneização e ou equalização

Este tanque (conforme Figura 7) tem por finalidade misturar os diversos banhos a fim de torná-los uniformes. Os banhos gerados são misturados e mantidos em agitação, uma agitação ineficiente gera variações de características do efluente o que não é desejável para a estação de tratamento.

As principais vantagens desta operação são aumentar a eficiências do tratamento biológico, pois cargas de choque são eliminadas ou podem ser minimizadas, substâncias inibidoras podem ser diluídas e o pH é estabilizado. A quantidade de efluente e a performace das operações de sedimentação de lodo gerado nas etapas posteriores são melhorados devido à melhor distribuição dos sólidos no efluente. Um aumento na eficiência do tratamento químico e redução da quantidade de insumos químicos utilizados, pois o efluente possui uma

característica contínua e homogênea. Além disso, o tanque de homogeneização funciona também como tanque de acúmulo em situações isoladas como, por exemplo, altas descargas de efluente ou necessidade de reciclo de um efluente que não tenha atingido os padrões de lançamento. E a desvantagem é que para um tanque assim muitas vezes seria necessário uma área muito grande, e o acúmulo de efluentes geraria um odor ruim.



Figura 7 – Ilustração do Tanque Homogeneizador do Aimoré Couros Ltda.

2.5.3.5 Neutralização

Esta etapa tem por finalidade melhorar as condições de floculabilidade e a posterior decantação através do ajuste do pH para uma faixa de 8,0 – 8,5. Como produto de ajuste de pH usa-se cal hidratada. Por exemplo, para efluente com pH baixo ou ácido é neutralizado com um produto alcalino, e para um efluente com pH alcalino ou alto é neutralizado com um produto ácido.

2.5.3.6 Coagulação e floculação

Coagulação (conforme Figura 8) é um processo químico de desestabilização das partículas coloidais ou em suspensão. Este processo é realizado mediante adição de determinados 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. Desta forma estas partículas passam a desenvolver forças de atração entre si, agregando-se umas as outras, anulando as forças repulsivas. O resultado disso é a formação de flocos de maior tamanho e peso molecular, sendo assim possível a sua sedimentação.

São vários os produtos químicos mais utilizados, a Empresa utiliza Sulfato de Alumínio $Al_2(SO_4)_3$. Que segundo pesquisa de Bajza (2004) há influência de diferentes concentrações de $Al_2(SO_4)_3$ sobre a água.

Em um trabalho realizado Song (2004) desenvolveu um sistema de tratamento que pode reduzir efetivamente a concentração de poluentes em tanques. Sulfato de Alumínio e Cloreto de Férrico foram usados neste processo como coagulantes.

Estes produtos são diluídos em tanque numa concentração de 5% a 40% e dosados no efluente.



Figura 8 – Ilustração da Coagulação do Aimoré Couros Ltda.

Floculação (conforme Figura 9) é uma etapa complementar à coagulação, que tem o objetivo de acelerar o processo de sedimentação das partículas sólidas coaguladas através da sua aglomeração.

São utilizados para isto produtos químicos, tipicamente orgânicos, como polímeros sintéticos, que possuem longas cadeias capazes de unir as partículas por meio de ligações químicas facilitando a sua aglutinação e transformando – as em grandes flocos.

Os polímeros utilizados podem ser catiônicos, aniônicos ou não aniônicos, e a sua aplicação depende das cargas das partículas a serem agregadas. O processo é realizado em tanques dotados de um agitador lento, para não romper os flocos formados, mas com velocidade o suficiente para promover o seu crescimento e impedir a formação de sedimentos no fundo.

É importante ressaltar que, para uma melhor eficiência deste processo o pH deve estar próximo da neutralidade. Portanto consiste em neutralizar a carga elétrica superficial com a adição de sulfato de alumínio e por meio de polieletrólitos tornar possível a precipitação da matéria coloidal em suspensão.



Figura 9 – Ilustração da Floculação do Aimoré Couros Ltda.

2.5.3.7 Decantação primária

O objetivo da decantação (sedimentação) é a remoção de material sólido presente no efluente. O efluente é mantido em tanques (conforme Figura 10), por tempo determinado, sob condições de repouso, para que as partículas sólidas se sedimentem pela ação da gravidade. Como resultado tem-se ótimas condições de separação de lodo gerado pelo acúmulo das partículas sólidas sedimentadas, do líquido clarificado. Para uma decantação efetiva, recomenda-se um tempo de retenção em torno de 2 a 2,5 horas. É importante ressaltar a necessidade de remoção periódica do lodo sedimentado, pois do contrário, ocorre perda deste lodo. Então, após a floculação, o efluente passa por gravidade para o sistema de decantação, cuja finalidade é a separação da parte decantável (lodo) do clarificado.



Figura 10 – Ilustração dos Decantadores Primários do Aimoré Couros Ltda.

2.5.4 Tratamento secundário

Neste tipo de tratamento busca-se principalmente a remoção de matéria orgânica e alguns nutrientes. Cabe ressaltar que somente compostos biodegradáveis são removidos nesta etapa. Os processos envolvidos são conduzidos de modo a acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente em corpos receptores.

Por envolver fenômenos biológicos, este tipo de processo depende também de alguns fatores físico-químicos do meio, tais como a temperatura o pH e a concentração de Oxigênio Dissolvido, que são diretamente responsáveis pelo desenvolvimento dos microrganismos do sistema, além da presença de outros compostos que podem atuar como inibidores.

De uma maneira geral a temperatura ideal dos sistemas biológicos deve se situar entre 20°C e 30°C, sendo que abaixo de 10°C ocorre uma diminuição da atividade biológica. Temperaturas acima de 40°C não são suportadas pelos microrganismos. A faixa de pH ideal varia em torno de 6,0 e 8,0. Cabe-se ressaltar que o pH está diretamente ligado à velocidade das reações enzimáticas.

A concentração de OD varia em função da pressão atmosférica e também da temperatura do meio. O OD é essencial para sistemas aeróbicos onde sua concentração ideal

gira em torno de 1 a 2 mg/L⁻¹. Concentrações maiores do que 4 mg/L⁻¹ não são recomendáveis, por causarem flotação do lodo em unidades de sedimentação secundárias.

Há também a necessidade de uma concentração ideal de nutrientes como nitrogênio e fósforo, para o desenvolvimento adequado dos microrganismos. Em casos em que os efluentes sejam pobres em nutrientes, estes devem ser adicionados para o funcionamento adequado do sistema. Portanto, o efluente ingressa nesta etapa com a remoção de grande parte da carga poluidora, mas ainda não oferece condições de ser autodepurado pelos corpos receptores.

2.5.4.1 Lagoa aerada/lodo ativado

O sistema é constituído basicamente por uma lagoa com reatores biológico (mostrado na Figura 11), seguida de um decantador secundário e de uma bomba que faz o reciclo parcial do lodo biológico, fazendo parte dele voltar para a lagoa com a função de aumentar a massa microbiana. Trata-se de um delicado equilíbrio entre microrganismos que se nutrem, reproduzem-se e movimentam-se a custa da energia obtida através da aeração.



Figura 11 – Ilustração da Lagoa Aerada / Lodo Ativado do Aimoré Couros Ltda.

2.5.4.2 Decantação secundária

Nesta etapa é realizada a última decantação (mostrada na Figura 12) para, as partículas sólidas que existirem fiquem no fundo, e a parte líquida ou sobrenadante seja lançada ao

corpo receptor. Nesta etapa parte do lodo é bombeada novamente para a lagoa e o excesso encaminhado à centrífuga.



Figura 12 – Ilustração do Decantador Secundário do Aimoré Couros Ltda.

2.5.4.3 Corpo receptor

Na Figura 13 é apresentada a saída do efluente final para o corpo receptor (Rio Taquari – RS) que recebe o efluente final tratado, dentro dos parâmetros sugeridos pela FEPAM.



Figura 13 – Saída para Corpo Receptor do Aimoré Couros Ltda.

2.5.4.4 Centrifugação

Na etapa da centrifugação o lodo gerado durante o processo é desaguado, mecanicamente, esta etapa é executada no Curtume Aimoré S.A. de Arroio do Meio - RS (Unidade I) onde o lodo gerado é levado de caminhão diariamente.

2.5.4.5 Aterro de Resíduos Industriais Perigosos

Aterro de Resíduos Industriais Perigosos é uma área licenciada e fiscalizada pela FEPAM, que recebe resíduos perigosos. Estes são confinados em valas cobertas.

2.5.5 Tratamento Terciário

A utilização do tratamento terciário em curtumes, na prática, não é muito comum. No entanto existem diversos estudos com respeito à aplicação de tratamentos complementares às operações realizadas, visando a remoção de poluentes específicos que eventualmente não tenham atingido os padrões de emissão do efluente e / ou o aumento da eficiência dos processos utilizados no tratamento de efluentes.

Alguns processos estudados atualmente são os seguintes:

- remoção de nitrogênio por adsorção com carvão ativo;
- utilização de taninos catiônicos na precipitação de poluentes;
- aplicação de processos de separação por membranas, bem como resinas de troca iônica ou osmose reversa visando a remoção de salinidade, especificamente cloretos;
- utilização de processos oxidativos avançados (POA's) na remoção de compostos tóxicos.

Embora boa parte destes estudos apresente resultados positivos com respeito à melhorias da qualidade do efluente, sabe-se que de uma maneira geral a eficiência de cada processo depende muito das condições de operação da estação de tratamento e da composição do efluente a ser tratado. Por outro lado os custos elevados envolvidos na adoção destas práticas são o principal empecilho para a implantação destas metodologias.

2.6 Métodos propostos de dessalinização do efluente final

2.6.1 Dessalinização

É o processo que elimina os sais dissolvidos na água. O objetivo da dessalinização é produzir água com pouco conteúdo salino para empregá-la em diversas atividades industriais.

A dessalinização ou desmineralização apresenta duas variantes: troca iônica e osmose reversa.

D) Troca iônica

O processo de desmineralização consiste em eliminar os íons presentes na água.

Este processo baseia-se no emprego de resinas sintéticas de troca iônica. As resinas seqüestram os sais dissolvidos na água por meio de uma reação química, acumulando-se dentro de si mesma. Por este motivo, periodicamente, as resinas precisam ser regeneradas com ácido clorídrico e hidróxido de sódio para remover os sais incorporados, permitindo o emprego das resinas em um novo ciclo de produção, e assim sucessivamente por anos.

As resinas de troca iônica são substâncias granulares insolúveis possuidoras, em sua estrutura molecular, de radicais ácidos ou básicos capazes de propiciar a substituição dos cátions ou ânions fixados previamente nesses radicais, por outros cátions ou ânions presentes no afluente, promovendo assim a remoção desejada. Durante este processo, não deve ocorrer a solubilização ou alteração permanente da resina pelo efluente. Esse fato possibilita a regeneração das resinas toda vez que a eficiência da troca iônica cair (CLAAS, 1994).

Não é do nosso conhecimento a utilização de trocadores de íons para efluentes de curtume, em parte devido ao custo da operação, e em parte, por não ser necessária sua utilização, face aos parâmetros máximos de emissão de efluentes líquidos da legislação atual. O uso desse sistema de tratamento terciário será indicado quando a reciclagem de água tratada para o uso no processo produtivo for vantajosa, como no caso de regiões com escassez de água ou quando o tratamento de água de abastecimento para o processo for oneroso.

Conforme Collins (1993), na cromatografia por troca iônica a fase estacionária é altamente carregada, sendo que solutos com cargas de sinais contrários a esta são

seletivamente adsorvidos da fase móvel. Os solutos adsorvidos podem ser subseqüentemente eluídos, por deslocamento com outros íons, com o mesmo tipo de carga, porém com maior força de interação com a fase estacionária.

- **Matriz**

A matriz de um trocador é constituída de um material poroso, natural ou sintético, inerte, insolúvel em água e em solventes orgânicos, apresentando ligações covalentes a grupos trocadores iônico. As matrizes quanto ao material que as formam, são classificadas em inorgânicas e orgânicas, sendo naturais ou sintéticas.

Dependendo do grupo trocador ligado covalentemente à matriz, os trocadores iônicos são classificados em iônicos e catiônicos. Os aniônicos como o próprio nome indica, trocam ânions e apresentam portanto grupos iônicos positivos ligados à matriz. Os trocadores catiônicos inversamente trocam cátions e apresentam grupos iônicos negativos ligados à matriz.

a) Trocadores inorgânicos naturais

Os solos apresentam minerais que são capazes de atuar como trocadores iônicos, pois o cátion do mineral ativo do solo possui uma camada de estrutura cristalina.

Para ocorrer a troca iônica em um mineral, a estrutura molecular precisa ser suficientemente aberta para permitir o acesso dos íons a serem trocados. O tipo de estrutura difere muito de um para outro tipo, mas estes trocadores, em geral, apresentam pequena capacidade de troca. São atacados por ácidos ou por bases, sendo a propriedade de troca de íons afetada por valores de pH diferentes de 7,00.

b) Trocadores inorgânicos sintéticos

Várias sínteses foram testadas com a finalidade de testar as propriedades do trocador, cuja principal limitação é a de apresentar baixa capacidade de troca, além de ter vazão lenta, causando problemas na regeneração. Todavia, era insolúvel na água e resistente à desintegração.

Trocadores sintéticos podem ser preparados a partir óxido de metais do grupo IV, como o Zircônio e o tório e dos ácidos do grupo V e VI, sendo um exemplo o fosfato de

zircônio. Estes materiais apresentam a vantagem de serem muito estáveis à temperatura e à radiação nuclear.

c) Trocadores com matriz orgânica natural

Certas substâncias como a lã, o cabelo, o couro (proteínas), a celulose e o Agar (polissacarídeo) possuem propriedades trocadoras de capacidade muito baixa.

As proteínas são constituídas de aminoácidos, que são compostos anfóteros e, portanto, podem se comportar como cátions ou ânions, dependendo do pH a que estão expostas.

A celulose, como o agar, possui também propriedades trocadoras. Mediante tratamento químico simples, em geral, sulfonação, pode – se obter materiais trocadores catiônicos. Todavia, com tal processamento, os produtos obtidos são heterogêneos e de pouco valor prático; tentativa de se empregar o carvão como a matriz trocadora ilustra bem isso.

Em 1934, foi demonstrado que certos carvões, sofrendo granulações e posteriormente tratados com ácido sulfúrico, davam origem a trocadores catiônicos que eram estáveis quimicamente e fisicamente em meios ácidos e alcalinos. Nesta época, a descoberta representou considerável avanço, desde que trocas envolvendo os íons hidrônio puderam ser realizadas, até então muito difíceis. Os grupos sulfônicos eram, em grande parte, responsáveis pela troca de cátions, como também grupos carboxílicos produzidos simultaneamente à reação de oxidação. O carvão submetido a este tratamento químico foi usado para desmineralizar à água.

d) Trocadores com matriz de celulose

A celulose é um biopolímero de glicose apresentando ligações cruzadas de pontes de hidrogênio, tendo grupos hidroxílicos que são facilmente oxidáveis a grupos carboxílicos, sendo esta a razão que capacita a celulose como trocador. Todavia, para efeito prático a celulose precisa ser tratada quimicamente. Agentes oxidantes transformam grupos hidroxílicos a carboxílicos de uma maneira homogênea, e a celulose, assim modificada, pode ser útil como um trocador.

Por tratamento químico conveniente é possível ligar a celulose a grupos trocadores

catiônicos e aniônicos. Também, dependendo da finalidade, pode ser dado um baixo nível de substituição dos grupos hidroxila, visando uma baixa densidade de carga, que permite a eluição de moléculas de polieletrólitos sob condições brandas, ou então, uma alta densidade mais apropriada para a cromatografia de pequenas moléculas altamente carregadas.

No estado nativo, as cadeias polissacarídicas de celulose são unidas por pontes de hidrogênio formando regiões microcristalinas. Interpostas a estas regiões existem outras amorfas, com um menor número de pontes de hidrogênio. A hidrólise ácida limitada produz uma perda preferencial da região amorfa, resultando em celulose microcristalina.

No fim da década de 1970 foi colocado no mercado o DEAE – Sephacel, um trocador aniônico preparado a partir de celulose microcristalina de alta pureza, previamente hidratada, com partículas esféricas, porosas, de diâmetro variando de 40-160 μm , pronta para uso, apresentando ligações cruzadas com epícloridrina, além das pontes de hidrogênio encontradas naturalmente na celulose. Os trocadores com matriz de celulose tem a vantagem de apresentar poros grandes, facilitando assim o acesso das substâncias aos grupos trocadores e permitindo boa qualidade de vazão da fase móvel.

e) Os trocadores com matriz de dextrano

Dextrano é um biopolímero formado por unidades de glicose, unidas predominantemente por ligações α -D (1-6) e produzido por bactérias (*Leuconostoc misenteroides*, *Leuconostoc dextranicium*), tendo como substrato inicial a sacarose.

Sob o nome comercial de Sephadex (Pharmacia) é produzido um polímero modificado de dextrano, onde as macromoléculas apresentam ligações cruzadas de pontes de hidrogênio entre as suas cadeias, obtendo assim uma estrutura porosa tridimensional. Por causa do seu alto conteúdo de grupos hidroxílicos, o Sephadex é fortemente hidrofílico e as partículas esféricas, produzidas deste material, são capazes de inchar consideravelmente em contato com a água, sendo possível formar vários tipos de poros conforme a sua capacidade de absorver água.

Por tratamento químico adequado, é possível ligar grupos trocadores as partículas esféricas de Sephadex. Os trocadores iônicos com matriz de Sephadex são derivados de Sephadex G – 25 e Sephadex G – 50, sendo que estes dois tipos diferem entre si quanto à porosidade das partículas esféricas. Os trocadores iônicos baseados no Sephadex G – 25

apresentam ligações cruzadas firmes, resultando em partículas de poros que aquelas com matriz de Sephadex G – 50, que apresentam poros maiores, sendo estes, portanto, mais indicados para a cromatografia de substâncias com massas moleculares elevadas. O pH e a força iônica dos eluentes são fatores que influenciam no grau de inchamento destes trocadores que, sendo esféricos e altamente porosos, permitem boas condições de vazão da fase móvel.

f) Trocadores com matriz de agarose

O agar é um polímero natural complexo extraído da alga Rhodophyciae. Ele é formado por cadeias polissacarídicas de agarose e agarpectina. Os grupos carregados presentes neste polissacarídeo são o sulfato e o carboxílico. A agarose contém menor número de grupos sulfatos, em relação à agarpectina, sendo por isso menos carregada.

A agarose foi introduzida como um gel para cromatografia por exclusão, foi preparado um gel de agarose livre de sulfato, com ligações cruzadas de bis-epoxi ou epiclorigrina. Este tratamento resultou em um gel mais insolúvel e com ligações cruzadas, mais homogêneas.

Como exemplo de trocadores que utilizam a agarose como matriz, podemos citar a DEAE-Sepharose CL-6B(aniônica) e a CM-Sepharose CL-6B (catiônica). Estes trocadores apresentam uma matriz de grande rigidez, aliada a uma porosidade equivalente àquelas com matriz de dextrano modificado, tendo ainda boas qualidades de vazão da fase móvel.

II) Osmose reversa

A osmose reversa segundo Schneider (2001), é utilizada para dessalinizar águas marinhas, águas salobras e águas de superfície. A pressão aplicada deve superar a pressão osmótica da solução para separar os sais da água. Na prática, a pressão de operação deve superar também a resistência da membrana, a resistência da zona de concentração-polarização e a resistência interna do equipamento. As pressões de operação reais são, portanto, mais elevadas do que a pressão osmótica da solução. Nesse processo empregam-se membranas sintéticas porosas com tamanhos de poros tão pequenos que filtram os sais dissolvidos na água. Para que a água passe pelas membranas, é necessário pressurizar a água com pressões maiores de 10 kgf/cm². Os fabricantes de membrana esforçam-se com sucesso para desenvolver novos produtos/ membranas que filtrem mais sais com pressões menores, ou seja, mais eficientes.

As tecnologias como osmose reversa e troca iônica podem ser empregadas separadas como é o estudo de caso ou de forma combinada. Quando uma água muito pura é solicitada, emprega-se osmose reversa seguida de troca iônica. A dessalinização é aplicada em vários ramos de atividades e processos dentro da indústria. Eventualmente, a osmose reversa pode ser utilizada na dessalinização de águas muito salobras para produzir água potável, caso não exista outra fonte bruta disponível. Produzir água potável por dessalinização tem alto custo.

Para se dimensionar o sistema de tratamento ideal, alguns parâmetros devem ser levados em consideração:

- A vazão da água;
- O período de operação diária;
- A procedência da água bruta;
- A utilização da água tratada;
- A análise da água bruta;
- Produtos químicos disponíveis;
- Área disponível, qualificação;
- Utilidades (ar, vapor, energia);
- Qualificação de mão-de-obra.

Esses dados são muito importantes por duas razões. Primeiro, porque, conhecendo-se a vazão de água e o período de operação diária, pode-se definir o tamanho do equipamento. Em segundo lugar, porque, com a análise e procedência da água bruta e a utilização da água tratada, será definido o tipo de tratamento necessário para se obter o produto dentro dos padrões requeridos para sua utilização. Segundo Claas (1994), a osmose reversa é um processo que permite a remoção dos sólidos dissolvidos de um determinado efluente por meio da filtração através de uma membrana semipermeável, sob pressão superior à exercida pela pressão osmótica dos sólidos dissolvidos no líquido a ser filtrado. Dependendo desta pressão osmótica, a pressurização no processo pode variar desde pressões relativamente baixas, de 3 a 5 bar, até 50 ou 60 bar de pressão, podendo, inclusive, superar estes valores. As membranas são constituídas por um polímero semipermeável, eficiente na retenção de sólidos, com dimensões compreendidas entre 0,002 a 10,0 μm . Essas características fazem com que haja a necessidade de um pré-tratamento do afluente à unidade de osmose reversa, como a filtração com areia e carvão ativado, por exemplo.

Entende-se por osmose a difusão de um líquido através de uma membrana semipermeável (no caso ideal, permeável apenas ao solvente e não ao soluto) separadora de duas soluções com diferentes concentrações. O fluxo líquido é da solução mais diluída (a qual tem uma maior concentração em solvente) para a mais concentrada, isto é, no sentido tendente a igualar as concentrações. O nível líquido sobe na solução mais concentrada e a diferença de pressão hidrostática resultante contraria o fluxo osmótico. Uma situação será eventualmente atingida em que a referida diferença de pressão anula o fluxo do fluido; esta toma o nome de pressão osmótica da solução se esta estiver separada, pela membrana semipermeável, do solvente puro. A pressão osmótica de uma solução pode, portanto, ser definida como a diferença de pressão requerida para produzir um fluxo nulo de solvente para a solução (POMBEIRO, 2003).

Para soluções suficientemente diluídas a pressão osmótica (π) pode ser dada pela equação de van't Hoff:

$$\pi V = nRT$$

onde n é o número de moles do soluto no volume V (litros) da solução, R a constante dos gases perfeitos e T a temperatura absoluta. Esta equação é formalmente análoga à dos gases perfeitos, podendo concluir-se que a pressão osmótica de uma solução diluída é igual à pressão que o soluto exerceria se existisse como gás e ocupando um volume igual ao da solução.

A equação de van't Hoff mostra ainda que a pressão osmótica de uma solução diluída é diretamente proporcional à concentração molar do soluto (e, portanto, inversamente proporcional ao peso molecular deste, para uma massa de soluto constante). A aplicação desta equação a soluções reais exige a introdução de correções análogas às aplicadas à equação dos gases perfeitos para a tornar válida a gases reais.

A membrana semipermeável real é, porém, frequentemente permeável ao soluto que a atravessa no sentido da solução mais concentrada para a mais diluída. Este fluxo contrabalança parcialmente o fluxo osmótico, e a diferença de pressão necessária à anulação deste é inferior à exigida por uma membrana semipermeável ideal.

Aplicando à solução mais concentrada (separada, por uma membrana semipermeável, de outra solução menos concentrada) uma pressão superior à diferença das pressões osmóticas das soluções (ou reduzindo, por vácuo, a pressão sobre a solução mais diluída de um valor superior à diferença das pressões osmóticas), o sentido de fluxo de solvente é invertido, dando-se agora mais a difusão do solvente através da membrana no sentido da solução mais concentrada para a mais diluída.

A pressão osmótica de uma solução é a pressão que deve ser aplicada à solução para igualar o potencial químico do solvente nesta solução ao do solvente puro à mesma temperatura.

Este processo é conhecido por osmose inversa ou hiperfiltração. Os fluxos de solvente (FS) e de soluto (Fs) através da membrana são dados pelas expressões:

$$FS = \frac{DS}{\lambda} (\Delta P - \Delta \pi) \quad \text{Expressão A}$$

$$Fs = \frac{Ds}{\lambda} \Delta C \quad \text{Expressão B}$$

em que DS e Ds são os coeficientes de difusão através da membrana referentes ao solvente e soluto, respectivamente, λ è a espessura efetiva da membrana, ΔP a diferença de pressão das duas soluções, $\Delta \pi$ a diferença de pressão osmótica destas e ΔC a diferença de concentrações de soluto nas soluções.

Uma vez que a difusão do soluto acompanha a do solvente é necessário atender à perda daquele, por vezes considerável, no decorrer da concentração de soluções por esta técnica (bem como por ultrafiltração a qual é referida adiante); a perda referida pode ser dada pela expressão:

$$s = 1 - (1 - S)^{1-R} \quad \text{Expressão C}$$

sendo que s a perda relativa do soluto, S o volume relativo de solvente removido (razão entre

o volume removido e o volume inicial de solvente) e R a rejeição da membrana. A perda de soluto é tanto maior quanto maior for a recuperação de solvente e quanto menor for a rejeição da membrana.

Um outro problema associado a esta técnica (bem como a ultrafiltração) resulta da acumulação de moléculas de soluto rejeitadas junto à superfície da membrana; do aumento de concentração correspondente resulta uma elevação da pressão osmótica e, assim, uma redução do fluxo de solvente (Expressão A), bem como um aumento das perdas de soluto (Expressão B).

A osmose inversa tem atualmente já considerável aplicação na purificação e concentração de soluções. Tratamento de água para caldeiras, pré – tratamento para desionizadores, remoção de bactérias e vírus, purificação de água do mar e de esgotos fabris constituem exemplos de aplicação de osmose inversa. Elevados valores de rejeição de sais são, em geral, manifestados pelas membranas utilizadas tais como as SEPA – 97 (Osmonics, Inc.), em acetato de celulose, com valores típicos de 95% (fluoreto, cloreto), 94% (sódio, potássio), 97% (cálcio e magnésio) e 98% (metais pesados).

É uma técnica suave de concentração aplicável a soluções termicamente sensíveis. Soluções biológicas (de plasma sanguíneo, de vírus, etc.) podem ser deste modo concentradas, bem como soluções de produtos alimentares (tais como sumos de frutas, cerveja, vinho, café, leite).

A Figura 14 representa uma montagem possível recorrendo ao uso de fibras ocas (Bio – Rad- Laboratories). A solução a concentrar, sob pressão, é colocada, em geral, no exterior das fibras podendo o interior ser submetido a vácuo parcial (a elevada pressão com frequência exigida em osmose inversa não permite a inclusão do retentado no interior das fibras dada a possibilidade de rebentamento destas). As moléculas de solvente e de solutos de pesos moleculares inferiores difundem-se através da membrana (por osmose inversa e por diálise, respectivamente), deste modo concentrado a solução nos solutos de maiores pesos moleculares. Este fato constitui, em várias aplicações (por exemplo, na concentração de soluções de proteínas), uma vantagem em relação à concentração por liofilização (a qual é também largamente utilizada com soluções termicamente sensíveis) através da qual todos os solutos são igualmente concentrados. Assim, por exemplo, a osmose inversa (ou a

ultrafiltração) permite aumentar apenas a concentração de proteínas requeridas (concentração acompanhada de separação) ao passo que por liofilização aquele aumento de concentração é acompanhado por correspondentes aumentos das concentrações de espécies não desejadas, tais como sais, peptídeos e aminoácidos.

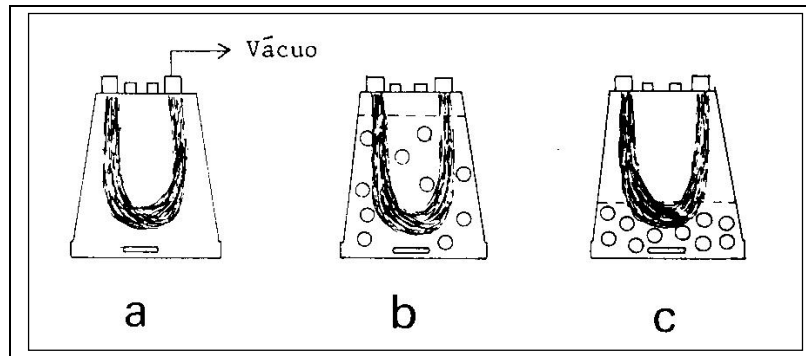


Figura 14 – Concentração de uma solução por osmose inversa através de fibras ocas. (a) Esquema geral. (b) Retentado antes da osmose inversa. (c) Retentado após esta operação.

Freqüentemente, em especial nas aplicações industriais, a osmose inversa é realizada continuamente e assistida por pressões moderadas (Figura 15). As colunas D contém fibras ocas (Bio – Rad- Laboratories) mas noutros sistemas (Osmonics, Inc.) incorporam tubos permeáveis envolvidos por membranas enroladas à sua volta.

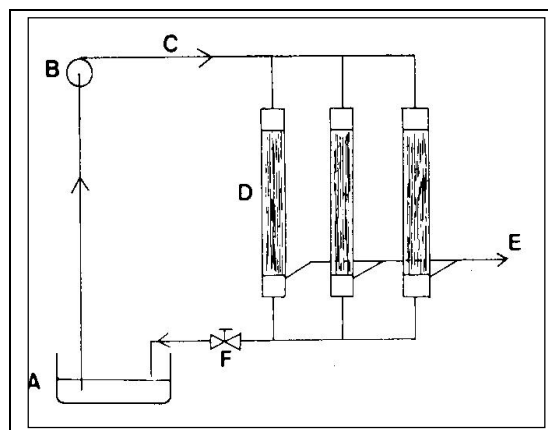


Figura 15 – Concentração contínua de uma solução por osmose inversa em fibras ocas (Bio-Rad Laboratories). A – Reservatório da solução a concentrar. B – Bomba. C – Solução a concentrar. D – Colunas com fibras ocas. E – Solução difundida através das fibras. F – Válvula reguladora da pressão.

Temo-nos referido a técnicas de concentração por osmose inversa. A osmose simples pode, porém, ser aproveitada para o mesmo fim. O miniconcentrador Minicon (Amicon) funciona segundo este princípio. É formado por células cada uma das quais contendo uma membrana semipermeável com uma face em contato com um absorvente. A solução – amostra é introduzida na célula (Figura 16) e o seu nível vai baixando à medida que o solvente atravessa a membrana por osmose sendo absorvido pelo absorvente. Não é necessário recorrer a sobrepessão da solução – amostra ou submeter o dialisado a vácuo.

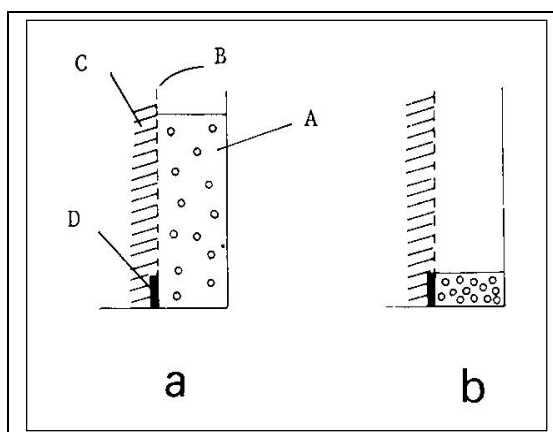


Figura 16 – Esquema da célula do miniconcentrador osmótico Minicon (Amicon). (a) Antes da concentração. (b) Após concentração. A – Solução – amostra. B – Membrana semipermeável. C – Absorvente. D – Seção impermeável (limitadora da concentração máxima).

2.7 Caracterização da empresa

Esta empresa surgiu quando um grupo de 29 empresários adquiriram um pequeno curtume de propriedade de Adolfo L. Eggers, situado no interior do município de Lajeado - RS, em Conventos – RS. Onde em 09 de outubro de 1946 assinaram o contrato social.

O primeiro contrato foi registrado na Junta Comercial do Rio Grande do Sul, em 29 de novembro do 1946, denominando a firma como “Curtume Aimoré Ltda”, tendo como objetivo social a “exploração da indústria de beneficiamento de couro e seu respectivo comércio”. Contudo em março de 1948, um incêndio destruiu as instalações da empresa, fazendo com que seus rumos passassem a se modificar. Objetivando o reerguimento do curtume os acionistas se reuniram e adquiriram uma área de 5,6 hectares no bairro São Caetano, em Arroio do Meio – RS.

A firma começou a contar com um capital de 2,1 milhões de cruzeiros, divididos em 210 cotas de 10 mil cruzeiros. Construiu-se o prédio e iniciou-se a produção em março de 1949, tendo Edgar Jung como gerente e Friedhold Kuhn como sub-gerente.

Desde os primeiros anos de trabalho a empresa participou das exportações, tendo os Estados Unidos da América como um dos primeiros importadores. O mercado interno, base da sua atividade, acompanhava o seu novo ritmo de produção, sendo que seus principais clientes situavam-se no Vale dos Sinos e no Estado de São Paulo, destinando-se os couros para calçados, malas e acessórios em geral.

Em 1951, a empresa começou a incrementar seus maquinários com a aquisição de diversas máquinas de precisão, importadas principalmente da Alemanha. Com o progresso da empresa em março de 1953, adquiriu-se mais 5,5 hectares na cidade de Encantado - RS, unidade II que se encontra também em plena atividade.

A instalação do Curtume em Encantado - RS foi uma necessidade, pois na Empresa em Arroio do Meio - RS, Unidade I, já não havia mais espaço para ampliações, e também pela pressão de muitos sócios residentes naquele município.

Em 1956 a Unidade II deu início à produção, sendo que inicialmente a empresa produzia sola para sapato, e com o passar do tempo, o Curtume partiu para a industrialização de couro para chuteiras. Conforme o crescimento da produção, expandiram-se os mercados. Iniciou-se então a fabricação de outros artigos em diversas espessuras, de acordo com a solicitação dos clientes. A partir de 1986/1987, a Unidade II especializou-se em determinados artigos, criando uma identidade própria na produção do couro vacum. Em 1987, a ampliação da ribeira para 1.600 metros quadrados propiciou um passo importante de expansão e, dos seus dezesseis empregados iniciais, a empresa passou a contar com cinquenta e cinco. Em setembro de 1989, a Unidade II desencadeou uma série de investimentos, totalizando 12.000 metros quadrados de área construída até o final de 1991. Foi no ano seguinte que a Unidade de Encantado - RS iniciou com a produção de couro acabado, até então feito apenas em Arroio do Meio - RS. A partir desta data, todo o processo de couro vacum passou a ser realizado em Encantado - RS.

Um dado importante na história da empresa é a transformação ocorrida em julho de 1965, quando os setenta e dois cotistas deliberaram em definitivo, a alteração da sua sociedade jurídica Alterava-se a sociedade de responsabilidade limitada para sociedade por ações, denominando-a por CURTUME AIMORÉ S/A, nome que persiste até o momento.

A unidade de Encantado - RS conta com a colaboração de 220 funcionários divididos em dois turnos. Com uma linha completa de produção que vai da ribeira até a expedição, a empresa produz uma média de 60.000 m² de couro por mês divididos em vários artigos como: vaquetas, vestuário, smooth, motoqueiro, semi-acabados, wet blue, forros, solas, raspas, látigo, nubuk e couros hidrofugados.

Cerca de 90% desta produção é exportada para Itália, Canadá, Estados Unidos, Coréia, China, Alemanha, França, Inglaterra e Portugal.

O Curtume Aimoré S/A, atualmente tem como diretores: o Sr. Jorge Adriano Kuhn, o Sr. Roque Kerbes, o Sr. Geraldo Fensterseifer e o Sr. Eduardo Kuhn.

Em 1º de novembro de 2006 a Unidade de Encantado - RS muda sua razão de Curtume Aimoré S/A para Aimoré Couros Ltda.

3 METODOLOGIA

Vejamos neste capítulo a seleção dos efluentes utilizados para o desenvolvimento destas técnicas, e a metodologia das mesmas.

3.1 Caracterização dos efluentes da Empresa

Inicialmente realizou-se uma bateria de análises para qualificar os efluentes industriais gerados na Empresa e para verificar quais poderiam ser aproveitados no trabalho de dessalinização ou desmineralização. Na Tabela 2, podemos observar quais foram os efluentes analisados inicialmente, quais foram as análises realizadas, a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

3.2 Amostragem

Os efluentes utilizados neste experimento foram retirados de diversas etapas do processo, sendo coletados 20 L do efluente de acabamento na saída do setor, antes de ser misturado com os outros efluentes na estação de tratamento. Do efluente de curtimento foram coletados 20 L no tratamento de efluentes, após a precipitação do cromo, na passagem do sobrenadante para o homogeneizador. Já o efluente do recurtimento foi coletado durante todo o processo de recurtimento. A cada purga dada foram coletados 100 mL de cada fulão, todos estes banhos foram homogeneizados em um balde. Sendo coletados daí 20 L de amostra de recurtimento. E do efluente final foi coletada a amostra da saída, de onde segue para o corpo

receptor (Rio Taquari). Para a técnica de Troca Iônica foram coletados 20 L de amostra e para a técnica de Osmose Reversa foram coletados 100 L de amostra.

3.3 Ensaios de Troca Iônica

Para a realização destes ensaios foram construídas duas colunas de Troca Iônica, uma Aniônica e a outra Catiônica.

Para a preparação da coluna Aniônica, pesou-se 406 g da mesma em balança analítica – Marca Digipeso DP 3000 Plus de uma resina aniônica - A- 400 Resina de Troca Aniônica Fortemente Básica, Tipo I de Marca Purolite - a qual foi dentro de um tubo de PVC com 50 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro. Nas duas pontas da coluna foi colocada uma esponja para que a mesma servisse de suporte. Os extremos da coluna foram fechados com conexões de PVC. A coluna da Troca Iônica Aniônica era alimentada por uma bomba peristáltica Marca Provitec-AWG 4000-100-A com vazão regulável. As conexões entre a bomba peristáltica e a coluna de troca iônica foi realizada por meio de mangueiras de silicone de 10 mm de diâmetro. A solução a tratar era retirada do sistema de tratamento de efluentes da Empresa e transportada até o laboratório de tratamento de efluentes da UNISC. O transporte era realizado em bombonas de plástico de 20 L. O efluente era retirado diretamente destas bombonas e injetado na coluna. A vazão de injeção utilizada nestes ensaios foi de 500 mL/min, para se pudesse verificar a condutividade em 2 minutos, 5 minutos e 8 minutos. Para avaliar a eficiência do processo de troca iônica foi injetado 5 L do efluente escolhido na coluna, e foi verificada a condutividade em Condutivímetro Marca Marte. Todo o efluente passante era coletado em um Becker de 1 L e transferido para outro recipiente de maior volume. Uma vez que os 5 L de efluente foram alimentados na coluna, a mesma era lavada. Para isso, água deionizada era bombeada através da mesma durante 5 minutos. Após a lavagem, a coluna era regenerada com a solução de NaOH 5%. A regeneração durava 20 minutos.

O efluente tratado com a coluna aniônica era posteriormente tratado com uma coluna catiônica.

A coluna catiônica - C-100 Resina de Troca Catiônica Fortemente Ácida de Marca

Purolite - foi construída seguindo às características da coluna aniônica. Esta coluna foi também construída usando um tubo de PVC de 50 cm de altura e de 5 cm de diâmetro. Dentro dela foram colocados 406 g de uma resina catiônica. As demais características do experimento são as mesmas descritas nos ensaios com a coluna aniônica. Após os ensaios, a coluna era lavada com água deionizada e regenerada com uma solução de HCl 8% . A lavagem e a regeneração foram realizadas de acordo com o detalhado mais acima. Trabalhou-se com 5 L de cada efluente nesta técnica. A Figura 17 mostra uma ilustração do sistema de Troca Iônica.



Figura 17 – Ilustração do Sistema de Troca Iônica Laboratório UNISC (1) Bombona com Efluente. (2) Bomba peristáltica. (3) Coluna de Troca Iônica. (4) Mangueiras de silicone.

3.4 Ensaio da Osmose Reversa

Neste ensaio a solução a tratar (efluente final) era retirada do tratamento de efluentes da Empresa e transportada em duas bombonas de plástico de 50 L cada.

Para realização desta técnica foi utilizado, o sistema de Osmose Reversa da Marca Marconi Laboratório Ltda que encontra-se disponível no laboratório de Tratamento de Efluentes da UNISC, situado no prédio 54. Nesta técnica trabalhou-se com uma pressão de 10 Kgf/cm². Bombeou-se os 100 L de efluente final para a caixa de contenção com o auxílio de uma bomba Marca Motobomba Centrífuga Standard Mod.ICS-50 Grupo MEG Eletroplas 220V, e o mesmo foi passando pela membrana de osmose reversa, foi verificada a condutividade aos 5, 10 e 15 minutos. Após 15 minutos retirou-se a amostra (permeado ou percolado) para realização das análises.

Na Figura 18 podemos observar o sistema de Osmose Reversa.



Figura 18 – Ilustração do Sistema de Osmose Reversa Laboratório UNISC (1) Bombonas com Efluente. (2) Motobomba Centrífuga Standard. (3) Mangueira de silicone. (4) Caixa de Contenção. (5) Equipamento de Osmose Reversa.

3.5 Análises Físico - Químicas

Na Tabela 1 são apresentadas todas as análises que foram realizadas nos efluentes, antes e após testar os métodos propostos, Troca Iônica e Osmose Reversa. As análises seguem o que é especificado no “Standard Methods”, Clesceri (1998).

As amostras eram coletadas na Empresa pela manhã, separava-se 2 L e estas eram preservadas na geladeira (amostra antes das técnicas) do laboratório do Aimoré Couros Ltda. No turno da tarde eram realizadas as práticas na UNISC, após as amostras eram trazidas de lá e colocadas na geladeira do laboratório do Aimoré Couros Ltda, para preservação 2 L (amostra após as técnicas). Estas eram retiradas do Curtume, pelo laboratório responsável - Laborquímica - no dia seguinte pela manhã e encaminhadas para análises. As análises foram realizadas pelo laboratório de análises químicas (Laborquímica), situado no município de Canoas-RS, conforme Tabela 1 metodologia utilizada:

Tabela 1 – Tabela de Ensaio e Metodologias Realizadas.

Ensaio	Unidade	Metodologia	Limite de Detecção (mg/L)	Incerteza do Método (%)
pH	x-x-x	Potenciometria Direta	1,0	4,0
D.B.O.5 dias	mg L ⁻¹ O ₂	Potenciometria Elet. Membrana	2,0	15,0
DQO	mg L ⁻¹ O ₂	Dicromatometria-Refluxo Aberto	4,0	13,0
Fósforo Total	mg L ⁻¹ P	Espec. Abs. Mol. UV – V SnCl ₂	0,01	8,0
Cloretos	mg L ⁻¹ Cl ⁻	Titul. Precipit. – Argentimetria	0,35	1,7
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg L ⁻¹ N	Titulometria – Destil. Prévia	0,03	5,0
Cromo Total	mg L ⁻¹ Cr	Espectro de Absorção Atômica	0,02	3,7
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	Cone Imhoff	0,1	10,0
Sólidos Suspensos	mg L ⁻¹	Gravimetria	0,1	5,0

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

O aprimoramento tecnológico, hoje em dia, implica na busca e aperfeiçoamento de novas tecnologias, visando um desenvolvimento industrial em harmonia com o meio ambiente.

Ao longo dos anos, as tecnologias tradicionais vêm acarretando altos índices de poluentes nos resíduos a serem tratados, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos. As conseqüências são o alto custo e a complexidade no tratamento desses resíduos que, quando não tratados adequadamente, podem acarretar graves prejuízos ao meio ambiente.

As tecnologias alternativas, menos poluentes, são atualmente motivo de pesquisas e investimento por parte das indústrias químicas fornecedoras de insumos para curtumes. Por outro lado, reciclagens de banhos residuais, substituição de produtos químicos e reutilização de efluente final caracterizam as modernas tecnologias que vem sendo adotadas pelas indústrias de peles e couros.

4.1 Primeira bateria de análises realizadas nos efluentes

Na Tabela 2 podemos verificar os resultados da primeira bateria de análises dos efluentes da empresa, para selecionarmos quais seriam aproveitados neste trabalho.

Tabela 2 – Primeira bateria de análises dos efluentes do Aimoré Couros Ltda – Abril/2006

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl⁻ mg L ⁻¹
Remolho	0,020	20750	40453	388	603	8,5	7,8	23060	81496
Curtimento	0,599	497	1237	0,04	66,3	9,6	N.D.	40	13190
Recurtimento	158	1214	5901	1,40	73,7	4,0	Prejud.	1720	1413
Acabamento	3,85	1080	2655	2,50	20,0	7,2	8,5	480	62,2
Efluente Final	0,289	75,7	166	0,45	96,9	8,1	N.D.	13	3990
Parâmetros FEPAM	Até 0,5 mg L ⁻¹	Até 120 mg L ⁻¹	Até 360 mg L ⁻¹	Até 1 mg L ⁻¹	Até 10 mg L ⁻¹	6,0 à 8,5	Até 1mL/L em teste de 1h (cone Imhoff)	Até 120 mg L ⁻¹	-

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

A partir do primeiro trimestre de 2007, entrou em vigor a resolução CONSEMA nº128/2006, referente aos padrões de lançamento do efluente final, como esta pesquisa já se encontrava em estágio avançado, não foram alterados os valores dos parâmetros sugeridos pela FEPAM conforme Tabela 2.

Concluídas as análises dos efluentes gerados em cada processo, observou-se através dos resultados que o remolho possui uma carga muito elevada, ou seja, nesta etapa os contaminantes estão com os seus índices muito altos devido à grande carga orgânica

encontrada neste banho, por ser este o primeiro do processo. Como podemos observar na tabela 2, os Cloretos estão em grande concentração por ser este o primeiro processo com banho após a conservação das peles com sal, apesar do batimento mecânico para remoção do mesmo. Os Sólidos Suspensos também encontram-se acima do parâmetro estabelecido pela FEPAM. A DBO5 encontra-se em grande quantidade pelo fato deste banho ter uma carga orgânica muito elevada, pois é nesta etapa que se realiza a depilação das peles. O Cromo aparece com resultado insignificante pois inicia-se a adição do cromo apenas na próxima etapa, na do curtimento. Ainda o Fósforo e o Nitrogênio encontra-se em grande quantidade também o que dificultaria e muito o processo de dessalinização, pois comprometeria a resina. Por este motivo descartou-se a utilização do efluente de remolho neste trabalho.

Em virtude disto optou-se então por trabalhar então com os seguintes efluentes: Curtimento, Recurtimento, Acabamento, Efluente Final.

Como podemos observar na Tabela 2, há uma redução enorme dos contaminantes do curtimento comparando com os do remolho. Apenas começa a aparecer o Cromo nesta etapa, mas com índices muito baixos, quase dentro dos parâmetros da FEPAM sendo que este efluente apenas passou pelo processo de precipitação do cromo com cal hidratada, por esta razão esta com o pH elevado. Já no banho de recurtimento não há precipitação de cromo como no curtimento pelo fato deste ser ofertado em quantidades bem menores no recurtimento, por este motivo os contaminantes estão em maiores quantidades pois este banho precisa ainda seguir por todo o processo da tratamento de efluentes. Além disso o pH final do recurtimento é ácido, o que justifica o valor e os Sólidos Sedimentáveis encontram-se com índices prejudiciais. Observando os resultados do efluente de acabamento, este também pode ser trabalhado, pois os contaminantes encontra-se com índices que não comprometeriam a resina. Já o efluente final como podemos observar na Tabela 2, sai com seus contaminantes todos dentro dos parâmetros sugeridos pela FEPAM, com exceção do Nitrogênio, que para curtumes é praticamente impossível de se atingir o que é sugerido, pelo fato de que o Nitrogênio provem principalmente dos constituintes protéicos da matéria-prima.

4.2 Resultados da Troca Iônica

Vejamos agora os resultados dos efluentes utilizados na técnica de Troca Iônica.

4.2.1 Efluente de Acabamento

Iniciando o estudo de dessalinização ou desmineralização, o efluente do Acabamento foi bombeado pela coluna de troca iônica (resina aniônica), aproximadamente 5 L da amostra com uma vazão de 500 mL/min, para que a condutividade fosse verificada periodicamente e garantisse que a resina não estivesse comprometida. Conforme mostra a Figura 19.

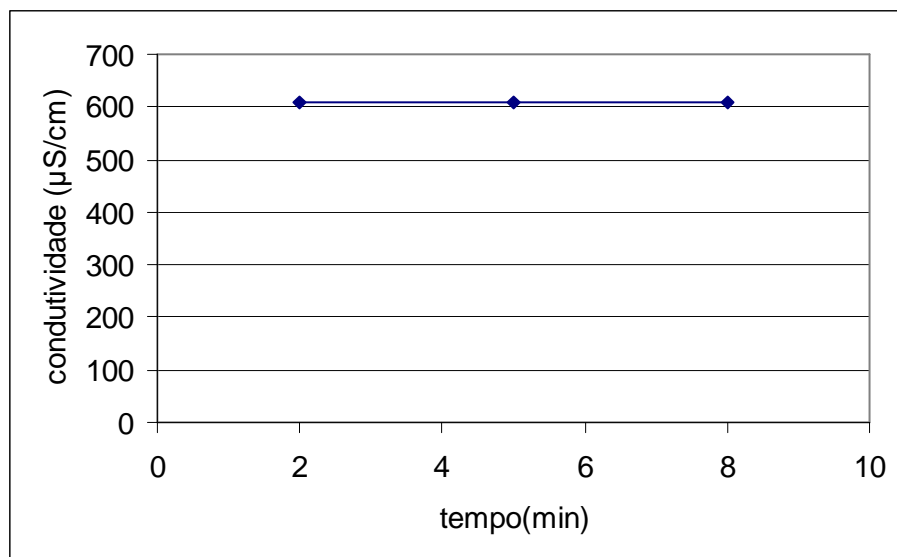


Figura 19 - Gráfico da variação da condutividade do efluente acabamento durante a passagem na coluna aniônica

Observou – se que este procedimento não se mostrou muito eficiente com o efluente de acabamento em função do mesmo ter muita quantidade de sólidos em suspensão, o que dificultou seu bombeamento pela coluna de troca iônica aniônica, causando entupimento da mesma, por este motivo não passou-se este efluente pela coluna catiônica. Este efluente se assemelha a um esgoto doméstico, com uma coloração bastante escura.

Conforme Tabela 3 podemos observar os resultados do efluente do acabamento antes e após da Troca Iônica (coluna aniônica). Como podemos observar os resultados na Tabela 3, a

maioria dos parâmetros do efluente de acabamento reduziram consideravelmente com a troca iônica aniônica principalmente a DQO, que ficou com o resultado dentro dos padrões da FEPAM, após passagem pela resina de troca iônica. Para o Cromo obteve-se uma redução de 52%, mas que pode ser melhorada aumentando o tamanho da coluna de troca iônica ou com uma redução na vazão da mesma pela coluna, para que este efluente tenha um tempo maior de retenção. Os Sólidos Suspensos também tiveram um boa redução. A DBO5 também reduziu consideravelmente, mas esta técnica não foi muito eficiente na remoção da carga orgânica. É necessário levar em conta que este efluente passou apenas pela coluna aniônica. Observou-se também que a coluna aniônica por ter caráter fortemente básico, e por ser regenerada com NaOH foi responsável pela elevação do pH da amostra de 7,60 para 12,50.

Tabela 3 – Resultados das análises do Efluente de Acabamento empregando Troca Iônica

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl⁻ mg L ⁻¹
Antes Troca Iônica	1,72	650	3284	1,5	24,7	7,6	N.D	400	80,7
Após Troca Iônica	0,82	306	302	1,1	16,5	12,5	N.D	168	1680
Redução	52 %	53 %	91 %	27 %	33 %	-	-	58 %	-
Aumento	-	-	-	-	-	-	-	-	1982 %

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

4.2.2 Efluente de Recurtimento

O efluente de recurtimento foi inicialmente bombeado pela coluna aniônica e na seqüência pela coluna catiônica. Foram bombeados aproximadamente 5 L de amostra pelas colunas com uma vazão de 500 mL/min, para que fosse verificada a condutividade, e assim fosse garantido que a mesma não estivesse saturando. Como podemos observar nas Figuras 20 e 21.

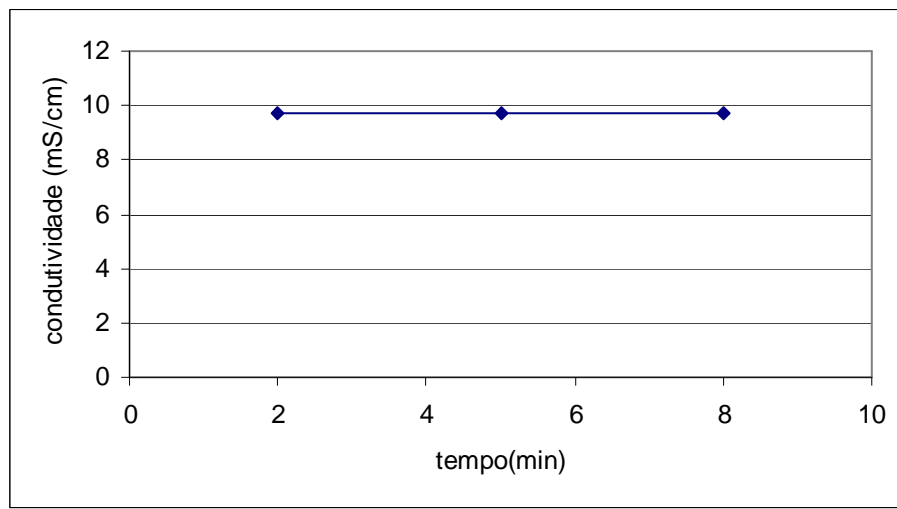


Figura 20 - Gráfico da variação da condutividade do efluente recurtimento durante a passagem na coluna aniônica

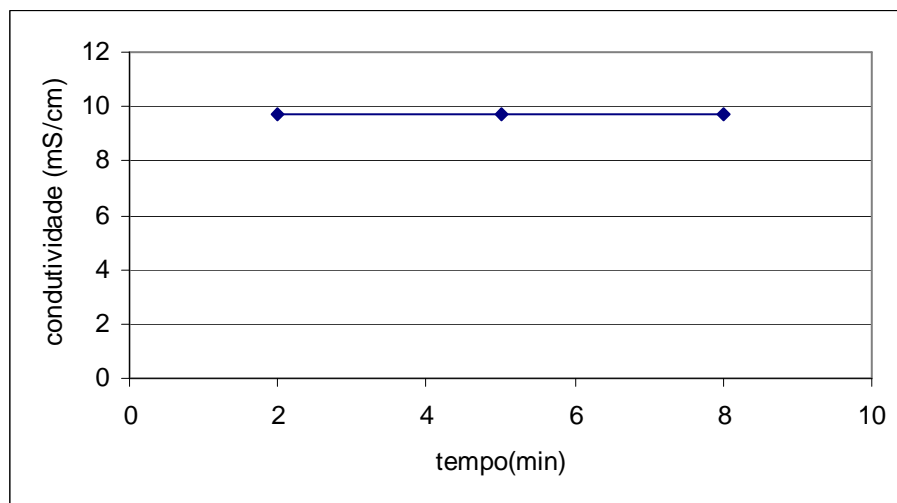


Figura 21- Gráfico da variação da condutividade do efluente recurtimento durante a passagem na coluna catiônica

Este efluente apresentou uma coloração bastante escura, quase preta, em razão do corante preto utilizado para o tingimento do couro que estava sendo produzido quando foi

coletada a amostra de efluente.

Conforme Tabela 4 podemos observar os resultados das análises antes e após o desenvolvimento da técnica de troca iônica. Conforme os resultados da Tabela 4, a maioria dos parâmetros do efluente de recurtimento reduziram consideravelmente (mais que 72%), mas ficando apenas o Fósforo dentro dos parâmetros sugeridos pela FEPAM, após passagem pela troca iônica. A técnica da troca iônica se mostrou muito eficiente na redução do Cromo, o que é um resultado extremamente positivo, pois este é considerado tóxico, poluente. O Nitrogênio também foi removido consideravelmente (79%), os Sólidos Suspensos também apresentaram uma boa redução (83%). Observamos ainda que os Cloretos aumentaram após passagem pela coluna catiônica, e este aumento se dá pelo desprendimento do Cl^- , pois a coluna catiônica é regenerada com HCl. E esta por ter caráter fortemente ácido e ser regenerada com HCl ficou acidificada, e abaixando-se o pH da amostra de 4,0 para 1,4.

Tabela 4 – Resultado das análises do Efluente de Recurtimento empregando Troca Iônica

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl⁻ mg L ⁻¹
Antes	256,3	1220	7964	3,2	130	4,00	N.D	930	939
Troca Iônica									
Após	32	1250	6723	0,9	27,5	1,40	N.D	155	2497
Troca Iônica									
Redução	87 %	-	16 %	72 %	79 %	-	-	83 %	-
Aumento	-	2 %	-	-	-	-	-	-	166 %

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

4.2.3 Efluente de Curtimento

O efluente de curtimento foi bombeado pela coluna aniônica e catiônica, conforme foi descrito para efluente de recurtimento. Podemos observar nas Figuras 22 e 23 a variação da condutividade.

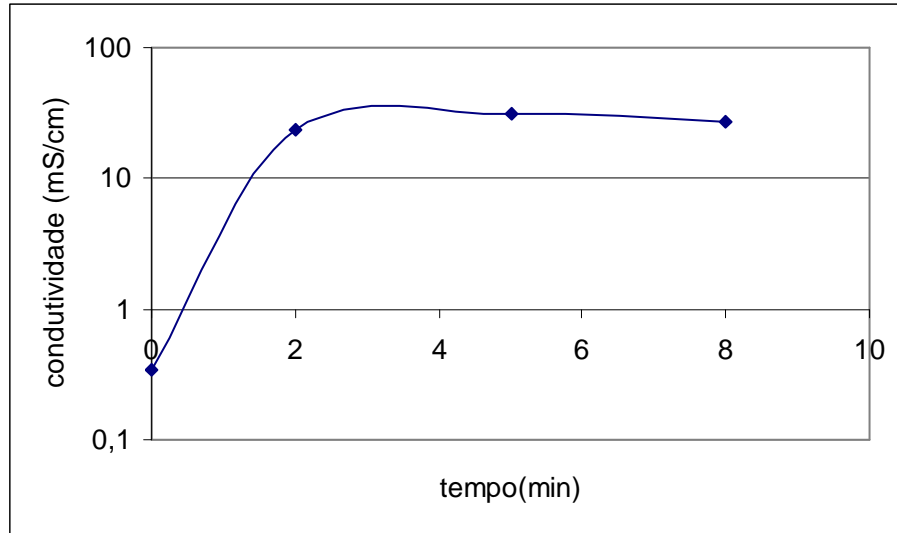


Figura 22 - Gráfico da variação da condutividade do efluente de curtimento durante a passagem na coluna aniônica

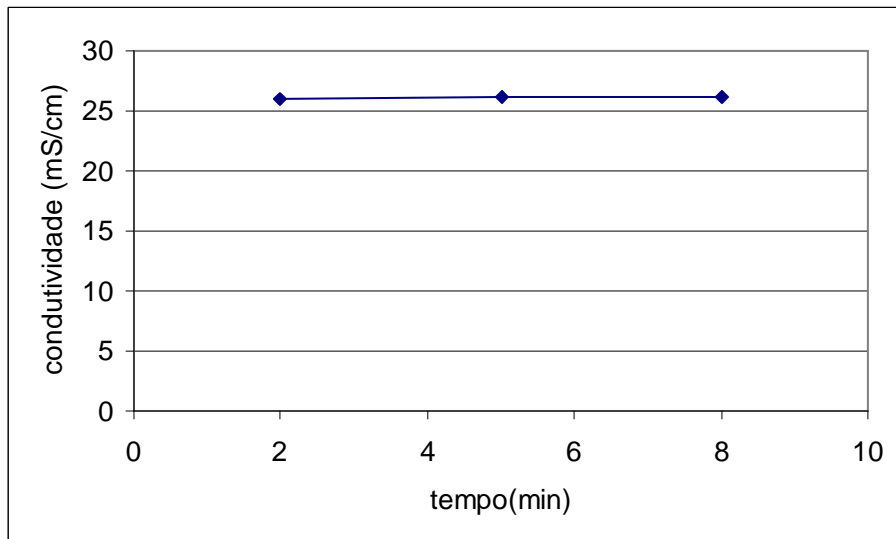


Figura 23 - Gráfico da variação da condutividade do efluente de curtimento durante a passagem na coluna catiônica

Na Tabela 5, observamos os resultados das análises antes e após dos métodos propostos. O efluente de curtimento tem uma coloração esverdeada, própria do cromo.

Observamos que esta técnica se mostrou eficiente para este efluente, pois apresentou algumas reduções significativas como DBO5 e os Cloretos, sendo que o Cromo ficou dentro dos parâmetros sugeridos pela FEPAM, porém apresentou maior quantidade após a técnica, o que é considerado um resultado anômalo, assim como o Fósforo e o Nitrogênio. Por ser a resina catiônica fortemente ácida e regenerada com HCl conseqüentemente o pH da amostra reduziu de 9,8 para 1,2.

Tabela 5 – Resultados das análises do Efluente de Curtimento empregando Troca Iônica

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹
Antes	0,067	294	939	0,132	61,1	9,80	N.D	78	7967
Troca Iônica									
Após	0,353	138	781	0,228	90,5	1,20	N.D	60	3509
Troca Iônica									
Redução	-	53 %	17 %	-	-	-	-	23 %	56 %
Aumento	427 %	-	-	73 %	48 %	-	-	-	-

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

4.2.4 Efluente Final

Finalmente, bombeou-se o efluente final pela coluna aniônica e pela catiônica, conforme foi descrito para o efluente de recurtimento. Observa-se nas Figuras 24 e 25 a variação da condutividade que não indica saturação das referidas resinas.

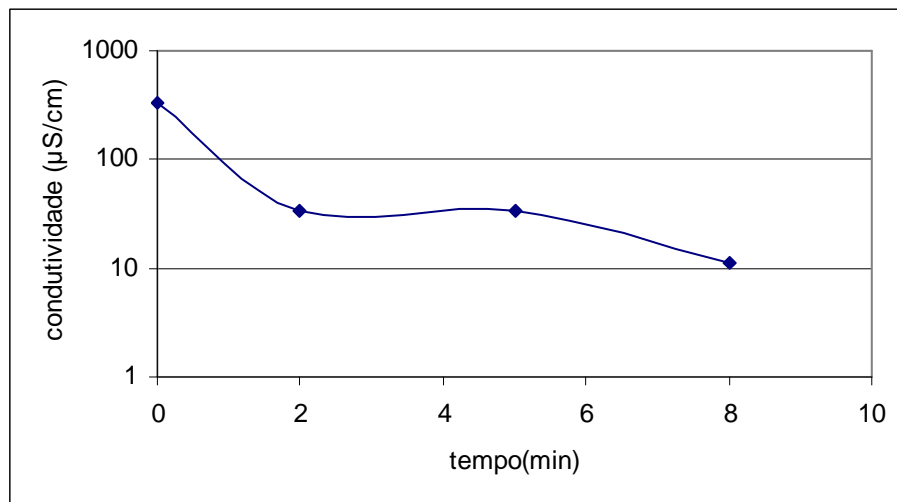


Figura 24 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem na coluna aniônica

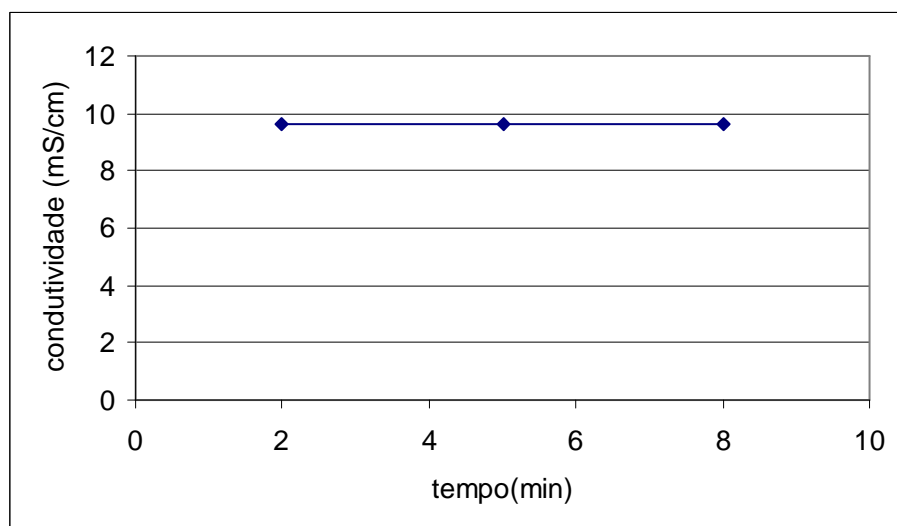


Figura 25 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem na coluna catiônica

O efluente final possui uma leve coloração marrom, que segundo a FEPAM não pode mudar a coloração do corpo receptor (Rio).

Na Tabela 6 podemos observar que todos os parâmetros do efluente final também reduziram significativamente, ficando todos eles, com exceção do pH, dentro dos parâmetros da FEPAM, após passagem pela troca iônica. Sendo que esta técnica, troca iônica, se mostrou eficiente a este efluente, que por ser um efluente final, já tratado, apresenta uma carga baixa de toxidez, sendo assim um efluente mais viável para trabalhar com este método, em função

da menor probabilidade de saturação das resinas das colunas aniônica e catiônica. Observou-se que a coluna catiônica por ter caráter ácido e por ser regenerada com HCl ficou acidificada reduzindo o pH da amostra de 8,0 para 1,4, o que pode ser facilmente corrigido elevando-se o pH. Deve-se destacar que no dia da coleta deste efluente quebrou um cano do processo, contaminando a amostra antes da troca iônica, onde obtivemos um resultado de Cromo acima dos padrões exigidos pela FEPAM para o efluente final. O concerto foi executado no mesmo dia, mesmo com este problema houve uma redução muito boa no valor do Cromo (76%), DBO5 (aproximadamente 100%) e Sólidos Suspensos (86%).

Tabela 6 – Resultados das análises do Efluente Final empregando Troca Iônica

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹
Antes Troca Iônica	0,765	68	406	0,283	129	8,00	N.D	244	2404
Após Troca Iônica	0,181	N.D	161	0,127	6,47	1,40	N.D	33	1404
Redução	76 %	≅100 %	60 %	55 %	95 %	-	-	86 %	42 %
Aumento	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial

4.3 Resultados da Osmose Reversa

Na técnica de Osmose Reversa trabalhou-se apenas com o efluente final, por ser este o único em condições ideais, os outros teriam que passar por uma nanofiltração, senão poderiam comprometer a membrana da Osmose Reversa por terem uma carga muito pesada. O efluente final possui uma leve coloração marrom, em concordância com a FEPAM, pois o mesmo não pode mudar a coloração do corpo receptor (Rio). Podemos observar na Figura 26 a variação da condutividade e na Tabela 7 o resultado das análises antes e após da técnica de Osmose Reversa.

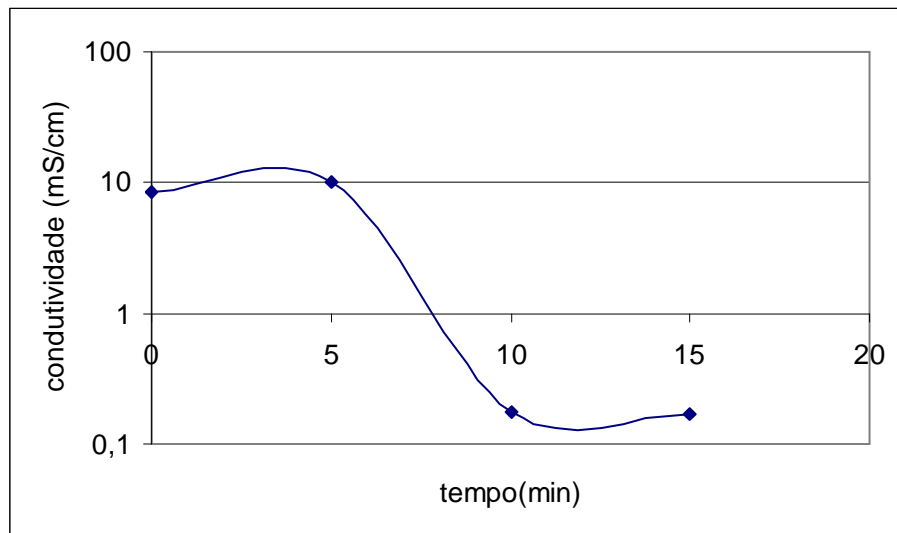


Figura 26 - Gráfico da variação da condutividade do efluente final durante a passagem pela membrana de osmose reversa

Na Tabela 7 podemos observar através das análises realizadas, que todos os parâmetros do efluente de final reduziram significativamente após passagem pela Osmose Reversa, ficando todos dentro do sugerido pela FEPAM. A técnica de Osmose Reversa, se mostrou a mais eficiente em termos de resultados. Reduzindo o Cromo, a DBO5 e os Sólidos Suspensos em aproximadamente 100%, e as demais reduções acima de 70%. Neste processo a vazão do rejeito foi 9 L/min e do permeado 1,6 L/min. Podemos observar na Figura 27 o grande contraste entre o permeado ou percolado e o rejeito

Tabela 7 – Resultados das análises do Efluente Final empregando Osmose Reversa

	Cr mg L ⁻¹	DBO5 mg L ⁻¹	DQO mg L ⁻¹	P mg L ⁻¹	N mg L ⁻¹	pH	Sol.Sed mg L ⁻¹	Sól.Sus mg L ⁻¹	Cl ⁻ mg L ⁻¹
Antes Osmose Reversa	0,342	73,4	458	0,27	108	8,40	N.D	79	3179
Após Osmose Reversa	N.D	N.D	16	0,07	2,87	7,80	N.D	N.D	45,6
Redução	≅100 %	≅100 %	96 %	74 %	97 %	-	-	≅100 %	99 %
Aumento	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda:

Cr = Cromo Total

DBO5 = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

P = Fósforo Total

N = Nitrogênio Total

pH = Potencial Hidrogeniônico

Sol. Sed. = Sólidos Sedimentáveis

Sol. Sus.= Sólidos Suspensos

Cl⁻ = Cloretos

N.D = Não detectado

Prejud. = Prejudicial



Figura 27 – (1) Ilustração do Efluente Final. (2) Rejeito. (3) Permeado ou Percolado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Donaire (1995), no planejamento operacional, a recomendação é de que devem ser tomadas inicialmente medidas de defesa do ambiente estabelecidas pela legislação. Esse procedimento é de prática comum nas empresas e percebe – se através dos dados apurados, que a mesma dispense valores consideráveis para estar em dia com o Poder Público.

O segundo passo ainda conforme Donaire (1995), seria decidir sobre aquelas ações que podem ser tomadas e que resultem em benefícios para a empresa, como redução de custos e de riscos de responsabilidade. Há um forte comprometimento da empresa em optar por produtos, processos e tecnologias mais ecológicos. Contudo, sugere – se intensificar os esforços implementando medidas benéficas ao meio ambiente que sirvam para manter a questão ambiental como cultura permanente na organização. Nesse sentido, convém intensificar as medidas de minimização, não geração e reciclagem.

5.1 Medidas de Minimização e Não Geração

A empresa pretende iniciar sim o programa de minimização do consumo de água e, deve acrescentar ao mesmo tempo um programa de instalação de sistemas de circuito fechado na utilização da água que serve para a refrigeração das máquinas que assim necessitarem, diluição de produtos químicos, lavagem de pisos e na própria produção do couro.

Conforme Donaire (1995), a economia de energia e a água se constitui num item potencial de redução de custos da empresa. Sendo que, a ligação entre redução do consumo de energia e água, diminuição de despesas e preservação ambiental é um ponto de partida para a atuação da área de meio ambiente na organização e no engajamento dos empregados.

5.2 Educação e Treinamento

A organização deve investir em educação, treinamento e motivação dos funcionários.

Nesse sentido sugere – se que a mesma se utilize os serviços do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) para treinar e motivar as pessoas em relação à questão ambiental. Segundo Donaire (1995), a atividade de meio ambiente inicia – se e concretiza – se alterando o comportamento das pessoas que a integram.

5.3 Divulgação das Atitudes Tomadas Em Relação ao Meio Ambiente

Durante muitos anos as empresas de curtimento de couro foram vistas como potencialmente poluidoras este fato chamou a atenção dos órgãos ambientais. Isso obrigou as empresas do setor a se adequarem em relação às pertinências legais. O Aimoré Couros é uma empresa que investe constantemente em produtos, processos ambientalmente corretos, e passa isto para as pessoas da sociedade quando são realizadas visitas à empresa.

5.4 Idéia do Reaproveitamento

Como já vimos anteriormente, devolver á água em condições de manter a integridade dos ecossistemas naturais tem sido uma preocupação constante, já que é um ponto crítico no ciclo vital do planeta. Sendo que as indústrias representam uma demanda significativa no consumo de água potável.

Este trabalho é uma proposta de tratamento para a reutilização dos efluentes a uma indústria curtidora.

No Estado do Rio Grande do Sul, a fiscalização e o monitoramento do lançamento de efluentes é realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler - FEPAM.

CONCLUSÕES

Após testar os dois métodos de desmineralização ou dessalinização de efluente – Troca Iônica e Osmose Reversa – e realizar as análises dos efluentes antes e depois destas concluímos que:

- Analisando os resultados das análises do efluente de acabamento empregando Troca Iônica obtivemos apenas uma redução significativa na DQO do mesmo.

- Analisando o efluente de recurtimento empregando Troca Iônica observamos uma redução significativa na quantidade de Sólidos Suspensos e Cromo do mesmo, o que é considerado um resultado positivo devido ao fato deste ser o maior poluente do processo de curtimento ao cromo.

- Nas análises do Efluente de Curtimento empregando Troca Iônica o método se mostrou eficiente nas reduções de DBO5 e Cloretos, porém apresentou alguns índices em maior quantidade após a Troca Iônica, considerando isto um resultado não satisfatório.

- Comparando os dois métodos de desmineralização do Efluente Final, a Osmose Reversa se mostrou mais eficaz do que a Troca Iônica, deixando alguns teores como o CROMO, DBO5, SÓLIDOS SUSPENSOS em níveis não detectados, ou seja, uma redução de aproximadamente 100%, além disso reduzindo os outros teores em uma faixa maior que 70%. Enquanto que a Troca Iônica apresentou bons resultados, como por exemplo uma redução de DBO5 de praticamente 100% e os outros contaminantes com reduções acima de 40%.

SUGESTÕES

Após o desenvolvimento do presente trabalho, são feitas as seguintes sugestões:

- Verificar a viabilidade econômica da aplicação das duas técnicas, Troca Iônica e Osmose Reversa, na indústria curtidora ou outra análoga.
- Buscar alternativas de reuso dos efluentes testados aqui na indústria, seja no processo produtivo, lavagem de pisos ou diluição de produtos, de acordo com os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ANUSZ, Dr. Lech. *A arte de curtir*. Estância Velha: ABQTIC, 1995. 94 p.

BAJZA, Zeljko; HITREC, Petra; MUZIC, Marko. *Influence of different concentrations of $Al_2(SO_4)_3$ and anionic polyelectrolytes on tannery wastewater flocculation*. Desalination 171, Elsevier, 2004, p. 13-20.

BALAKRISHNAN, P. A; ARUNAGIRI, A; RAO, P.G. *Ozone generation by silent electric discharge and its application in tertiary treatment of tannery effluent*. Journal of Electrostatics 56, Elsevier, 2002, p. 77-86.

BEAL, Lademir Luiz; MONTEGGIA, Luiz Olinto. *Tratamento Anaeróbico de Efluente de Curtume de Acabamento Auxiliado com Membranas*. Congresso – Engenharia sanitária e ambiental, vol.8, n. 1, jan/mar 2003 e n. 2, abr/jun 2003, p. 95-100.

BOARO, Leandra. *Alternativa para o Tratamento do Lodo em uma Indústria de Couros: uma avaliação financeira sob o enfoque ambiental*. 1998. 75 p. Monografia (Graduação em Administração) – Univates.

CASSANO, A., DRIOLI, E., MOLINARI, R. *Recovery and reuse of chemicals in unhairing, degreasing and chromium tanning processes by membranes*. Desalination 113, Elsevier, 1997, p. 251-261.

CASSANO, A.; MOLINARI, R.; ROMANO, M.; DRIOLI, E. *Treatment of aqueous effluents of the leather industry by membrane processes A review*. Journal of Membrane Science, 181, 2001, p. 111-126.

CLAAS, Isabel Cristina; MAIA, Roberto A.M. *Manual básico de resíduos industriais de curtume*. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994. 664 p.

CLESCERI, Lenore S.; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.

COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberito L.; BONATO, Pierina S. *Introdução A Métodos*

Cromatográficos. 5.ed., Campinas: Editora da UNICAMP, 1993, 279 p.

COSTA, Ana Paula G. Reaproveitamento de Efluentes. *Revista do Couro – ABQTIC*, Ano XXXI. Ed. 185, ago/set, 2006. 98p.

DONAIRE, Denis. *Gestão Ambiental na Empresa*. São Paulo: Atlas, 1995. 134 p.

HAFER, Azza, EL-MANHARAWY, Samir. *Desing and performance of the two – stage/ two – pass RO membrane system for chromium removal from tannery wastewater*. Part 3, Desalination 165, Elsevier, 2004, p. 141–151.

HOINACKI, E. *Peles e couros*. 2. ed. Porto Alegre: SENAI / RS, 1989. 319 p.

JOST, Paulo de Tarso. *Tratamento de Efluentes de Curtumes*. Rio de Janeiro: CNI, Departamento de Assistência à Média e Pequena Indústria, 1989. 181p.

LATOURRETTE, Armando J. *Técnicas E Operações Unitárias Em Química Laboratorial – Armando J. Latourrette O. Pombeiro*. 4. ed. Editora da Fundação Calouste: Lisboa, 2003. 1069 p.

MAIMOM, Dália. *Passaporte verde: gerência ambiental e competitividade*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996. 111p.

PACHECO, José Wagner Faria. *Curtumes (Série P+L)*. São Paulo: CETESB, 2005. 76p.

RAO, J. Raghava; CHANDRABABU, N.K., MURALIDHARAN, C., NAIR, Balachandran Unni, RAO, P.G., RAMASAMI, T. Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 11, 2003, p. 591-599.

Resolução CONSEMA Nº 128/2006. Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente – Porto Alegre, 24 de novembro de 2006.

SCHNEIDER, René Peter; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. *Membranas Filtrantes para o Tratamento de Água, Esgoto e Águas de Reuso*. São Paulo: ABES, 2001. 234 p.

SCHOLZ, W; LUCAS, M. *Techno-economic evaluation of membrane filtration for the recovery and re-use of tanning chemicals*. Water Research n. 37, Pergamon, 2003, p. 1859-1867.

SILVA, Flávia M. da; LACERDA, Paulo S. B de; JUNIOR, Joel J. Desenvolvimento sustentável e química verde. *Química Nova*, v.28, n. 1, 2005, p. 103-110.

SONG, Z; WILLIAMS, C. J; EDYVEAN, R. G. J. *Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation*. Desalination n.164, Elsevier, 2004, p. 249-259.

TEIXEIRA, R.C. *Análises preliminares sobre a utilização da serragem de couros ao cromo na fabricação de artefatos*. Estância Velha: Pladina, 1992. 20p.

VALLE, Cyro E. do. *Como se preparar para as normas ISO 14000*. 2. ed. São Paulo:

Pioneira, 1996. 137p.

VIERO, A.F.; MAZZAROLLO, A.C.R.; WADA, K.; TESSARO, I. C. *Removal of hardness and COD from retanning treated effluent by membrane process*. Desalination n. 149, Elsevier, 2002, p. 145-149.