



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM  
ENGENHARIA QUÍMICA



# **Estudo de Caracterização e Disposição dos Resíduos de uma Indústria Têxtil do Estado do Rio Grande do Sul**

*Autor: Marina da Cunha Cogo*

*Orientadores: Isabel Cristina Tessaro*

*Liliana Amaral Féris*

Porto Alegre, novembro de 2011.

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Objetivos</i> .....	1
<b>2. Revisão Bibliográfica .....</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Indústria Têxtil</i> .....	3
2.2. <i>Fibras Têxteis</i> .....	4
2.3. <i>Tinturaria e Corantes</i> .....	5
2.3.1. <i>Classificação dos Corantes</i> .....	6
2.4. <i>Geração de Resíduos na Indústria</i> .....	9
2.5. <i>Tratamento de Efluentes</i> .....	9
2.5.1. <i>Técnicas de Tratamento Existentes para Efluentes Têxteis</i> .....	10
2.5.1.1. <i>Coagulação/floculação</i> .....	10
2.5.1.2. <i>Adsorção em Carvão Ativado</i> .....	12
2.5.1.3. <i>Tratamento Biológico - Lodo Ativado</i> .....	13
2.5.1.4. <i>Ozonização</i> .....	15
2.6. <i>Resíduos Sólidos da Indústria Têxtil</i> .....	16
2.6.1. <i>Definição de Resíduo sólido</i> .....	16
2.6.2. <i>Classificação dos Resíduos Sólidos</i> .....	17
2.6.3. <i>Técnicas para tratamento do Lodo</i> .....	18
2.6.3.1. <i>Secagem e Desidratação de Lodo</i> .....	18
2.6.3.2. <i>Incineração</i> .....	18
2.6.3.3. <i>Co-Processamento</i> .....	19
2.6.3.4. <i>Solidificação/Estabilização</i> .....	19
2.6.3.5. <i>Aterros de Resíduos Industriais</i> .....	20
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Resultados e discussão.....</b>	<b>22</b>
4.1. <i>Caracterização da Área de Estudo</i> .....	22
4.2. <i>Descrição do Processo</i> .....	22
4.3. <i>Descrição do processo de tratamento de efluentes existente</i> .....	23
4.4. <i>Identificação dos contaminantes dos efluentes</i> .....	24
4.4.1. <i>Corantes</i> .....	25
4.4.2. <i>Auxiliares de tingimento</i> .....	25
4.4.3. <i>Produtos do Acabamento</i> .....	25
4.4.4. <i>Caracterização do efluente</i> .....	26
4.5. <i>Identificação dos Resíduos sólidos gerados pela empresa</i> .....	28
4.6. <i>Identificação dos destinos/tratamentos</i> .....	30
4.7. <i>Alternativas e Propostas de Melhoria</i> .....	31
4.7.1. <i>Compostagem</i> .....	33

<b>5. Conclusão .....</b>	<b>35</b>
<b>6. Referências .....</b>	<b>36</b>
<b>7. Anexos .....</b>	<b>38</b>
7.1. <i>Anexo 1 – Licença de Operação da Empresa em Estudo.....</i>	<i>38</i>

## Lista de Figuras

Figura 1. Representação das unidades químicas básicas das fibras têxteis.....	5
(GUARATINI E ZANONI, 1999) .....	5
Figura 2. Exemplo do processo de tintura de algodão com corante contendo o grupo sulfatoetilsufona como centro reativo da molécula (GUARATINI e ZANONI, 1999). .....	7
Figura 3. Exemplo de corante direto contendo grupos diazo como grupos cromóforo (GUARATINI e ZANONI, 1999). .....	8
Figura 4: Estrutura Molecular do corante ácido Violeta(GUARATINI e ZANONI, 1999). .....	8
Figura 5. Exemplo de corante solubilizado temporariamente através de reação de hidrólise (GUARATINI e ZANONI, 1999). .....	9
Figura 6. Partícula coloidal envolta em uma nuvem de íons (Portal Teses, 10/2011). .....	11
Figura 7. Efeito da coagulação sobre um colóide. ....	11
Figura 8. Representação do floco formado pela ação de um polieletrólito. ....	12
Figura 9. Esquema mostrando a diferença estrutural entre o carvão comum e o ativado .12 (Brasil Escola 11/2011).....	12
Figura 10. Esquema de um tratamento por lodos ativados (VON SPERLING, 1999). .....	14
Figura 11. Representação esquemática de um floco de lodo ativado (VON SPERLING, 1999). .....	15
Figura 12. Fluxograma do processo produtivo da empresa em estudo. ....	23
Figura 13. Fluxograma do processo de tratamento de efluentes da Fiateci .....	24
Figura 14. Fluxograma do tratamento de efluentes proposto. ....	32

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Parâmetros e padrões de emissão exigidos pelo órgão de fiscalização ambiental. Fonte: Licença de Operação Fiateci. ....	27
Tabela 2: Caracterização do efluente bruto e do efluente tratado da empresa em estudo. ....	28
Tabela 3. Tipos de resíduos e quantidade gerada mensal. ....	30
Tabela 4. Tipo de resíduo e o respectivo tratamento realizado na empresa. ....	31

## **Resumo**

Tecidos fazem parte da vida de todos e são bastante importantes para a economia mundial. As indústrias têxteis geram diversos tipos de resíduos ao longo do processo que podem ser bastante nocivos ao meio ambiente.

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso na empresa Fiateci localizada em Canoas/RS, a fim de identificar os resíduos, demonstrar como é feito o seu tratamento e também apresentar diferentes alternativas de tratamento e disposição aplicadas em outras indústrias do mesmo ramo.

Através deste estudo, percebeu-se a importância de realizar uma boa gestão de resíduos, buscando não apenas o melhor tratamento, mas também a redução na geração dos mesmos. Além disso, constatou-se a importância de manter os funcionários da empresa treinados para manusear substâncias que podem fazer mal à sua saúde e também a necessidade de estar sempre atento a novos tratamentos, possibilitando que sejam feitas alterações no existente, objetivando economizar recursos da empresa e melhorar a qualidade do que é lançado de volta à natureza.

## **1. INTRODUÇÃO**

A indústria têxtil é uma das principais indústrias de todo o mundo e está associada a grande parte dos produtos utilizados no nosso dia-a-dia, desde a roupa que se usa até o cinto de segurança nos nossos carros. Hoje ela representa cerca de 5% do PIB nacional e o Brasil é um dos principais fabricantes do mundo, não só pela quantidade, mas pela qualidade dos produtos oferecidos.

Este setor requer grandes quantidades de água nos seus processos, consumindo em torno de 15% de toda água industrial brasileira. Além disso, essa água é devolvida ao meio ambiente altamente contaminada. Nos processos têxteis a água é o meio de transporte, que leva os produtos químicos às fibras, e também que elimina o excesso de produtos indesejáveis. Portanto, os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos e contaminados, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento.

Além da água, é gerada uma série de outros resíduos sólidos ao longo do processo, que podem ter características perigosas ao meio ambiente, dependendo das etapas que são realizadas pela indústria. O resíduo ao qual devemos dar maior atenção é o lodo residual da estação de tratamento de efluentes, que pode conter na sua composição metais pesados (alumínio, chumbo, cromo, por exemplo), provenientes dos corantes, e que precisam receber tratamentos para poderem ser dispostos adequadamente.

Atualmente existe um grande interesse das indústrias em reduzir a poluição no processo industrial, não apenas na estação de tratamento, mas em cada etapa do processo, através da reciclagem das correntes de efluentes líquidos e da recuperação de produtos e subprodutos, diminuindo, desta forma, os volumes de água gastos e eliminados, além dos custos de tratamento da água, tratamento de efluentes e do consumo de produtos químicos. Essa melhor utilização de matérias-primas, água, energia, redução na geração de resíduos proporciona ganhos financeiros e também traz aumentos de competitividade através da redução de custos de produção, melhoria no ambiente de trabalho e da imagem da empresa perante a sociedade e seus colaboradores.

### **1.1. Objetivos**

Este trabalho pretende realizar um estudo do processo de uma indústria têxtil do Estado do Rio Grande do Sul, identificar os resíduos gerados em cada etapa e propor tratamentos ou destinos para tais resíduos, sólidos e líquidos.

Os objetivos específicos são:

- estudo do processo industrial;
- identificação dos efluentes líquidos e dos resíduos sólidos gerados no processo;
- identificação dos métodos de tratamento e destino dos resíduos existentes;
- elaboração de proposta de melhorias no processo visando à diminuição do impacto ambiental das atividades.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fim de contextualizar o trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de explicar alguns conceitos imprescindíveis para o entendimento do escopo do trabalho e para mostrar os principais processos utilizados na indústria têxtil. Também são mostradas as técnicas de tratamento de resíduos mais comuns, usadas nas indústrias têxteis do país.

### 2.1. Indústria Têxtil

A manufatura dos tecidos é uma das mais antigas tecnologias existentes. As primeiras fibras a serem transformadas em fios e tecidos foram o linho e o algodão. A automação da indústria têxtil coincidiu com a Revolução Industrial, quando as máquinas, até então acionadas por força humana ou animal, passaram a ser acionadas por máquinas a vapor e, mais tarde, motores elétricos.

A indústria têxtil tem como objetivo a transformação de fibras em fios, de fios em tecidos e de tecidos em peças de vestuário, têxteis domésticos (roupa de cama e mesa) ou em artigos para aplicações técnicas (geotêxteis, cintos de segurança). As indústrias têxteis têm seu processo produtivo muito diversificado, ou seja, algumas podem possuir todas as etapas do processo têxtil (fiação, tecelagem e beneficiamento) outras podem ter apenas algumas (somente fiação, somente tecelagem, somente beneficiamento ou somente fiação e tecelagem, etc.).

As principais etapas de processo da indústria têxtil são descritas a seguir.

- Fiação: compreende uma série de operações nas quais as fibras são abertas, limpas, paralelizadas e torcidas para que se prendam uma às outras formando assim o fio.
- Tecelagem: o tecimento é uma das artes mais antigas e atualmente existem basicamente dois tipos de tecidos - planos e malhas. Tecidos planos são formados por fios longitudinais (urdume) e transversais (trama), enquanto os tecidos de malha são produzidos tendo por base a formação de laçadas.
- Beneficiamento: são todos os processos (físicos e químicos) que um tecido é submetido após a tecelagem com a finalidade de melhorar as características físicas, químicas e visuais para atender determinada finalidade.

O setor têxtil, no Brasil, é bastante expressivo, existem cerca de 30 mil empresas de todos os portes instaladas ao longo do território nacional, que empregam mais 1,7 milhões de trabalhadores e geram um faturamento anual de US\$47 bilhões, cerca de 5% do PIB nacional. O Setor Têxtil e de Confecção Brasileiro tem destaque no cenário

mundial, não apenas por seu profissionalismo, criatividade e tecnologia, mas também pelas dimensões de seu parque têxtil: é a quinta maior indústria têxtil do mundo.

No Rio Grande do Sul este setor não é muito expressivo, existem poucas empresas bastante distribuídas ao longo do estado, ao contrário do que ocorre em Santa Catarina e São Paulo, por exemplo, que têm pólos têxteis com muitas empresas bastante próximas (ABIT, 2011).

## **2.2. Fibras Têxteis**

Fibra têxtil é a matéria-prima fibrosa a partir da qual os tecidos são fabricados. É, portanto, todo elemento de origem química ou natural, constituído de macromoléculas lineares, que apresente alta proporção entre seu comprimento e diâmetro e cujas características de flexibilidade, suavidade e conforto ao uso, tornem tal elemento apto às aplicações têxteis (Santos, 2010).

As fibras têxteis podem ser divididas em dois grandes grupos denominados fibras naturais e sintéticas. As chamadas fibras naturais são todas as fibras que já se apresentam prontas na natureza e necessitam apenas alguns processos físicos para transformarem-se em fios. Estas têm sua composição química baseada em celulose e proteína. Alguns exemplos são: seda, lã, algodão e o linho. As fibras sintéticas são produzidas pelo homem usando como matéria-prima principalmente produtos químicos da indústria petroquímica. As mais conhecidas são o poliéster (polímero do ácido tereftálico e etilenoglicol), a poliamida (condensação do ácido adípico e hexametileno diamina), o acrílico (polimerização da acrilonitrila), a viscose (xantato de celulose obtida da madeira) e o acetato de celulose (triacetato de celulose obtido da madeira). As estruturas dessas fibras estão apresentadas na Figura 1 (Guaratini e Zanoni, 1999).

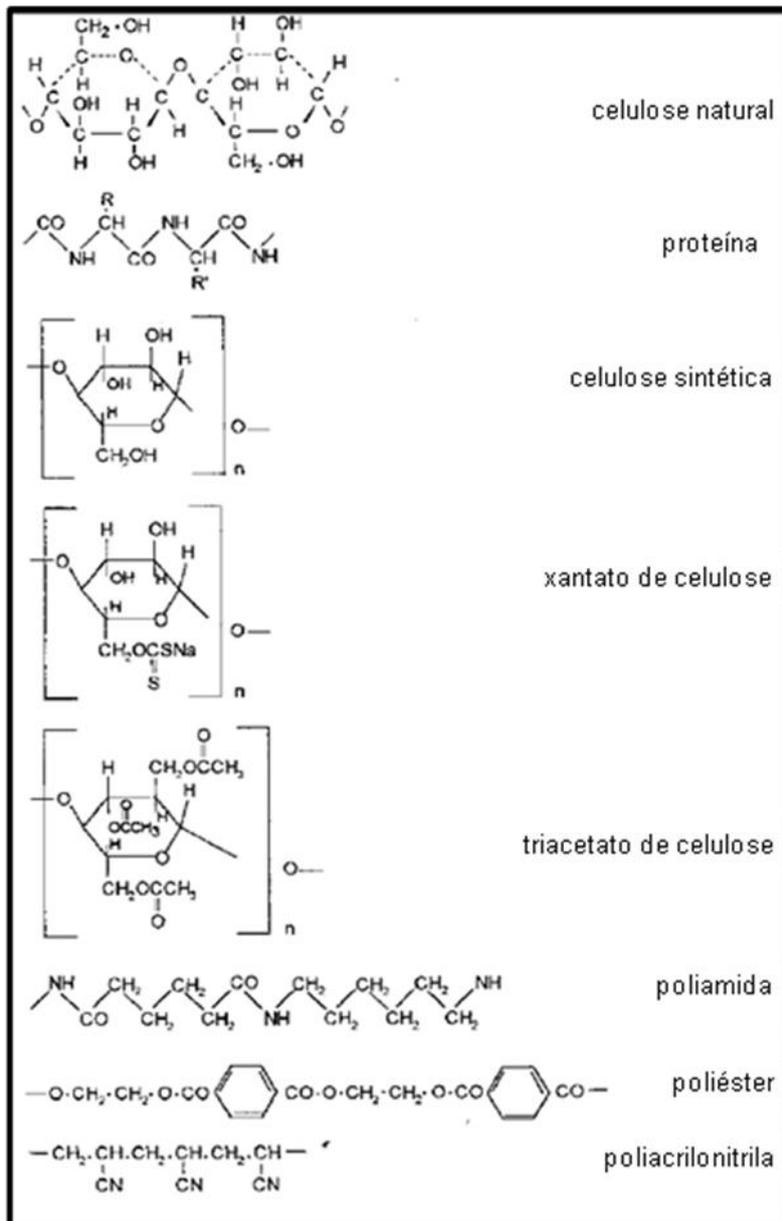


Figura 1. Representação das unidades químicas básicas das fibras têxteis (GUARATINI E ZANONI, 1999)

### 2.3. Tinturaria e Corantes

A tintura de tecidos é uma arte que começou há milhares de anos e a disponibilidade comercial de corantes é enorme. O tingimento consiste de várias etapas, as quais são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, considerações econômicas e muitas outras.

Durante o processo de tingimento três etapas são consideradas importantes: a montagem, a fixação e o tratamento final. A fixação do corante à fibra é feita através de reações químicas, da simples insolubilização do corante ou de derivados gerados e ocorre

usualmente em diferentes etapas durante a fase de montagem e fixação. Entretanto, todo processo de tintura envolve como operação final uma etapa de lavagem em banhos correntes para retirada do excesso de corante original ou corante hidrolisado não fixado à fibra nas etapas precedentes.

Os produtos têxteis devem apresentar, no final do processo de tingimento, padronagem e beleza da cor, e também elevado grau de fixação em relação à luz, lavagem e transpiração, tanto inicialmente quanto após uso prolongado. Para garantir essas propriedades, as substâncias que conferem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência aos agentes desencadeadores do desbotamento e ainda apresentar-se viável economicamente.

Em virtude desta demanda, milhões de compostos químicos coloridos têm sido sintetizados nos últimos 100 anos. Estima-se que atualmente 2.000 tipos de corantes estão disponíveis para a indústria têxtil. Essa diversidade é justificada, uma vez que cada tipo de fibra a ser colorida requer corantes com características próprias e bem definidas.

A forma de fixação da molécula do corante às fibras têxteis geralmente é feita em solução aquosa e pode envolver diversos tipos de reações químicas e interações entre as moléculas. (Guaratini e Zanoni, 1999)

### **2.3.1. Classificação dos Corantes**

Os corantes podem ser classificados de acordo com sua estrutura química ou de acordo com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil. Os grupos de corantes mais usados estão listados a seguir e classificados pelo modo de fixação.

- Corantes Reativos: contêm um grupo eletrofílico capaz de reagir covalentemente com os grupos hidroxila do algodão.
- Corantes Diretos: criam interações de Van de Waals com fibras de celulose e acrílicos.
- Corantes Ácidos: corantes aniônicos que se ligam às fibras da lã através de uma troca iônica.
- Corantes Dispersos: insolúveis em água, aplicam-se em fibras hidrofóbicas como o poliéster.
- Corantes Azóicos: são sintetizados sobre a fibra durante o processo.
- Corantes à Cuba: têm ótimas propriedades de fixação no algodão, mas podem causar sérios problemas ecológicos.
- Corantes de enxofre: produzem resíduos altamente tóxicos.
- Corantes pré-metalizados: os mais comuns usam complexos estáveis de cromo, que também geram uma desvantagem ecológica no tratamento dos resíduos.

- Corantes Branqueadores: são alvejantes para clarear as fibras, originalmente amareladas.

A empresa utilizada para a realização do estudo de caso, neste trabalho utiliza os seguintes tipos de corantes:

- Corantes Reativos

São corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligação covalente com grupos hidroxila das fibras celulósicas. Existem numerosos tipos de corantes reativos, porém os principais contêm a função azo e antraquinona como grupos cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoetilsulfonila como grupos reativos. Neste tipo de corante, a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose. Um exemplo é aquele do tingimento usando compostos contendo sulfatoetilsulfona, cuja adição do corante à fibra requer apenas a prévia eliminação do grupo sulfato em meio alcalino gerando o composto vinilsulfona, conforme pode ser visto na Figura 2.

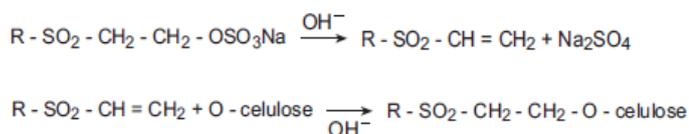


Figura 2. Exemplo do processo de tintura de algodão com corante contendo o grupo sulfatoetilsulfona como centro reativo da molécula (GUARATINI e ZANONI, 1999).

- Corantes Diretos

Este grupo de corantes caracteriza-se como compostos solúveis em água capazes de tingir fibras de celulose e acrílicos através de interações de Van der Waals. A afinidade do corante é aumentada pelo uso de eletrólitos, pela planaridade na configuração da molécula do corante ou a dupla ligação conjugada que aumenta a adsorção do corante sobre a fibra. Esta classe de corantes é constituída principalmente por corantes contendo mais de um grupo azo (diazó, triazo e etc.) ou pré-transformados em complexos metálicos, como mostrado no exemplo da Figura 3.

A grande vantagem desta classe de corantes é o alto grau de exaustão durante a aplicação e conseqüente diminuição do conteúdo do corante nas águas de rejeito.

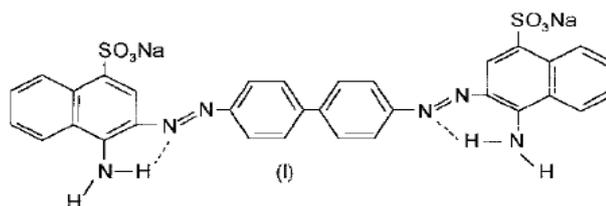


Figura 3. Exemplo de corante direto contendo grupos diazo como grupos cromóforo (GUARATINI e ZANONI, 1999).

- Corantes Ácidos

O termo corante ácido corresponde a um grande grupo de corantes aniônicos portadores de um a três grupos sulfônicos. Estes grupos substituintes ionizáveis tornam o corante solúvel em água, e têm vital importância no método de aplicação do corante em fibras protéicas (lã, seda) e em fibras de poliamida sintética. No processo de tintura, o corante previamente neutralizado (solução contendo cloreto, acetato, hidrogenossulfato, etc.) se liga à fibra através de uma troca iônica envolvendo o par de elétrons livres dos grupos amino e carboxilato das fibras protéicas. Estes corantes caracterizam-se por substâncias com estrutura química baseada em compostos azo, antraquinona, triarilmetano, azina, xanteno, ketonimina, nitro e nitroso, que fornecem uma ampla faixa de coloração e grau de fixação. A Figura 4 mostra um exemplo de corante ácido.

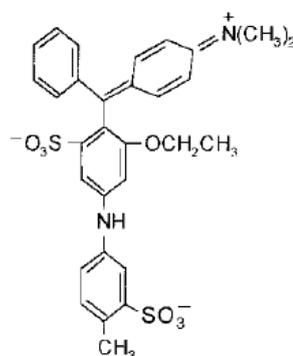


Figura 4: Estrutura Molecular do corante ácido Violeta(GUARATINI e ZANONI, 1999).

- Corantes Dispersivos

Constitui uma classe de corantes insolúveis em água aplicados em fibras de celulose e outras fibras hidrofóbicas, como o poliéster, através de suspensão. Durante o processo de tintura, o corante sofre hidrólise, como mostrado na Figura 5, e a forma originalmente insolúvel é lentamente precipitada na forma dispersa (finalmente dividido) sobre a fibra. O grau de solubilidade do corante deve ser pequeno, mas definido e influencia diretamente o processo e a qualidade da tintura. Usualmente o processo de tintura ocorre na presença de agentes dispersantes com longas cadeias que normalmente estabilizam a suspensão do corante facilitando o contato entre o corante e a fibra



Atualmente, cada vez mais as exigências impostas pela legislação e as cobranças sociais vêm criando a necessidade de modificar as ações das empresas através de programas de gestão ambiental.

Os efluentes têxteis, sem o devido tratamento, podem provocar a morte da fauna e flora aquáticas, assim como a interferência nos processos de fotossíntese dos corpos d'água atingidos. Além deste fato, estudos têm mostrado que algumas classes de corantes e seus subprodutos podem ser carcinogênicos e/ou mutagênicos. Devido a estas implicações ambientais, é de grande importância o conhecimento das principais características dos efluentes gerados neste setor industrial, bem como de sistemas de tratamento passíveis de serem utilizados.

Tais efluentes caracterizam-se por uma grande variação de cargas, em razão da própria variação do processo industrial que envolve a sequência de produção e acabamento têxtil, em cujos processos são utilizados corantes, tensoativos, espessantes e produtos químicos diversos que tornam o efluente muito complexo, geralmente com altas concentrações de DBO e DQO, e com diferentes características de biodegradação.

### **2.5.1. Técnicas de Tratamento Existentes para Efluentes Têxteis**

As técnicas de tratamento para os efluentes têxteis constituem-se em processos físico-químicos e biológicos convencionais, os quais apresentam bons resultados na redução carbonácea, mas têm como inconveniente a alta produção de lodo e a necessidade de disponibilização de grandes áreas para implantação do processo de tratamento e de aterros sanitários industriais para disposição do lodo. Além disso, para remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos estes se mostram deficientes, necessitando-se de tratamento complementar. Os principais tratamentos utilizados atualmente estão brevemente descritos a seguir.

#### **2.5.1.1. Coagulação/floculação**

O processo de coagulação e floculação tem como objetivo aglomerar as impurezas, finas partículas em suspensão na água, criando agregados maiores que podem ser removidos por sedimentação, filtração ou flotação.

Partículas suspensas e coloidais dispersas na água apresentam carga predominantemente negativa. Assim, acaba se formando ao redor dessas partículas uma nuvem de íons positivos e negativos os quais tendem a manter a individualidade das partículas, por repulsão mútua, e, conseqüentemente, a estabilidade da suspensão, que sem nenhuma intervenção externa continuará da mesma forma, impossibilitando a separação delas da água que se deseja tratar. Essa nuvem de íons é ilustrada na Figura 6. A desestabilização desta camada permite a aproximação das partículas vencendo a barreira de energia decorrente desses potenciais elétricos criados pelos íons.

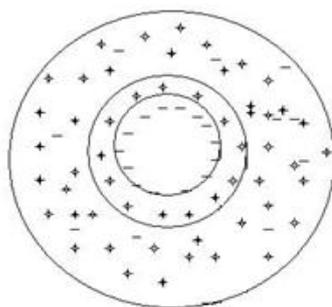


Figura 6. Partícula coloidal envolta em uma nuvem de íons (Portal Teses, 10/2011).

No processo de coagulação, substâncias químicas (coagulantes) são adicionadas à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão. Neste processo ocorre a desestabilização das partículas coloidais possibilitando a aproximação das mesmas entre si. A Figura 7 demonstra o que acontece quando um coagulante é adicionado à suspensão.

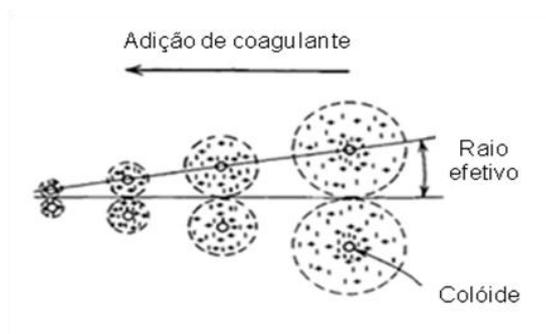


Figura 7. Efeito da coagulação sobre um colóide.

A floculação é a etapa seguinte, na qual as partículas previamente estabilizadas aglomeram-se e formam flocos maiores, que podem sedimentar por gravidade. Porém, os coágulos formados a partir da aglomeração dos colóides desestabilizados podem ainda não ser grandes suficientes para promover uma separação efetiva. Por isso, adicionam-se agentes floculantes que facilitam o agrupamento destes sólidos em aglomerados maiores. Estes agentes floculantes são polieletrólitos, grandes moléculas orgânicas solúveis em água, carregadas ionicamemente, formadas por diversos monômeros repetidos sob a forma de cadeias poliméricas. Na Figura 8 está representado um floco formado pela ação de um polieletrólito.



Figura 8. Representação do floco formado pela ação de um polieletrólito.

### 2.5.1.2. Adsorção em Carvão Ativado

A adsorção é uma operação que consiste na retenção, à superfície de um sólido, de partículas líquidas ou gasosas, devido a uma atração entre as moléculas da superfície do adsorvente e as do fluido. Existem vários tipos de adsorção: física, química e troca iônica. Na adsorção física, as partículas do fluido apenas ficam retidas à superfície de sólido, devido a interações moleculares. Na adsorção química, estabelecem-se ligações entre átomos ou moléculas da superfície do sólido e átomos ou moléculas do fluido. Por fim, na adsorção de troca iônica, o sólido cede íons ao fluido recebendo deste outros íons.

Carvão Ativado é uma forma de carbono puro de grande porosidade, que apresenta notáveis propriedades atribuídas à sua grande área superficial, entre elas, a remoção de impurezas dissolvidas em solução. Ele é fabricado a partir dos mais diversos tipos de materiais orgânicos, por processo de pirólise e ativação. A Figura 9 mostra a diferença entre o carvão ativado e o carvão comum.

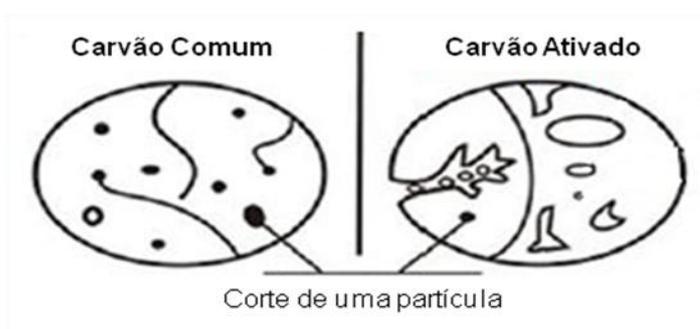


Figura 9. Esquema mostrando a diferença estrutural entre o carvão comum e o ativado (Brasil Escola 11/2011).

As propriedades do carvão ativado dependem da matéria-prima usada, das condições de ativação e da natureza dos agentes ativantes. Com isso, cada processo terá propriedades de adsorção diferente e usos diversificados. As matérias-primas utilizadas para obtenção do carvão ativado são quase exclusivamente de origem vegetal e possuem alto teor de carbono. Sua característica mais significativa é o alto poder de adsorção, ele tem a capacidade de coletar seletivamente gases, líquidos e impurezas no interior dos seus poros, sendo por isso vastamente utilizado em sistemas de filtragem.

O carvão ativado pode ser utilizado na reciclagem de águas industriais, bem como na remoção de substâncias presentes nas águas, por exemplo, naftalenos, dodecilbenzeno, sulfonato, benzeno e fenol, entre outros. Quando misturado ao lodo bioativo, intensifica a eficiência de orgânicos específicos, melhora a estabilidade do processo, reduz a espuma desenvolvida e melhora as características do lodo.

Na indústria química, o carvão ativado é utilizado para a purificação de produtos, remoção de cores residuais, odores e contaminantes. Sua ação abrange vários segmentos da indústria, como a remoção de orgânicos, purificação de ácidos, desodorização e descoloração de produtos químicos, bem como a utilização como catalisador devido à grande área superficial e inércia química. Também possui eficiente utilização na purificação de ar, de gases, recuperação de solventes, como filtros de compostos orgânicos voláteis em automóveis, além disso, pode ser utilizado em máscaras para proteção pessoal.

Nas fases finais de um tratamento biológico de efluentes, o carvão ativado pode ser usado para realizar um polimento, removendo cor ou componentes específicos, como por exemplo, o mercúrio. Também em sistemas tipo lodos ativados, fazendo a remoção de cor e/ou enriquecendo o lodo no número de bactérias por centímetro cúbico e como suporte para microrganismos em sistemas de filtros biológicos ou processos anaeróbicos.

No tratamento de efluentes têxteis, os processos de adsorção em carvão ativado apresentam em geral excelente desempenho. Porém, como a superfície química do carvão ativado é positiva, a adsorção de corantes de caráter catiônico é uma limitação bastante importante. Para estes casos, alguns processos podem ser utilizados como alternativa, tal como resina de troca iônica, ultrafiltração e osmose inversa.

É válido lembrar que o potencial do carvão é limitado. Um filtro de carvão ativado deixa de ser eficiente se todos os poros de sua estrutura estiverem preenchidos. A área de aderência comprometida faz com que as impurezas não se fixem ao carvão. Neste caso, o recomendável é trocar o carvão antigo por um novo, com muitos poros disponíveis para a adsorção. Ou seja, o carvão depois de certo tempo deixa de ser eficiente na remoção de impurezas e precisa ser descartado para substituí-lo por outro novo. Isso nos gera a necessidade de planejar um destino para este carvão usado, que passa a ser um resíduo. (Brasil Escola, 2011)

### **2.5.1.3. Tratamento Biológico - Lodo Ativado**

Além dos processos físico-químicos, podem ser utilizados em conjunto, em algumas ocasiões, sistemas biológicos de tratamento. O sistema mais usualmente empregado é o de lodos ativados. Em geral, na indústria têxtil os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados. Essa concepção permite em geral remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes.

O processo de lodos ativados consiste em se provocar o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos (lodos ativados) em um tanque de aeração, que é alimentada pelo efluente a tratar.

Neste tanque, a aeração tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microorganismos, evitar a deposição dos flocos bacterianos e os misturar homogeneamente ao efluente. Esta mistura é denominada "licor". O oxigênio necessário ao crescimento biológico é introduzido no licor através de um sistema de aeração mecânica, por ar comprimido, ou ainda pela introdução de oxigênio puro.

O licor é enviado continuamente a um decantador (decantador secundário), destinado a separar o efluente tratado do lodo. O lodo é recirculado ao tanque de aeração a fim de manter a concentração de microorganismos dentro de certa proporção em relação à carga orgânica afluente. O sobrenadante do decantador é o efluente tratado, pronto para descarte ao corpo receptor. Esse sistema pode ser melhor compreendido através do esquema apresentado na Figura 10.

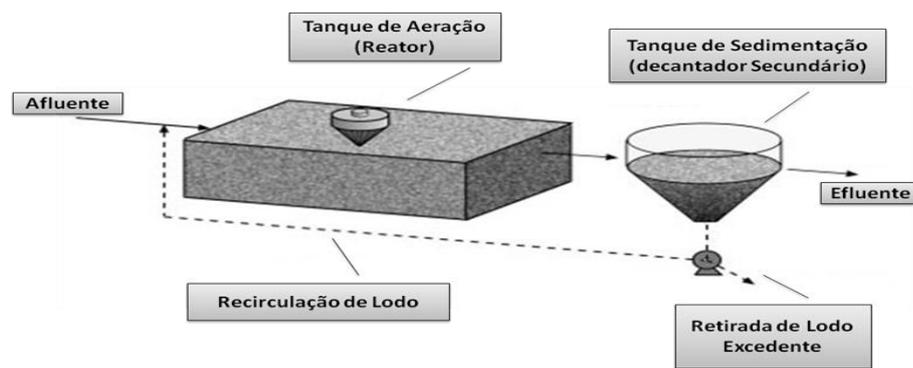


Figura 10. Esquema de um tratamento por lodos ativados (VON SPERLING, 1999).

O Tanque de Aeração tem a função de promover o desenvolvimento de uma colônia microbiológica (biomassa), a qual consumirá a matéria orgânica do efluente. Os aeradores fornecem oxigênio ao licor, mantendo no mesmo uma concentração adequada de oxigênio dissolvido, necessário ao metabolismo dos microorganismos aeróbicos. O decantador secundário separa a biomassa que consumiu a matéria orgânica do efluente, a qual sedimenta no fundo do decantador, permitindo que o sobrenadante seja descartado como efluente tratado, já com sua carga orgânica reduzida e isento de biomassa. As bombas de recirculação retornam a biomassa ao tanque de aeração, para que a mesma continue sua ação depuradora. O crescimento da biomassa é contínuo, ocorrendo a necessidade de um descarte periódico de quantidades definidas da mesma.

A colônia microbiológica formada no interior do reator pode ser representada pela Figura 11. Nela existem bactérias filamentosas e formadoras de flocos que vão formar um aderido de partículas coloidais capaz de sedimentar para poder ser separado do efluente

clarificado. Além disso, também estão presentes alguns protozoários que vão se alimentar das bactérias que não são capazes de formar flocos.

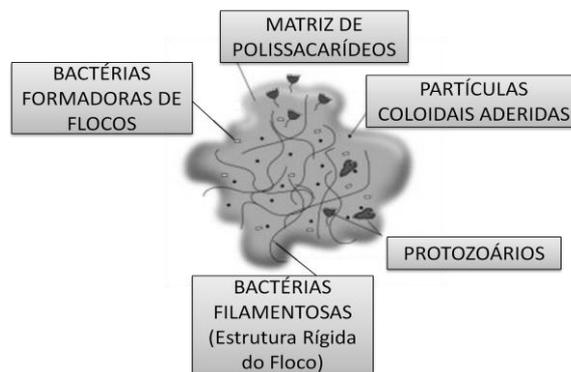


Figura 11. Representação esquemática de um floco de lodo ativado (VON SPERLING, 1999).

A técnica de lodos ativados é muito utilizada para redução de carga orgânica (DQO e DBO). Aproximadamente 50% dos corantes utilizados no setor têxtil acabam sendo descartados junto com o efluente, contribuindo significativamente para o aumento da cor e da concentração da DQO.

Pesquisas recentes têm estudado intensamente microrganismos, com a finalidade de remover compostos tóxicos do ambiente. As pesquisas de degradação de compostos químicos têm mostrado vários microrganismos extremamente versáteis em degradar substâncias recalcitrantes. Os caminhos atuais da biotecnologia indicam fungos basidiomicetos degradadores de lignina, como eficientes na degradação de grande variedade de compostos e de corantes, com alto potencial de ação na recuperação de ambientes contaminados. O problema da remoção da cor em efluentes coloridos tem encorajado a busca de tratamentos biológicos para esta finalidade. Os fungos basidiomicetos denominados “da podridão branca da madeira” têm sido apontados como bons degradadores e eficientes na descoloração. (Zamora, Durán e Moraes, 2001)

#### 2.5.1.4. Ozonização

A ozonização atualmente é considerada um dos mais promissores processos de oxidação, com o qual pode-se controlar os níveis de poluentes orgânicos em águas residuárias de indústrias têxteis. Pesquisas realizadas nos últimos anos comprovam que a ozonização combinada com a coagulação- floculação representa uma eficiente alternativa para o tratamento desses efluentes. Esse tratamento oferece eficiência satisfatória, apresentando um efluente com pouca cor, baixa DQO, e adequado para ser lançado ao meio ambiente ou retornar ao processo.

O tratamento utilizando ozônio funciona com a injeção de ozônio, por meio de um difusor, através do efluente, quando este se encontra no interior de uma coluna de bolhas. O ozônio é obtido a partir do oxigênio puro por um gerador de ozônio.

A reação entre os poluentes da água e o ozônio ocorre por oxidação direta, ou por uma via indireta; os radicais oxigênio, resultantes da decomposição do ozônio, servem como agentes oxidantes. O ozônio reage facilmente com a maior parte dos corantes utilizados na indústria têxtil, ele ataca as suas ligações duplas, que é justamente a parte associada à cor. Num primeiro momento, a ozonização é empregada principalmente para quebrar as moléculas de corantes, e depois para a descoloração. O pré-tratamento com ozônio é um método promissor de oxidação dos corantes transformando-os em substâncias degradáveis.

Além de degradar os corantes, a ozonização também facilita a coagulação, pois a adição de um oxidante como o ozônio, no efluente têxtil, altera a natureza ou a quantidade de cargas na superfície das partículas. Dependendo do pH, pode ocorrer a formação de precipitados metálicos, que são removidos por sedimentação ou filtração.

Este tipo de tratamento tem dado bons resultados quando utilizado em efluentes de indústrias que utilizam corantes dos tipos ácido, catiônicos e diretos. Já para corantes dispersos a remoção é mais complicada, mesmo utilizando altas concentrações de ozônio, já que este não se dissolve na água. (Tosato e Halasz, 2011)

## **2.6. Resíduos Sólidos da Indústria Têxtil**

As indústrias têxteis geram diversos tipos de resíduos sólidos, os principais são: embalagens e cones plásticos, óleo de lubrificação, resíduos de varrição, fibras não processadas, entre outros. Porém, o mais significativo, que é gerado em maior quantidade e que mais necessita de um tratamento é o lodo proveniente das estações de tratamento de efluente. Este resíduo apresenta-se como lodo de consistência pastosa, ao ser retirado nos flutuadores, ou dos sedimentadores nos processos físico-químicos.

Esse lodo, de um modo geral, é composto de matéria orgânica e inorgânica, entre eles corantes contendo elementos químicos como alumínio, chumbo, cromo, cobre, ferro, titânio, silício, manganês e sódio, cálcio, magnésio, fósforo, carbono total, carbono orgânico e cloretos devendo sofrer tratamento para o seu aproveitamento ou disposição final em aterros para resíduos industriais.

A poluição por metal pesado é extremamente perigosa pela toxicidade e persistência no ambiente. Ao contrário dos poluentes orgânicos, os metais pesados são geralmente refratários e não podem ser degradados ou facilmente desintoxicados biologicamente. Encontrar soluções efetivas e seguras para resíduos semissólidos que contêm metais pesados é sempre um desafio para as indústrias geradoras, devido em parte, ao custo efetivo das alternativas de tratamento disponíveis, além da co-responsabilidade com o resíduo, após o processo de deposição nos aterros industriais.

### **2.6.1. Definição de Resíduo sólido**

De acordo com a norma NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados, sólido e semissólido, que resultam de atividades de origens industriais, domésticas, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Os resíduos podem apresentar uma periculosidade em função das suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas. Ele também pode ter alguma toxicidade, que é a propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo.

Devido à forma de coleta e disposição final, os resíduos sólidos industriais são responsáveis pela maior parte da contaminação do solo, do ar e dos recursos hídricos nos grandes centros urbanos. Assim, são muitos os riscos que a disposição inadequada do resíduo oferece, pois estão ligados a processos naturais que, na maioria dos casos, estão fora da esfera de controle do homem, como a lixiviação, percolação, evaporação, ciclo das chuvas, combustão, fumaça, pluma e vetores. (Andreoli, 2001)

### **2.6.2. Classificação dos Resíduos Sólidos**

A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo é criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem, obtendo-se assim, amostragens significativas para realizar testes de lixiviação e solubilização. As quantidades acima ou abaixo dos valores limitantes estabelecem a classificação do resíduo.

Para os efeitos da norma NBR 10004/2004, os resíduos são classificados conforme descrito a seguir.

- Resíduos classe I – Perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
- Resíduos classe II: Não perigosos: divididos em inertes e não inertes.
  - II A - Não inertes: podem ter propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
  - II B – Inertes: são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade

de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme o anexo G da norma NBR 10004/2004. (Andreoli, 2001)

### **2.6.3. Técnicas para tratamento do Lodo**

A seguir estão listadas as técnicas mais comuns para tratamento de lodo.

#### **2.6.3.1. Secagem e Desidratação de Lodo**

A secagem e a desidratação do lodo têm como principal objetivo a eliminação máxima da água incorporada ao resíduo, pois ela é o veículo de espalhamento dos poluentes presentes nele. Além disso, reduz-se, dessa forma, o custo de transporte para o aterro industrial.

A secagem tem como objetivo primário evaporar a água presente no lodo. Os constituintes líquidos evaporam como uma consequência do calor aplicado em leitos de secagem. A secagem assim como outros tratamentos pode resultar na redução do volume, a remoção de compostos voláteis, combustíveis e matéria orgânica volátil. Como tratamento em si, a secagem pouco pode promover a destruição de compostos tóxicos e, somente sob determinadas condições de temperatura e pressão, pode eliminar microrganismo patogênico agregado ao resíduo sólido.

A desidratação é a retirada da umidade presente no lodo de lavanderia têxtil, pode ser feita por transferência de calor ou secagem por processos físicos, como por exemplo, a prensagem. É comum a utilização do filtro prensa pelas grandes indústrias, dada à eficiência que esse equipamento oferece, reduzindo o tempo de secagem e minimizando também o espaço físico utilizado para a remoção da água. Além do filtro prensa, são utilizados outros equipamentos para o mesmo fim, tais como o separador centrífugo.

#### **2.6.3.2. Incineração**

A incineração é um tratamento aplicando o processo de combustão controlada, permitindo com isso a redução em volume e massa dos resíduos sólidos. Os resíduos são transformados em gases, calor e materiais inertes.

O processo de incineração de um resíduo perigoso ocorre em atmosfera oxidante, e temperatura geralmente superior a 900°C. Normalmente, o calor requerido para a incineração é oriundo da oxidação das ligações orgânicas de carbono e hidrogênio que existem no interior do resíduo ou combustível, desta forma ocorrem reações com o oxigênio, gerando gás carbônico, água e calor.

Na queima dos resíduos pode ocorrer a emissão de poluentes tão ou mais tóxicos do que os originais, portanto recomenda-se que a incineração seja feita para resíduos sem alternativas de outros tratamentos mais seguros.

Os resíduos que podem ser incinerados são:

- resíduos sólidos, pastosos, líquidos e gasosos;

- resíduos orgânicos clorados e não-clorados (borra de tinta, agrodefensivos, borras oleosas, farmacêuticos, resíduos de laboratório, resinas, entre outros);
- resíduos inorgânicos contaminados com óleo, água contaminada com solventes, entre outros);
- resíduos ambulatoriais;
- solo contaminado.

Alguns não podem receber esse tratamento, dentre eles:

- radioativos;
- resíduos totalmente inorgânicos;

### **2.6.3.3. Co-Processamento**

O co-processamento é a destruição de resíduos perigosos e de passivos ambientais em fornos de indústrias de cimento e cal, caldeiras industriais e fornos siderúrgicos. Esta técnica é amplamente empregada na Europa, Estados Unidos e Japão, há quase 40 anos, e começou a ser utilizada no Brasil desde o início da década de 90. O co-processamento usa resíduos em substituição parcial ao combustível que alimenta a chama do forno que transforma calcário e argila em clínquer, matéria-prima do cimento.

A combustão é a reação-chave do processo de fabricação de cimento, que transforma as matérias-primas em clínquer. A alta temperatura da chama, o tempo de residência dos gases, a turbulência no interior do forno e vários outros parâmetros da combustão na produção de cimento são ideais e até superiores aos padrões exigidos para a destruição ambientalmente segura de resíduos perigosos. O co-processamento de resíduos em fornos de cimento se utiliza de todos esses parâmetros de maneira integrada ao processo de fabricação de cimento. Desta forma, os fornos de cimento possuem capacidade de destruição segura de grandes volumes de resíduos. O co-processamento não altera a qualidade do cimento e é praticado de forma segura e ambientalmente adequada tanto para os trabalhadores do setor quanto para a comunidade que reside no entorno das fábricas.

O processo de co-processamento é indicado para resíduos com alto poder calorífico e baixo teor de água, sólidos e metais. (ABCP, 2011)

### **2.6.3.4. Solidificação/Estabilização**

A solidificação é uma forma de pré-tratamento que gera uma massa sólida monolítica de resíduo tratado, melhorando tanto a sua integridade estrutural, quanto a sua característica física, tornando assim mais fácil o seu manuseio e transporte. A estabilização, por sua vez consiste em um estágio de pré-tratamento por meio do qual os constituintes perigosos de um resíduo são transformados e mantidos nas suas formas

menos solúveis ou menos tóxicas. Tais transformações se dão por meio de reações químicas que fixam elementos ou compostos tóxicos, em polímeros impermeáveis ou em cristais estáveis.

As tecnologias de solidificação e estabilização têm sido utilizadas há décadas como etapa final de tratamento anterior à disposição final de rejeitos industriais. O processo de solidificação traduz-se numa alteração da forma física do rejeito, de modo a restringir sua dissolução em soluções aquosas, numa adequação às condições ambientais de descarte. A estabilização diz respeito ao processo de geração de espécies quimicamente mais estáveis sob ação do intemperismo, a partir dos constituintes do rejeito, resultando de modo geral em cargas ambientalmente mais aceitáveis.

O processo de Solidificação/Estabilização utiliza formulações quimicamente reativas que, em conjunto com a água e outros componentes do lodo, formam sólidos estáveis. O material utilizado para tal, além de solidificar o resíduo perigoso por meios químicos, insolubiliza, imobiliza, encapsula, destrói ou interage com os componentes do resíduo utilizado. Os resultados dessas interações são sólidos não perigosos ou menos perigosos que o resíduo original.

#### **2.6.3.5. Aterros de Resíduos Industriais**

Define-se aterro industrial, a técnica de disposição final de resíduos sólidos industriais no solo para minimizar o risco à degradação ambiental e à saúde pública. Observa-se que esses aterros não servem para disposição de todos os tipos de resíduos industriais e a concepção dos aterros é determinada para que seus efluentes não atinjam as águas subterrâneas. Isso implica em aterros completamente confinados, ou em aterros completamente drenados. É fundamental para escolha do tipo de aterro, o conhecimento dos resíduos sólidos a serem dispostos, isto é, sua quantificação, qualificação e periculosidade.

Devido à escassez de grandes áreas disponíveis e uma maior conscientização em relação à questão ambiental, o sistema de aterro deve ser usado para complementar as soluções de tratamento de resíduos sólidos industriais, devendo ser preferencialmente usado quando os resíduos não puderem ter seu volume mais reduzido, podendo constituir muitas vezes a única solução de disposição final para alguns tipos de resíduos.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em estudo de caso realizado na empresa Fiateci, indústria têxtil de médio porte localizada em Canoas, Rio Grande do Sul. Para a realização do trabalho, foram coletados dados da empresa, em documentos e com os funcionários. Também se acompanhou o descarte dos resíduos produzidos atualmente, ao longo do processo industrial e da gestão deles.

Foram coletadas informações referentes à caracterização do efluente da empresa. Os dados são provenientes de análises laboratoriais realizadas pela empresa mensalmente. Os parâmetros temperatura, sólidos sedimentáveis, pH, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspensos, óleos e graxas vegetais e minerais, fósforo, nitrogênio, fenóis, dureza, e a presença de espumas e de cor são analisados a cada dois meses. Já a determinação de DQO é mensal. Os dados apresentados no presente estudo representam médias de todas as análises realizadas entre abril e outubro de 2011.

A fim de propor melhorias nos tratamentos existentes, também foi realizada uma pesquisa em teses e artigos científicos para basear as decisões no sentido de questionar o que é feito e ter certeza de que as propostas feitas fossem adequadas para tratar, eficientemente, os resíduos atuais.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após a descrição dos processos de tratamento de resíduos mais comuns da indústria têxtil, é feita uma caracterização do que é gerado na empresa em estudo, posteriormente mostra-se qual a gestão de resíduos atual desta e por fim, propõem-se algumas soluções diferentes das existentes e possíveis melhorias no que já existe.

### **4.1. Caracterização da Área de Estudo**

A empresa em estudo é uma indústria do setor têxtil que está no mercado há mais de 120 anos, hoje é um dos principais fabricantes nacionais de tecidos para mobiliário corporativo, atua também no segmento de tecidos para vestuário, estando presente nas coleções de inverno das maiores grifes brasileiras e recentemente vem se inserindo no mercado de decoração residencial. Não faz parte das atividades da empresa a transformação das fibras em fios – fiação – pois este serviço é terceirizado por outras empresas, sendo realizadas apenas as etapas de tecelagem, tinturaria e acabamento. A maioria dos tecidos produzidos é composta de poliéster, os quais se destinam a estofaria de mobiliário corporativo. Já os tecidos de vestuário são na maioria de lã, com alguma porcentagem de acrílico, viscose e algodão.

Em 2011, foram produzidos em torno de 60 mil metros de tecidos por mês, sendo que a grande maioria é para estofaria. A fabricação de tecidos para vestuário é bastante sazonal, pois são feitos apenas tecidos de inverno, que vendem principalmente nos meses do verão, quando as confecções estão criando as suas coleções. Portanto os produtos utilizados para o beneficiamento do poliéster são os de maior concentração nos resíduos do processo.

Atualmente está se iniciando uma nova coleção de decoração residencial que utiliza principalmente algodão na sua composição, porém como o processo industrial desses materiais ainda não está totalmente consolidado, ainda não há participação significativa nos resíduos e efluentes gerados pela empresa, portanto, estes não serão considerados neste estudo.

### **4.2. Descrição do Processo**

A empresa em estudo trabalha, unicamente, produzindo tecidos. Tecido é o produto que resulta do entrelaçamento de dois conjuntos de fios, conhecidos como urdume e trama. Urdume é o conjunto de fios verticais, e a trama o conjunto de fios horizontais. Os fios utilizados na empresa são todos adquiridos de empresas terceirizadas, pois hoje em dia não é mais realizado o processo de fiação que era realizado no passado. A Figura 12 representa de modo esquemático as etapas do processo produtivo que é composto de urdição, tecelagem, carbonização, tinturaria e finalmente por uma revisão antes do produto ser enviado aos clientes.

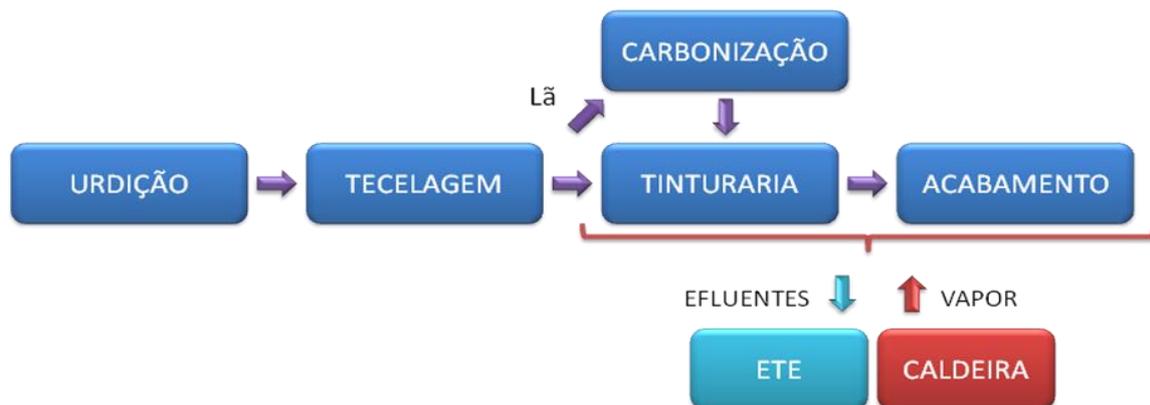


Figura 12. Fluxograma do processo produtivo da empresa em estudo.

A primeira etapa da produção é a urdição, onde fios são transformados em rolos de urdume em um equipamento denominado urdeira. Este rolo é então encaminhado à tecelagem, onde os teares entrelaçam a trama, formando, enfim, o tecido.

Depois de passar pela tecelagem, o tecido sofre diferentes processos, dependendo da especificação do produto e de sua composição, os tecidos sintéticos e de algodão seguem para a tinturaria, onde são tingidos. Os tecidos de lã primeiro precisam passar por um processo chamado carbonização, onde o mesmo é tratado com ácido sulfúrico, batido em uma máquina chamada de “pisão” e depois lavado para remover algumas sujeiras que ainda estão entranhadas no tecido. A empresa conta com diferentes equipamentos de tingimento e cada um é utilizado para um tipo de tecido.

Depois de tintas, as peças de tecido seguem para o setor de acabamento. Este processo varia muito de acordo com o tipo de tecido; simplificada, o tecido passa pelo torcedor para remover o excesso de água, pela rama de secagem para secar totalmente, pelo endireitador de trama para corrigir quaisquer imperfeições no posicionamento da mesma e pela calandra, que com a ação de vapor vai relaxar o tecido e remover eventuais manchas. No acabamento os tecidos também podem receber tratamentos para tornarem-se resistentes ao fogo, impermeáveis à água, entre outros.

Por fim as peças prontas vão para a revisão final, onde são verificadas a largura, a gramatura e as propriedades da cor do tecido por inspeção visual, por espectrofotômetro e por cabine de luz. Se o produto não estiver de acordo com as especificações, ele pode voltar à tinturaria ou ao acabamento para corrigir os problemas. Uma vez revisado o produto final é encaminhado à expedição e, então, destinado ao cliente.

#### 4.3. Descrição do processo de tratamento de efluentes existente

O fluxograma simplificado do processo de tratamento de efluentes utilizado na empresa atualmente é mostrado na Figura 13.



Figura 13. Fluxograma do processo de tratamento de efluentes da Fiateci

Os efluentes provenientes dos setores de tinturaria, carbonização e acabamento são encaminhados para a estação de tratamento. Inicialmente passam por uma peneira de escovas rotativas para remoção de fiapos e pedaços de tecidos arrastados pela água. Depois ele segue para um pequeno tanque onde fica armazenado até ser transferido para o tanque de equalização. Este pequeno tanque armazena todo o efluente que entra na estação nos momentos em que a mesma não está em funcionamento. Assim que ela é ativada, esse efluente armazenado é bombeado para o tanque de equalização, passando por outra peneira antes de entrar, para remover algum sólido remanescente. Neste tanque o efluente é agitado, aerado e recebe uma adição de hidróxido de sódio para que seu pH fique em torno de 10.

A próxima etapa do tratamento é a flotação dos sólidos dissolvidos. Para isso eles devem ser coagulados e floculados através da adição de sulfato de alumínio e um polímero catiônico, respectivamente. Os sólidos, mais leves do que a água, sobem e são removidos por uma escova e o líquido – efluente tratado - é separado, seguindo para a rede pública de esgoto, logo depois de passar por uma calha Parshal para ter a vazão de saída medida. Os sólidos são adensados através de um filtro prensa e posteriormente são levados por uma empresa terceirizada para um aterro próprio para este tipo de resíduo.

#### 4.4. Identificação dos contaminantes dos efluentes

As elevadas concentrações de DQO nos efluentes líquidos de indústrias têxteis devem-se a uma grande carga de compostos orgânicos presentes nesse tipo de efluente. Aproximadamente 50% dos corantes acabam sendo descartados junto com o efluente, sendo o maior contaminante deste.

Os efluentes gerados na empresa são provenientes dos setores de tinturaria, carbonização e do acabamento. Em cada um desses setores são realizados processos que geram diferentes cargas poluidoras, mas tudo é misturado na estação de tratamento e tratado junto. Os poluentes encontrados nesse efluente final são: principalmente os corantes residuais dos processos de tinturaria; em menor quantidade o ácido sulfúrico

proveniente do processo de carbonização; os diferentes produtos, utilizados no acabamento, para impermeabilizar, aumentar a resistência e tornar os tecidos não inflamáveis; e os auxiliares de tingimento - que são basicamente substâncias para o ajuste do pH e tensoativos, ou seja, surfactantes que realizam a modificação da solubilidade de algum dos componentes na superfície do tecido.

#### **4.4.1. Corantes**

Os corantes utilizados na indústria em estudo são os reativos, os diretos, os ácidos e os dispersivos. Estes foram descritos na revisão bibliográfica. Pode-se perceber a partir da descrição química deles, que eles não possuem metais de difícil tratamento. Este fato torna muito mais simples o tratamento do lodo proveniente deste efluente, que pode sofrer simples processos de decomposição, sem que ocorra a geração de um resíduo com características tóxicas ao meio ambiente.

#### **4.4.2. Auxiliares de tingimento**

Auxiliares de tingimento envolvem alguns compostos simples e outros mais complexos, cada um tendo a sua função durante o processo de tingimento. Antes de serem tingidos, os tecidos são lavados com soda cáustica e agentes de lavagem. Durante o tingimento são utilizadas substâncias para o ajuste do pH, como ácido acético e sulfato de sódio, e auxiliares. A maioria destes auxiliares são tensoativos, cada um com a sua função, como umectantes, emulsionantes, igualizadores, entre outros, todos eles biodegradáveis, não interferindo significativamente na composição do efluente.

#### **4.4.3. Produtos do Acabamento**

Os processos realizados no acabamento são a última chance de se certificar que o tecido alcançou as propriedades necessárias para atender às especificações. Alguns processos anteriores ao acabamento podem prejudicar ou destruir alguma propriedade que seria desejável manter neste tecido. O acabamento final deve reintroduzir o que é perdido como, por exemplo, a maciez perdida nas etapas de tingimento. Também se pode dar novas propriedades como resistência mecânica e ao fogo, por exemplo. Os acabamentos utilizados são: acabamentos mecânicos, químicos e fixação por calor. O que interessa mostrar são os tratamentos químicos, já que eles geram efluentes que se juntam ao todo na estação de tratamento.

Acabamentos químicos envolvem o uso de produtos químicos que irão modificar o tecido de forma que sua funcionalidade seja melhorada. Isso envolve desde tratamentos antiestáticos até tratamentos antichamas, portanto os produtos químicos de acabamentos que poderão ser aplicados terão muita variedade.

Os acabamentos químicos utilizados na empresa em estudo são citados a seguir; vale ressaltar que eles são usados em quantidades muito menores do que os corantes, portanto não devem influenciar significativamente sobre as características do efluente.

- Repelência à água (impermeabilização)

Tensão superficial é um efeito físico que ocorre na camada superficial de um líquido que leva a sua superfície a se comportar como uma membrana elástica. Os líquidos somente se espalham nas superfícies com uma maior tensão superficial do que ele próprio. Os compostos orgânicos líquidos tendem a ter menor tensão superficial. Então, se nós aplicarmos estes compostos no tecido, a tensão superficial deste será menor do que a da água e ele não será molhado. Estas informações formam a base para os tratamentos de repelência à água.

O procedimento mais comum é banhar o tecido com uma emulsão de parafina ou cera, substâncias que se precipitam sobre sua superfície e depois penetram parcialmente durante a secagem, tornando-o impermeável.

- Anti-encolhimento e anti-ruga (acabamentos com resinas)

O acabamento com resina melhora problemas de recuperação de rugas (dobras) associadas a materiais celulósicos. A resina forma ligação cruzada com as cadeias da celulose e isto acontece nas regiões amorfas da estrutura, isto é, onde os espaços entre as moléculas da fibras estiverem relativamente abertos.

Estas ligações dão ao produto uma boa recuperação a dobras e melhoria da estabilidade dimensional. Isso ocorre porque o efeito da resina é dar uma forma mais cristalina à fibra, de forma que, quando ela for distorcida, tenderá a voltar à sua posição original. Se o tecido com a resina for polimerizado de forma achatada, ele voltará para esta posição plana original.

- Acabamento anti-chama

Para evitar incêndios, são aplicados materiais ignífugos ao tecido, que transformam os materiais de combustão fácil em de difícil inflamação. Na empresa em estudo o tratamento realizado é o revestimento do tecido com essa substância. A maioria das fórmulas de revestimento é baseada em um efeito de retardante de chama pela combinação do óxido de antimônio e um halogênio (brometo). Atualmente, esse tipo de tratamento tem sido utilizado muito raramente, pois os clientes não têm solicitado tal tratamento.

#### **4.4.4. Caracterização do efluente**

O órgão ambiental responsável por fiscalizar a operação da estação de tratamento é a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler). A

empresa em estudo realiza uma automonitoração do efluente lançado, de acordo com as exigências da licença de operação concedida por este órgão. Para realizar essa automonitoração, é necessário fazer medições diárias de alguns parâmetros, mensais e bimestrais de outros. A licença de operação (vide Anexo A) determina os valores máximos para cada parâmetro medido, como pode ser visto na Tabela 1.

O limite de efluente determinado pela mesma licença, que pode ser despejado diariamente pela estação de tratamento é de 400 m<sup>3</sup>. Para cada tonelada de tecido processado, estima-se que sejam gastos 100 m<sup>3</sup> de água, gerando 100 kg de DQO. Atualmente a vazão de efluente da empresa em estudo é de aproximadamente 150 m<sup>3</sup>/dia, variando um pouco de acordo com a demanda de tingimentos e do tipo deles (cor, tecido).

Tabela 1: Parâmetros e padrões de emissão exigidos pelo órgão de fiscalização ambiental. Fonte: Licença de Operação Fiaterci.

PARÂMETRO	PADRÃO DE EMISSÃO	FREQUENCIA DE MEDIÇÃO	TIPO DE ANÁLISE
Temperatura	inferior a 40 °C sendo a variação de temperatura do corpo receptor inferior a 3 °C na zona de mistura	Diária	Simple
Sólidos Sedimentáveis	Até 1mL/L em Cone Imhoff, 1 hora	Bimestral	Composta
pH	entre 6,0 e 9,0	Diária	Simple
DBO5(20°C)	≤ 110mg/L	Bimestral	Composta
DQO	≤ 330mg/L	Mensal	Composta
Sólidos Suspensos	≤ 125mg/L	Bimestral	Composta
Óleos e graxas vegetais	≤ 30mg/L	Bimestral	Simple
Óleos e graxas minerais	≤ 10mg/L	Bimestral	Simple
Fósforo	≤3mgP/L ou 75% de remoção	Bimestral	Composta
Nitrogênio total Kjeldahl	≤ 20mgN/L ou 75% de remoção	Bimestral	Composta
Fenóis	≤ 0,1mg/L	Bimestral	Composta
Dureza	≤ 200mg/L	Bimestral	Composta
Espumas	Visualmente ausentes	Bimestral	Composta
Cor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo receptor	Bimestral	Composta

Na Tabela 2 estão listados estes mesmos parâmetros, mostrando os valores médios da empresa para o efluente bruto e para o tratado nos últimos meses.

Tabela 2: Caracterização do efluente bruto e do efluente tratado da empresa em estudo.

Os dados consistem em valores médios das análises, de acordo com a periodicidade de cada uma (vide Tabela 1).

PARÂMETRO	Efluente Bruto	Efluente Tratado
Temperatura (°C)	30	26
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,3	<0,3
pH	8,6	6,0
DBO <sub>5</sub> (20°C) (mg L <sup>-1</sup> )	350	180
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	750	350
Sólidos Suspensos (mg L <sup>-1</sup> )	78	10
Óleos e graxas vegetais (mg L <sup>-1</sup> )	<5,0	<1,0
Óleos e graxas minerais (mg L <sup>-1</sup> )	<5,0	<1,0
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	1,4	0,12
Nitrogênio total Kjeldahl (mg L <sup>-1</sup> )	17	13,9
Fenóis (mg L <sup>-1</sup> )	<0,02	<0,01
Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	80	59
Espumas	Presentes	Ausentes
Cor	Presente	Ausente

Analisando a Tabela 2, é possível perceber que todos os parâmetros atendem às exigências ambientais do órgão responsável, menos DBO<sub>5</sub> e DQO. Isso mostra que a carga orgânica presente no efluente é bem elevada e o tratamento com simples coagulação, seguida de floculação não vem sendo capaz de removê-la. Portanto é necessário estudar outro meio para que a empresa atenda o limite de todos os parâmetros.

#### 4.5. Identificação dos Resíduos sólidos gerados pela empresa

Os resíduos sólidos gerados pela empresa são listados a seguir e as quantidades mensais de cada um deles estão apresentadas na Tabela 3.

- Cinzas de Caldeira

No processo industrial há uma caldeira utilizada para gerar de vapor de baixa pressão (vide Figura 8), a qual fornece vapor para o aquecimento dos equipamentos de tingimento. Estes necessitam de certa taxa de calor para que o corante reaja como o esperado e se fixe no tecido. A caldeira utiliza lenha como combustível e, a queima desta, gera um grande volume de cinzas que precisam ser descartadas para a colocação de mais lenha para a produção de vapor.

- Lâmpadas Fluorescentes

Na empresa, principalmente no espaço fabril, são utilizadas muitas lâmpadas fluorescentes que frequentemente precisam ser substituídas. Para as que não funcionam mais é necessário dar um destino adequado para que o mercúrio presente dentro delas não venha a poluir o meio ambiente.

- Óleo Lubrificante Usado

Todos os equipamentos fabris que possuem algum tipo de engrenagem precisam ser lubrificados para evitar o desgaste das peças causado pela fricção entre elas. Essa lubrificação pode ser feita utilizando óleo que precisará ser substituído de tempos em tempos para que continue realizando sua função de forma eficiente, pois ele sofre deterioração ou contaminação, não servindo mais para a utilização para a qual foi destinado. Portanto, em cada troca, é gerado um volume de óleo usado que não pode mais ser utilizado e que precisa receber um tratamento para ser reciclado ou ser disposto de forma a evitar impactos ao meio ambiente. O óleo “queimado” como é comumente denominado é considerado um resíduo perigoso.

- Resíduos de papel, papelão e plástico

Como a empresa não realiza a etapa de fiação no seu processo, os fios vêm dos fornecedores embalados em plásticos e em embalagens de papelão para não serem contaminados no percurso até a indústria. Esta é a maior fonte de resíduos desse tipo na empresa, mas também se soma aos resíduos de papel dos setores administrativos e às embalagens de qualquer outro insumo que entre na empresa.

- Resíduos de Varrição

A manipulação da lã e do algodão, enquanto estes ainda não receberam os tratamentos de acabamento, libera uma poeira que ao longo das horas vai se depositando no chão da fábrica e precisa ser removida de tempos em tempos. Além disso, são considerados resíduos de varrição também a terra e outras sujeiras varridas nos espaços externos da fábrica.

- Resíduo têxtil contaminado

Na tecelagem é colocada no tear uma largura maior do que a especificação do tecido e esse excesso é cortado e removido continuamente para que o tecido fique com a largura correta no final do processo. Esse excesso, denominado ourela, muitas vezes entra em contato com os locais lubrificados com óleo da máquina e, portanto saem contaminados e não podem ser reaproveitados sem receber algum tratamento.

- Resíduo sólido da ETE

Na estação de tratamento de efluentes são realizados tratamentos com o objetivo de remover substâncias que estão em suspensão ou dissolvidas da água. Depois de removidas, essas partículas sólidas são concentradas em blocos que precisam receber algum tratamento ou disposição adequada. O lodo da ETE é classificado como um resíduo de classe II-A, não perigoso e não inerte, portanto, a exposição dele ao ambiente gera um problema ambiental, principalmente pelo fato dele ser solúvel em água.

Tabela 3. Tipos de resíduos e quantidade gerada mensal.

Tipo de Resíduo	Quantidade gerada mensalmente
Cinzas de Caldeira (m <sup>3</sup> )	0,7
Lâmpadas Fluorescentes (un)	20
Óleo Lubrificante Usado (L)	40
Embalagens de papel, papelão e plástico (kg)	500
Resíduos de Varrição (m <sup>3</sup> )	4
Resíduo Sólido da ETE (m <sup>3</sup> )	5
Resíduo Têxtil contaminado (m <sup>3</sup> )	2,5

#### 4.6. Identificação dos destinos/tratamentos

Cada um dos resíduos gerados pela empresa, listados anteriormente, tem destino pré-determinado. Qualquer tratamento realizado, ou a empresa para a qual o resíduo é enviado devem ser registrados na Fepam e atender às normas ambientais no exercício de suas funções.

Todas as embalagens de papelão, plástico e papéis são vendidas para cooperativas de reciclagem no entorno da empresa.

As lâmpadas fluorescentes são enviadas para uma empresa especializada, que faz a remoção dos gases que não devem ser liberados na atmosfera, e a reciclagem dos materiais recicláveis presentes na constituição da lâmpada.

As cinzas de caldeira, resíduos de varrição e o material têxtil contaminado são enviados juntos para uma empresa que realiza a disposição destes em aterros sanitários de acordo com a legislação.

O óleo lubrificante usado é vendido para ser re-refinado e poder ser reaproveitado em outros processos. Este óleo contaminado contém cerca de 80 a 85% de óleo lubrificante básico na sua composição. Alguns processos tecnológicos, chamados de re-refino, são capazes de extrair essa matéria-prima com a mesma qualidade do primeiro refino, atendendo às especificações estabelecidas pela instituição reguladora desse produto.

O resíduo sólido da estação de tratamento de efluentes, lodo, é levado por uma empresa que realiza a estabilização e posterior disposição desse material em aterros

próprios. Como o lodo em estudo não possui características que o tornem tóxico, ele pode receber tratamentos muito simples, pois ele não oferece risco de contaminação patogênica e ambiental depois de estabilizado.

Na Tabela 4 está apresentado esquematicamente qual o tratamento ou destino para cada um dos resíduos citados.

Tabela 4. Tipo de resíduo e o respectivo tratamento realizado na empresa.

Tipo de Resíduo	Tratamento/Destino Realizado
Cinzas de Caldeira	Aterros sanitários
Lâmpadas Fluorescentes	Reciclagem
Óleo Lubrificante Usado	Re-refino
Embalagens de papel, papelão e plástico	Reciclagem
Resíduos de Varrição	Aterros sanitários
Resíduo Sólido da ETE	Estabilização e posteriormente aterro controlado
Resíduo Têxtil contaminado	Aterros sanitários

#### 4.7. Alternativas e Propostas de Melhoria

Analisando o tratamento realizado pela empresa é possível perceber alguns pontos em que ele poderia ser melhorado, a fim de se adequar às normas governamentais e também visando à redução de gastos. Simplificadamente, sem a realização de mudanças estruturais é possível apontar alguns fatores que colaborariam para o melhor funcionamento da sua gestão de resíduos. O principal é o treinamento dos funcionários, o ideal é realizar um esclarecimento para que eles saibam com o que estão lidando, assim, com certeza o trabalho será feito com maior cuidado, evitando acidentes de trabalho e descarte inadequado de resíduos.

O treinamento dos operadores da estação de tratamento é o mais importante, pois é neste setor que estão os resíduos mais perigosos e onde há maior necessidade de conhecimento das substâncias químicas utilizadas. Atualmente, a operação da estação de tratamento é bastante grosseira, feita mecanicamente sem que se saibam exatamente as conseqüências da adição de determinados produtos. Se as aplicações de cada substância e as formas de preparação de cada uma forem bem conhecidas, assim como o que acontece ao se adicionar mais ou menos de alguma delas, o tratamento poderia se tornar mais eficiente, evitando o desperdício de produtos caros e gerando resultados melhores e mais homogêneos ao longo do tempo.

Depois de estudar os mais variados tipos de tratamentos empregados para efluentes têxteis, foi possível perceber os mais adequados para o efluente em estudo e propor um tratamento mais adequado para este caso específico, este é apresentado na Figura 14.



Figura 14. Fluxograma do tratamento de efluentes proposto.

O tratamento proposto inicia com um gradeamento e peneiramento, que são básicos em qualquer tratamento para que não entrem sólidos grosseiros junto com o efluente. Após é colocado um tanque de equalização para evitar grandes variações nas características do efluente. Esta etapa é fundamental quando se usa lodos ativados, pois variações bruscas no efluente interferem na colônia microbológica presente no tanque aerado, podendo inclusive eliminá-la. Posteriormente há um tratamento com coagulante e floculante para remover boa parte dos sólidos suspensos, seguido da separação sólido-líquido para separar os flocos formados da água clarificada. Esta separação pode ser feita por flutuadores ou sedimentadores, dependendo do caso, para saber ao certo são necessários alguns testes experimentais, para conhecer o comportamento dessa mistura.

Como foi visto a partir dos resultados da empresa em estudo, o simples processo de coagulação e floculação não remove toda a carga orgânica que deveria. Por isso, outro tratamento teria que ser incluído para eliminar esse material orgânico na forma de sólidos dissolvidos. Avaliando os processos disponíveis e suas características, foi escolhido o tratamento por lodos ativados.

A utilização de filtros de carvão ativado também poderia ser indicada para a eliminação de carga orgânica, porém, de tempos em tempos seria necessário trocar esses filtros gerando mais um resíduo para tratar e dispor adequadamente. Já o tratamento por ozonização, além de ser bastante novo, se mostra ineficiente para o tratamento de corantes dispersos, que é justamente o mais utilizado na empresa.

A escolha por lodos ativados se deve inicialmente a característica de biodegradabilidade do efluente, para que tratamentos biológicos sejam eficazes, a razão entre  $DBO_5$  e DQO deve ser maior do que 0,37 e, no caso em estudo essa razão é 0,47, ultrapassando o valor mínimo e mostrando que é possível tratar desta forma. Nos últimos meses vêm sendo realizados alguns testes em laboratório aplicando este tratamento, e

ele vem apresentando bons resultados na remoção de carga orgânica. Além disso, mesmo havendo uma geração de grande volume de lodo, esse lodo não contém metais pesados e outras substâncias tóxicas, podendo ser utilizado para outros fins, como, por exemplo, na agricultura depois de ser devidamente estabilizado.

Quanto à geração e tratamento para os resíduos sólidos é necessária uma avaliação da quantidade de resíduos, para ver se não está ocorrendo um excesso de uso de embalagens. Também é importante realizar um controle do que é descartado do processo, como pedaços de tecido contaminado, que representam, em última análise, produto descartado ao invés de gerar lucros para a empresa.

O lodo da estação de tratamento de efluentes necessita ser estabilizado, pois “fresco” tem um grande potencial de produção de odores e, possivelmente, presença de microorganismos patogênicos, caso misturado com esgoto cloacal, que oferecem riscos à saúde. Para realizar essa estabilização, se pode utilizar a compostagem. Esta técnica chegou a ser implantada na empresa há alguns anos, quando ela dispunha de mais espaço para tal, portanto, como as características do efluente não foram alteradas a compostagem continua sendo válida.

À medida que o lodo “fresco” passa por processos de biotransformação, seus componentes orgânicos mais facilmente biodegradáveis são transformados e o lodo ganha características de lodo “estabilizado”, apresentando odor menos ofensivo e menor concentração de microrganismos patogênicos. Depois de estabilizado ele poderá ser vendido para utilização como fertilizante para agricultura.

#### **4.7.1. Compostagem**

A compostagem é uma estabilização em fase sólida, que ocorre na presença de oxigênio, transformando a matéria orgânica em gás carbônico, água e matéria orgânica estável, através de uma reação exotérmica, com liberação de calor. Atinge-se uma temperatura em torno 80°C, em virtude da atividade biológica, tal temperatura é responsável pela eliminação dos micro-organismos patógenos.

À medida que o processo de compostagem se inicia, há proliferação de complexas populações de diversos grupos de microrganismos (bactérias e fungos), que vão se sucedendo de acordo com as características do meio. Quando o substrato orgânico é, em sua maior parte, transformado, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa. Nesta fase, a maioria das moléculas facilmente biodegradáveis foi transformada, mesmo assim, o composto não está pronto para ser utilizado. Ele só estará apto para ser disposto no solo após a maturação ou humificação.

Na fase de maturação, a atividade biológica é pequena, ocorre à temperatura ambiente e com predominância de transformações de ordem química como polimerização de moléculas orgânicas estáveis.

Para que a compostagem ocorra de forma satisfatória é necessário que o sistema tenha algumas características como concentração mínima de oxigênio e umidade. Existem alguns sistemas que garantem as características exigidas pelo processo, o que mais se adapta ao caso da empresa, que gera pequenos volumes, é o sistema de leiras estáticas aeradas. Neste, a mistura a ser compostada é colocada em leiras sobre uma tubulação perfurada que injeta ar na massa do composto, não havendo necessidade de revolvimento mecânico.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou o quanto a indústria têxtil é importante na economia nacional e mundial. Foram apresentadas as diversas etapas de seu processo produtivo e as matérias-primas utilizadas de forma simplificada, para tornar possível o entendimento das práticas de gestão ambiental necessárias neste tipo de indústria.

Inicialmente a geração de resíduos foi abordada de forma ampla, para facilitar o entendimento do que é descartado no setor têxtil, as quantidades e o tamanho do impacto que eles podem causar à natureza. A partir disso, foram ilustradas as práticas mais utilizadas para tratamento de efluentes e resíduos sólidos neste setor.

A empresa em estudo, seu processo produtivo em particular e os resíduos gerados ao longo dele foram apresentados, para que fosse feito um estudo de avaliação dos tratamentos existentes e possíveis alternativas a fim de melhorar a qualidade do tratado, evitando impactos ao meio ambiente.

O processo têxtil é muito amplo e envolve etapas que variam muito de empresa para empresa, dependendo do produto final que deve ser obtido. Portanto, os resíduos provenientes deste também irão variar, obrigando cada empresa a realizar um estudo específico para o seu tratamento. Foram estudadas as características de uma empresa têxtil do Estado do Rio Grande do Sul e o que se viu foi que o tratamento para efluentes não vinha tendo a eficiência necessária e o tratamento para alguns resíduos sólidos poderia ser feito diferente, já que tais resíduos não se apresentavam perigosos, como acontece na maioria das indústrias têxteis.

Foi sugerida a elaboração de um treinamento para os operadores, pois isso é fundamental para uma boa gestão de resíduos. Além disso, foram propostas duas mudanças principais que poderiam melhorar significativamente a qualidade do que é descartado da empresa. A primeira seria incluir no tratamento existente uma etapa com lodos ativados que é adequado para remover cor e matéria orgânica dissolvida neste tipo de efluente. E a segunda seria tratar o lodo residual com compostagem, pois ele apresenta elevada carga de matéria orgânica e poderia servir de adubo para a agricultura ao invés de simplesmente ser colocado em aterros sanitários. Desta forma a empresa estaria se adequando às normas governamentais e melhorando sua imagem perante a sociedade.

## 6. REFERÊNCIAS

Abit – Associação Brasileira Indústria <[www.abit.org.br](http://www.abit.org.br)> acesso em 03/10/11.

SANTOS, N. M., (2010) “**Fibras Têxteis**” Disponível em < [http://api.ning.com/files/Fibras\\_Txteis\\_Completo.pdf](http://api.ning.com/files/Fibras_Txteis_Completo.pdf)> Acesso em 15/09/2011.

GUARATINI, C. I., ZANONI, M.V., (1999) “**Corantes Têxteis**” Universidade Estadual Paulista.

LANGE, C.R., SCHENINI, P. C., (2007) “**Gestão Ambiental - Estudo de Caso em uma Indústria Têxtil de Blumenau-SC**” Universidade Federal de Santa Catarina.

CHAMBEL, S. (2005) “**Caracterização Ambiental: Indústria têxtil**” Disponível em <[http://www.ideiasambientais.com.pt/industria\\_textil.html](http://www.ideiasambientais.com.pt/industria_textil.html)>Acesso em 04/09/2011.

GANDHI, G., (2007) “**Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**” Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

ZAMORA, P. P., DURÁN, N., MORAES, S.G., (2001) “**Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis**” Universidade Federal do Paraná e Universidade Estadual de Campinas.

FREIRE, R.S., PELEGRINI, L., KUBOTA, T., DURÁN, N., ZAMORA, P.P., (2000). “**Novas Tendências para o Tratamento de Resíduos Industriais Contendo Espécies Organocloradas**” Universidade Estadual de Campinas.

HASSEMER, M. E. N., SENZ, M. L., (2002) “**Tratamento do Efluente de uma Indústria Têxtil. Processo Físico-químico com Ozônio e Coagulação/Floculação**” Universidade Federal de Santa Catarina.

TOSATO, J. C., HALASZ, M. R. T., (2011) “**Tratamento de Efluentes Têxteis Utilizando Processos Físico-químicos e Oxidativos Avançados**” Faculdade de Aracruz – Espírito Santo.

ANTONIALI, N., OLIVEIRA, G. L., VIDAL, C.S., (2009) “**Caracterização e Propostas de Tratamento para Efluentes de Indústrias Têxteis**” Universidade Estadual do Centro-Oeste.

KAMIDA, H.M., DURRANT, L. R., MONTEIRO, R. T., ARMAS, E. A. (2005) “**Biodegradação de Efluente Têxtil por Pleurotus Sajor-caju**” Universidade Estadual de Campinas.

ANDREOLI, C. V., (2001) “**Resíduos Sólidos de Estações de Tratamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**” Programa PROSAB.

FREIRE, F. B., FREITAS, S. I., (2010) “**Avaliação da Remoção de Cor de um Efluente Têxtil Sintético**” Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal.

TSUTIYA, M.T., HIRATA, A. Y., (2002) **“Aproveitamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água do Estado de São Paulo”** Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico da SABESP – São Paulo.

SPERLING, M., HAANDEL, A. C., JORDÃO, E. P., CAMPOS, J. R., CYBIS, L. F., AISSE, M. M., SOBRIHO, P. A. **“Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Lodos ativados”**

BELTRAME, L. T.C., (2000) **“Caracterização de Efluente Têxtil e Proposta de Tratamento”** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FREITAS, K. R., (2002) **“Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil”** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina.

KAMINATA, O. T., (2008) **“Aproveitamento do Lodo Gerado no Tratamento de Efluente da Indústria de Lavanderia Têxtil na Produção de Bloco de Cerâmica Vermelha”** (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual de Maringá.

PERUZZO, L. C., (2003). **“Influência de Agentes Auxiliares na adsorção de Corantes de Efluentes da Indústria Têxtil em Colunas de Leito Fixo”** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina.

MIYADA, F. H., SANCHES, R. A., MANTOVANI, W., RAMOS, J. B. (2009) **“Tratamento Anti-chama em Materiais Têxteis”** Universidade de São Paulo.

SOHN, H., (2007) **“Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados”** Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte - APROMAC

Brasil Escola <<http://www.brasilecola.com/quimica/carvao-ativado.htm>> acesso em 02/11/11.

Tecitec <[http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca\\_Detalhe.aspx?codigo=838](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=838)> acesso em 02/11/11.

Associação Brasileira de Cimentos

<<http://www.abcp.org.br/conteudo/sustentabilidade/coprocessamento-saiba-mais-sobre-essa-solucao>> acesso em 13/11/11.

Portal Teses <http://portaleses.icict.fiocruz.br/> acesso em 15/11/11.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Anexo 1 – Licença de Operação da Empresa em Estudo



Processo nº

#### LICENÇA DE OPERAÇÃO

LO Nº

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual nº 9.077 de 04/06/90 e com seus Estatutos aprovados pelo Decreto nº 33.765, de 28/12/90, registrado no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei nº 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo nº 14085-05.67/09-8 concede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO nas condições e restrições abaixo especificadas.

#### I - Identificação:

##### **EMPREENDEDOR:**

CPF / CNPJ:  
ENDEREÇO:

##### **EMPREENDIMENTO:**

LOCALIZAÇÃO:

#### **A PROMOVER A OPERAÇÃO RELATIVA À ATIVIDADE DE: FIAÇÃO E/OU TECELAGEM COM TINGIMENTO**

<b>RAMO DE ATIVIDADE:</b>	2.420,10
<b>ÁREA ÚTIL EM m<sup>2</sup>:</b>	5.625,13
<b>ÁREA DO TERRENO EM m<sup>2</sup>:</b>	10.000,00
<b>ÁREA CONSTRUÍDA EM m<sup>2</sup>:</b>	4.943,79
<b>Nº DE EMPREGADOS:</b>	89

#### II - Condições e Restrições:

##### **1. Quanto ao Empreendimento:**

- 1.1- esta licença contempla a operação da atividade de **FIAÇÃO E/OU TECELAGEM COM TINGIMENTO** para uma capacidade produtiva mensal de 50.000 m de tecidos sintéticos, 50.000 m de tecidos de lã e 5.000 m de outros produtos têxteis (mantas e fios);
- 1.2- esta licença contempla a operação das seguintes etapas: estoques (fios e fibras), urdido, tecelagem, acabamento e tinturaria, expedição;
- 1.3- no caso de qualquer alteração que a empresa pretenda fazer (alteração de processo, implantação de novas linhas de produção ou equipamentos, ampliação de área ou de produção, realocação, etc.) deverá ser providenciado o licenciamento prévio junto à FEPAM;
- 1.4- a empresa deverá apresentar, 6 meses antes do vencimento desta licença, Relatório de Auditoria Ambiental, conforme as "Diretrizes Mínimas a Serem Atendidas na Realização de Auditorias Ambientais" disponibilizadas no site da FEPAM [www.fepam.rs.gov.br/licenciamento\\_ambiental/Normas\\_Técnicas/Diretrizes para Auditorias Ambientais](http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento_ambiental/Normas_Técnicas/Diretrizes_para_Auditorias_Ambientais), acompanhado da(s) ART(s) (Anotação de Responsabilidade Técnica) dos profissionais envolvidos e dos documentos comprobatórios da referida habilitação dos mesmos para a realização da referida Auditoria Ambiental;
- 1.5- o transporte de produtos perigosos, utilizados ou produzidos no processo industrial da empresa, somente poderá ser realizado por veículos licenciados pela FEPAM para Fontes Móveis com potencial de poluição ambiental;

LO Nº

Folha 1/1

- 1.6- a empresa só poderá iniciar as operações que gerem efluentes líquidos após concluir a transferência de todos os equipamentos que estão operando na unidade localizada no município de Porto Alegre, devendo após a conclusão desta transferência apresentar um relatório técnico assinado pelo responsável técnico pela operação da estação de tratamento de efluentes – ETE, durante o período anterior a apresentação deste relatório somente poderão ser realizadas operações que não impliquem na utilização água e geração de efluentes líquidos;

**2. Quanto aos Efluentes Líquidos:**

- 2.1-a vazão máxima permitida para o lançamento dos efluentes líquidos industriais é de 400 m<sup>3</sup>/dia, sendo que a vazão de pico não poderá ultrapassar 1,5 vezes a vazão média horária lançada no dia, de modo a atender o artigo 34 da Resolução CONAMA 357/2005;
- 2.2-a empresa deverá manter junto ao sistema de tratamento de efluentes líquidos, à disposição da fiscalização da FEPAM, relatórios da operação do mesmo, incluindo análises e medições realizadas, bem como registros das compras de produtos químicos utilizados para o tratamento;
- 2.3-a empresa deverá manter um responsável técnico pela operação da Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos (ETE) com a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) atualizada, bem como apresentar, com uma periodicidade semestral, nos meses de janeiro e julho, relatório técnico assinado pelo respectivo responsável técnico, descrevendo as condições de operação da ETE, acompanhado de levantamento fotográfico, sendo que os relatórios técnicos a serem entregues em janeiro devem ser acompanhados da cópia da ART do responsável técnico;
- 2.4-o corpo receptor dos efluentes líquidos industriais tratados: REDE PÚBLICA;
- 2.5-a empresa está incluída no Sistema de Automonitoramento de Efluentes Líquidos das Atividades Poluidoras Industriais Localizadas no Estado do Rio Grande do Sul - SISAUTO, atualizado pela Resolução CONSEMA N.º 01 de 20/03/98 e publicada em 15/04/98, na classe "C", devendo realizar medições e análises de seus efluentes líquidos de acordo com item 3.6 desta Licença e encaminhar a respectiva "Planilha de Acompanhamento de Efluentes Líquidos" à FEPAM, **via digital**, até o décimo dia do(s) mês(es) de janeiro, abril, julho e outubro de acordo com o Art. 19 desta Resolução (a *Planilha digital encontra-se disponível na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), em Licenciamento Ambiental/ Resíduos e Efluentes Industriais - SISAUTO- Planilha SISAUTO On Line*);
- 2.6- para fins de automonitoramento, deverão ser analisados e reportados, através da "Planilha de Acompanhamento de Efluentes Líquidos", os parâmetros, as frequências de medição e os tipos de amostragem abaixo listados para os efluentes líquidos industriais tratados com lançamento direto ou indireto em corpos hídricos (conforme Resoluções CONSEMA N.º 01/1998 e N.º 128/2006):

PARÂMETROS	PADRÃO DE EMISSÃO A SER ATENDIDO	FREQUÊNCIA MEDIÇÃO
Temperatura	inferior a 40 °C sendo a variação de temperatura do corpo receptor inferior a 3 °C na zona de mistura	Diária
Sólidos Sedimentáveis	até 1 ml/L, em Cone Imhoff, 1 hora	Bimestral
pH	entre 6,0 e 9,0	Diária
DBO <sub>5</sub> (20 °C)	Até 110 mg/L	Bimestral
DQO	Até 330 mg/L	Mensal
Sólidos Suspensos	Até 125mg/L	Bimestral
Óleos e Graxas Minerais	Até 10 mg/L	Bimestral
Óleos e Graxas Vegetais	Até 30 mg/L	Bimestral
Fósforo	até 3 mg P/L ou 75% de remoção *	Bimestral
Nitrogênio Total Kjeldahl	até 20 mg/L N ou 75% de remoção **	Bimestral
Fenóis	até 0,1 mg/L	Bimestral
Dureza	até 200 mg/L	Bimestral
Espumas	virtualmente ausentes	Bimestral
Cor	não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor	Bimestral

\* caso a empresa opte por trabalhar com eficiência de remoção deverá apresentar laudos de análise dos efluentes bruto e tratado para o respectivo parâmetro;

\*\* caso a empresa opte por apresentar laudos comprovando a eficiência mínima fixada para a remoção de NTK, **deverá**, também, comprovar o atendimento do padrão de emissão relativo ao parâmetro Nitrogênio amoniacal = 20 mg/L;

- 2.7- os padrões de lançamento poderão ser reavaliados, conforme Artigo 7º da Resolução CONSEMA nº 128/2006, em função da definição da vazão de referência do corpo receptor da rede pública;
- 2.8- a empresa deverá apresentar à FEPAM laudo de análise físico-química de seus efluentes brutos com uma periodicidade **anual, no mês de dezembro**, durante o período de validade desta licença, realizado por laboratório cadastrado junto a esta Fundação, abrangendo os seguintes parâmetros: temperatura, sólidos sedimentáveis, pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspensos, óleos e graxas, e demais parâmetros **relevantes** existentes na composição do referido efluente, acompanhado do respectivo laudo de coleta, assinado por técnico habilitado;
- 2.9- a empresa deverá apresentar anualmente à FEPAM, até o dia 31 de março, durante o período de vigência desta licença, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior e a todos os parâmetros pertinentes a atividade, assinada pelo responsável técnico e pelo responsável legal da empresa (*o Modelo para Apresentação da Declaração de Carga Poluidora encontra-se disponível na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), em Licenciamento Ambiental/Normas Técnicas*);
- 2.10- o efluente industrial tratado deverá atender o padrão de toxicidade conforme Resolução CONSEMA 129/2006, em função da vazão lançada e da vazão mínima do corpo receptor, a partir de 07/12/2010 para o lançamento em corpos hídricos;
- 2.11- deverão ser realizados ensaios de toxicidade aguda, efetuados em organismos teste de três diferentes níveis tróficos, em laboratório cadastrado junto a esta Fundação, para amostra representativa do efluente industrial tratado, visando o atendimento da Resolução CONSEMA 129/2006;
- 2.12- a empresa deverá apresentar à FEPAM, **até janeiro de 2010**, laudos de toxicidade aguda, efetuados em organismos teste de três diferentes níveis tróficos, em laboratório cadastrado junto a esta Fundação, para amostras representativas do efluente industrial tratado, acompanhados dos respectivos laudos de coleta, assinados por técnico habilitado, visando o atendimento da Resolução CONSEMA nº 129/2006;
- 2.13- com relação aos efluentes sanitários, a empresa deverá cumprir o artigo 20 § 2º da Resolução CONSEMA nº 128/2006;

### **3. Quanto às Emissões Atmosféricas:**

- 3.1- a emissão de fumaça ou fuligem de caldeiras à lenha, não poderá ultrapassar para a densidade colorimétrica, o máximo de 20% (vinte por cento), equivalente ao Padrão 01 da Escala de Ringelmann Reduzida, exceto na operação de ramonagem e na partida do equipamento, conforme determina a RESOLUÇÃO CONAMA N.º 08, de 06/12/90;
- 3.2- os níveis de ruído gerados pela atividade industrial deverão estar de acordo com a NBR 10.151, da ABNT, conforme determina a Resolução CONAMA Nº01, de 08/03/1990;
- 3.3- as atividades exercidas pela empresa deverão ser conduzidas de forma a não emitir substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de sua propriedade;
- 3.4- não poderá haver emissão de material particulado visível para a atmosfera, com exceção daquele gerado na caldeira, que deverá atender à condição e restrição 4.1;

### **4. Quanto aos Óleos Lubrificantes:**

- 4.1- fica proibida a destinação de embalagens plásticas de óleos lubrificantes pós-consumo em aterros urbanos, aterros industriais ou incineração no Estado do Rio Grande do Sul, devendo as mesmas serem destinadas à reciclagem, a ser realizada pelos fabricantes e distribuidores (atacadistas), conforme a Portaria SEMA/FEPAM nº 001/2003, publicada no DOE de 13/05/2003;

### **5. Quanto aos Resíduos Sólidos:**

- 5.1- os resíduos sólidos gerados deverão ser segregados, identificados, classificados e acondicionados para armazenagem temporária na área objeto deste licenciamento, observando a NBR 12.235 e a NBR 11.174, da ABNT, em conformidade com o tipo de resíduo, até posterior destinação final dos mesmos;

- 5.2-as lâmpadas fluorescentes usadas deverão ser armazenadas íntegras, embaladas individualmente, em papel ou papelão de origem e acondicionadas de forma segura para posterior transporte a empresas que realizem sua descontaminação;
- 5.3-a empresa deverá verificar o licenciamento ambiental das empresas, inclusive Centrais de recebimento de resíduos, para as quais seus resíduos são encaminhados e atender para o seu cumprimento, pois, conforme o Artigo 9º do Decreto Estadual n.º 38.356 de 01/04/98, a responsabilidade pela destinação adequada dos mesmos é da fonte geradora, independente da contratação de serviços de terceiros;
- 5.4-a empresa deverá preencher e enviar à FEPAM, trimestralmente, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro, **via digital**, a "Planilha de Geração de Resíduos Sólidos" para a totalidade dos resíduos sólidos (a Planilha digital encontra-se disponível na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), em *Licenciamento Ambiental/ Resíduos e Efluentes Industriais / SIGECORS/Planilhas de Geração de Resíduos Sólidos On Line*);
- 5.5-a empresa deverá manter à disposição da fiscalização da FEPAM, comprovante de venda de todos os resíduos sólidos que forem vendidos e comprovante de recebimento por terceiros de todos os resíduos que forem doados com as respectivas quantidades, **por um período mínimo de 02 (dois) anos**;
- 5.6-fica proibida a queima, a céu aberto, de resíduos sólidos de qualquer natureza, ressalvadas as situações de emergência sanitária, reconhecidas por esta Fundação, conforme parágrafo 3º, Art. 19 do Decreto n.º 38.356, de 01/04/98;
- 5.7-a empresa deverá observar o cumprimento do Artigo 12 do Decreto Estadual n.º 38.356, de 01/04/98, que dispõe sobre a "gestão de resíduos sólidos", referente ao Manifesto de Transportes de Resíduos - MTR, Portaria FEPAM n.º 034/2009, publicada no DOE em 06/08/2009;
- 5.8-a empresa deverá apresentar à FEPAM, **anualmente**, até o dia 31/12, a relação dos números dos MTRs emitidos durante o ano, visando ao atendimento do Artigo 12, parágrafo 3º do Decreto Estadual n.º 38.356;
- 5.9-caso venha a enviar resíduos **CLASSE I** para outros Estados, a empresa deverá solicitar **AUTORIZAÇÃO DE REMESSA DE RESÍDUOS** junto à FEPAM, devendo, para tanto, protocolar processo administrativo junto a esta Fundação, contendo a documentação que consta na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), em *Licenciamento Ambiental/ Instruções Licenciamento/ Autorizações/ Encaminhamento de Resíduos Sólidos Perigosos*;
- 5.10- a transferência dos resíduos Classe I, gerados na empresa, deverá ser acompanhada do respectivo "Manifesto de Transportes de Resíduos – MTR", conforme Portaria FEPAM n.º 034/2009, publicada no DOE em 06/08/2009 e realizada por veículos licenciados pela FEPAM para Fontes Móveis com potencial de poluição ambiental;
- 6. Quanto às Áreas de Tancagem:**
- 6.1- todas as áreas de tancagem (óleo) e de injeção de combustível deverão ser impermeabilizadas e protegidas por bacias de contenção, conforme NBR 17.505 da ABNT, de modo a evitar a contaminação da área por possíveis vazamentos.
- 7. Quanto aos Riscos Ambientais:**
- 7.1- a empresa deverá manter atualizado o Alvará do Corpo de Bombeiros Municipal de conformidade com as Normas em vigor, relativo ao sistema de combate a incêndio, durante o período de validade desta licença;
- 8. Quanto à Publicidade da Licença:**
- 8.1- deverá ser fixada, em local de fácil visibilidade, placa para divulgação da presente licença, **tamanho pequeno**, conforme modelo disponível no site da FEPAM, [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br). A placa deverá ser mantida durante todo o período de vigência desta Licença.

**III – Documentos a apresentar para solicitação da Licença de Operação:**

1. comprovante de pagamento dos custos dos Serviços de Licenciamento Ambiental, conforme Tabela de Custos disponível na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br);
2. requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação;
3. cópia desta licença;

4. o formulário ILAI – Informações para Licenciamento de Atividades Industriais devidamente preenchido e atualizado em todos os seus itens (o formulário encontra-se disponível na home-page da FEPAM: [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br), em *Licenciamento Ambiental Formulários/Licença/Indústria/Atividades Industriais-ILAI/LO*);

Havendo alteração nos atos constitutivos, cópia da mesma deverá ser apresentada, imediatamente, à FEPAM, sob pena do empreendedor acima identificado continuar com a responsabilidade sobre a atividade/empreendimento licenciado por este documento.

Este documento licenciatório perderá sua validade caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade ou algum prazo estabelecido nas condições acima seja descumprido.

Esta Licença não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

Esta licença deverá estar disponível no local da atividade licenciada para efeito de fiscalização.

Data de emissão: Porto Alegre, 05de Janeiro de 2010.

Este documento licenciatório é válido para as condições acima no período de 05/01/2010 à 04/01/2014.

Este documento licenciatório foi certificado por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada, garantida integridade de seu conteúdo e está à disposição no site [www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br).

fepam®.