

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM AUDITORIA E PERÍCIA  
AMBIENTAL**

**SIMONE CUSTÓDIO DA SILVA**

**TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE EFLUENTES DA  
INDÚSTRIA TÊXTIL COMO FORMA DE REDUÇÃO DO IMPACTO  
AMBIENTAL AOS RECURSOS HÍDRICOS.**

**Estudo de Caso: Mar Indústria Têxtil e Tinturaria Ltda**

**CRICIÚMA, JUNHO DE 2011**

**SIMONE CUSTÓDIO DA SILVA**

**TRATAMENTO QUÍMICO E BIOLÓGICO DE EFLUENTES DA  
INDÚSTRIA TÊXTIL COMO FORMA DE REDUÇÃO DO IMPACTO  
AMBIENTAL AOS RECURSOS HÍDRICOS.**

**Estudo de Caso: Mar Indústria Têxtil e Tinturaria Ltda**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Auditoria e Perícia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC.

Orientador: Prof. MSc Nadja Zim Alexandre

**CRICIÚMA, JUNHO DE 2011**

**A meu pai, “*in memoriam*” pelo esforço prestado aos meus estudos, a quem eu tento dar meus maiores esforços, que para mim, ainda são pequenos diante de tanta gratidão que lhe tenho.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, inspiração divina, força e fé;

Aos meus amados pais: Maria Custódio da Silva e Valentim Pedro Bernadino da Silva, exemplos de força, integridade moral e persistência;

À Orientadora, Nadja Zim Alexandre colega e mestre;

Aos colegas do Curso de Pós Graduação da UNESC em Perícia e Auditoria Ambiental;

Aos funcionários da empresa, Mar Indústria Têxtil e Tinturaria Ltda;

Pelo suporte, apoio, dedicação,

Minha admiração, carinho e gratidão.

**“É triste pensar que a natureza fala e que o gênero humano não a ouve.”**

**Vitor Hugo**

## RESUMO

A indústria têxtil envolve em sua cadeia produtiva os processos de fiação, tecelagem e beneficiamento do tecido. As duas primeiras etapas ocorrem a seco e por isso não geram efluentes líquidos, na etapa de beneficiamento é na qual ocorre geração de resíduos líquidos por ser totalmente dependente da água em seus processos. Os efluentes têxteis caracterizam-se por serem altamente coloridos, devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento. Os corantes sintéticos são extensivamente utilizados na indústria têxtil. O presente trabalho teve como foco principal avaliar a eficiência do tratamento químico e biológico de efluentes da indústria têxtil como forma de redução do impacto ambiental aos recursos hídricos. O efluente têxtil apresentou os seguintes parâmetros analisados: pH e alcalinidade com valores altos; temperatura do efluente bruto alta; presença de grande coloração no efluente; OD com valores baixos; Presença grande de cloretos do efluente bruto e tratado; sólidos sedimentáveis insignificante no efluente tratado. O tratamento empregado nos efluentes têxteis do estudo de caso revela-se ainda insuficiente, havendo a necessidade de maiores estudos quanto ao tipo de tratamento terciário a ser empregado para remoção de cloretos e aumento do OD.

**.Palavras-chave:** Indústria têxtil; Efluente; Sistema de tratamento de efluente.

## **ABSTRACT**

The textile production chain involved in the processes of spinning, weaving and processing of the tissue. The first two steps occur dry and therefore does not generate liquid effluents, in the stage of processing in which there is generation of liquid waste to be totally dependent on water in its processes. The textile effluents are characterized by being highly colored due to the presence of dyes that do not focus on the fiber during the dyeing process. The synthetic dyes are extensively used in the textile industry. This work was mainly focused to evaluate the efficiency of chemical and biological treatment of effluents from the textile industry as a way of reducing the environmental impact to water resources. The textile effluent analyzed showed the following parameters: pH and alkalinity with high values, high temperature of the raw effluent, the presence of great color in the effluent, with OD values; large presence of chlorides in the raw effluent and treated; negligible settling solids in the treated effluent. The treatment used in textile effluents case study proves to be insufficient, with the need for further studies on the type of tertiary treatment to be used to remove chlorides and increase in OD.

**Keywords:** Textiles; Waste water; Effluent treatment system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01- Localização do município de Içara no estado de SC.....	25
Figura 02 - Municípios Integrantes da AMREC.....	26
Figura 03 - Foto da Indústria Têxtil estudo de caso.....	27
Figura 04 - Organograma funcional da indústria Martêxtil, Içara/SC.....	28
Figura 05 - Foto da vista parcial do tanque de coagulação/floculação/decantação da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.....	32
Figura 06 - Foto da vista do lodo da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.....	33
Figura 07 - Foto da vista parcial do lodo da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.....	33
Figura 08 - Foto da vista parcial da Lagoa de aeração da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.....	34
Figura 09 - Foto da vista dos aeradores da Lagoa de aeração da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.....	35
Tabela 01 - Relação dos valores para efluente tratado e bruto da Martêxtil.....	36

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Composição dos programas de tingimento utilizados na indústria têxtil estudo de caso.....	30
Quadro 02 - Relação de sugestões de produção mais limpa para efluente da Martêxtil.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera

CENO – Concentração de Efeito Não Observado.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

FATMA - Fundação do Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INFRAERO - Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

OD – Oxigênio Dissolvido

POAs - Processos Oxidativos Avançados

PNUD – Programa das Nações Unidas

SDR – Secretaria de Desenvolvimento Regional

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 Objetivo Geral .....	13
2.1.1 Objetivos Específicos .....	13
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
3.1 Processamento têxtil .....	15
3.2 Processo de Tratamento de Efluentes .....	17
3.2.1 Efluente da Indústria Textil .....	19
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
4.1 Estudo de Caso: Mar Indústria Têxtil Ltda .....	26
4.2 Descrição do Processo produtivo e Geração de Efluentes .....	29
4.3 Descrição do Processo de Tratamento de Efluentes Industriais .....	31
<b>5 ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	<b>36</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na lista das grandes heranças ameaçadas estão à água, a cobertura vegetal do planeta, o solo agrícola, a biodiversidade e o ar. A água é vital e está se tornando um elemento chave da questão ambiental. As reservas de água do planeta são constituídas por 98% de água salgada e 2% de água doce. Do total destes 2%, estima-se que 87% encontram-se nas calotas polares, nas geleiras, no subsolo, na atmosfera e até mesmo, fazendo parte da constituição dos seres vivos.

As reservas de água útil são, portanto, relativamente limitadas e em muitas regiões do mundo se tornaram escassas. O consumo maior de água fica por parte da agricultura, que emprega 85% da água enquanto a indústria utiliza 10% e o uso doméstico 5% (HASSEMER, 2000).

Ainda, segundo Hassemer (2000) o maior problema é que a água utilizada recolhe os defensivos químicos da cultura, os resíduos das indústrias e os esgotos domésticos e ao se misturarem com as reservas existentes, geram um efeito multiplicador de poluição.

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, airbags, cintos de segurança, entre outros). O estado de Santa Catarina é um pólo importante da indústria têxtil no Brasil, sendo esta uma atividade importante para economia do país.

Os processos desenvolvidos nessas indústrias utilizam água em várias etapas, entre estas para o tingimento das fibras. Como consequência o despejo gerado durante este processo carrega parte dos produtos químicos utilizados e se não forem tratados de forma adequada são indutores de sérios problemas ambientais.

Segundo descreve Hassemer (2000), o despejo líquido gerado pelas indústrias do setor têxtil contém elevada carga orgânica, cor acentuada e compostos químicos tóxicos ao homem e ao meio ambiente. O autor ainda conclui que estes despejos variam à medida que a pesquisa e o desenvolvimento produzem novos processos, novas técnicas e tendências de mercado (HASSEMER, 2000).

As estações de tratamento das indústrias têxteis passaram por diversas modificações para acompanhar o processo de produção de acordo com a demanda do mercado. Hoje as indústrias têxteis apostam no tratamento de seus resíduos e preocupam-se com o desenvolvimento de práticas de sustentabilidade adotando técnicas com menor impacto possível ao meio ambiente.

A preservação do meio ambiente é um aspecto com o qual a indústria objeto do estudo de caso preocupa-se constantemente, assumindo com responsabilidade social e ambiental a proteção aos recursos naturais, utilizando-os de forma sustentável, mantendo sistema de controle e tratamento dos efluentes líquidos, emissões atmosféricas, reciclagem de plástico e papelão gerados em seu processo de produção. Todos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.

A missão da organização é prestar serviços de beneficiamento têxtil para atacadistas do Brasil, tornando-se uma empresa de destaque pela qualidade e pontualidade, gerando o crescimento econômico de seus colaboradores, convivendo em harmonia com a comunidade e com o meio ambiente.

A presente pesquisa busca aprimorar o conhecimento a respeito do tratamento de efluentes adotado pela empresa, contribuindo para a sua sustentabilidade e para a “manutenção” do meio ambiente equilibrado, pois não há preservação sem conhecimento real do meio envolvido e sem conhecimento das leis que regem as atividades que podem alterar o ecossistema.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência do tratamento químico e biológico de efluentes da indústria têxtil como forma de redução do impacto ambiental aos recursos hídricos.

#### **2.1.1 Objetivos Específicos**

- Descrever os processos de beneficiamento da indústria têxtil;
- Determinar as condições físico-químicas do efluente bruto;
- Discutir os processos e tratamentos de águas residuárias;
- Avaliar as condições físico-químicas do efluente tratado.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A utilização dos recursos hídricos é um processo habitual adotado pelas indústrias. O mesmo altera a qualidade das águas, tornando-as contaminadas por produtos químicos, corantes, alteração da cor, odor, temperatura, entre outros, originando assim os efluentes líquidos.

Os efluentes líquidos ao serem despejados com os seus poluentes característicos causam a alteração da qualidade dos corpos receptores (GIORDANO, 2011).

Segundo Giordano (2011) a poluição pelos efluentes líquidos industriais deve ser controlada inicialmente pela redução de perdas no processo industrial, incluindo a utilização de técnicas mais modernas, arranjo geral otimizado, redução do consumo de água incluindo as lavagens de equipamentos e pisos industriais. A manutenção de equipamentos e das instalações também é fundamental para a redução de perdas por vazamentos e desperdício de energia. Após a otimização do processo industrial, as perdas causadoras da poluição hídrica devem ser controladas utilizando-se sistemas de tratamento de efluentes líquidos.

A indústria têxtil é uma das maiores do mundo em termos de produção, números e geração de emprego. As facilidades de produção variam desde plantas altamente automatizadas até pequenas instalações artesanais, mas todas se caracterizam por requerer grandes quantidades de água, corantes, produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva (SANIN, 1997).

Os efluentes gerados pelas unidades industriais são tratados por processo físico-químico e biológico convencional, os quais apresentam bons resultados na redução de material em suspensão, porém têm como principal inconveniente à alta produção de lodo o que requer a disponibilidade de grandes áreas para implantação de aterros. Além disso, esses efluentes caracterizam-se por uma grande variação do processo industrial que envolve a sequência de produção e acabamento têxtil, podendo conter: tensoativos, espessantes e produtos químicos diversos que tornam o efluente muito complexo, geralmente com elevada concentração de matéria orgânica medida em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO). Outra característica desses despejos é que podem se apresentar com características de biodegradação diferenciadas (HASSEMER, 2000).

### 3.1 Processamento têxtil

Os produtos têxteis são derivados da manufatura de fibras que podem ser naturais ou sintéticas. As duas principais fibras naturais são lã e o algodão. As principais fibras sintéticas incluem o poliéster, o rayon, o nylon, o poliacrílico e as poliamidas. As fibras têxteis naturais podem ser classificadas em vegetais e animais, e as fibras sintéticas classificadas como polímeros naturais ou polímeros sintéticos. As etapas de um processamento têxtil normalmente são as seguintes: matéria-prima, preparação da ação e fiação, tingimento de fios, engomagem, tecelagem, chamuscagem e desengomagem, mercerização, tinturaria, lavanderia, estamparia e acabamento (HASSEMER, 2000).

A tintura de tecidos é uma arte que começou há milhares de anos e a disponibilidade comercial de corantes é enorme. A tecnologia moderna no tingimento consiste de dúzias de etapas que 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 que visam obter a insolubilização do corante ou de seus derivados 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.

O processo de tingimento é um dos fatores fundamentais no sucesso comercial dos produtos têxteis. Além da padronagem e beleza da cor, o consumidor normalmente exige algumas características básicas do produto, como o 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, dos quais cerca de 10.000 são produzidos em escala industrial. Entretanto, 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.

O processamento têxtil e os despejos líquidos gerados pela indústria variam à medida que a pesquisa e o desenvolvimento produzem novos reagentes, novos produtos e novas tecnologias, e também de acordo com a demanda do consumo por outros tipos de tecidos e cores. Numerosas operações são necessárias a fim de dar ao tecido o máximo de propriedades, gerando assim em cada etapa despejos com diferentes características físico-químicas (BRAILE; CAVALCANTI, 1991).

Dessa forma, pode-se dizer que as principais etapas que dão origem aos efluentes têxteis são o tingimento e o acabamento quando são realizados os processos de lavagem, amaciamento ou alvejamento de fibras. Além disso, dado o grau da variedade de fibras, corantes, auxiliares e produtos de acabamento utilizados a característica dos efluentes é de complexidade e características diversas (VANDEVIVERE; BIANCHO; VERSTRAETE, 1998).

Para Hassemer (2000) a indústria têxtil utiliza considerável quantidade de água no seu beneficiamento. A água é empregada principalmente nas operações de tingimento e acabamento nos quais os tecidos são tingidos e processados constituindo-se no produto final. Cerca de 100 m<sup>3</sup> de água são consumidos em média para cada tonelada de tecido processado.

O problema da cor está associado especialmente aos corantes solúveis em água que são adsorvidos na trama do tecido em quantidade menor que 25% do total utilizado. Desta relação, espera-se que a quantidade de corante descartada no efluente têxtil seja relevante sob o ponto de vista do controle ambiental. Hassemer e Sens (2002) destacam que corantes são moléculas orgânicas altamente estruturadas e de difícil degradação biológica.

Contudo, a concentração de corantes nestes despejos é ainda menor do que a de muitos outros produtos químicos ali encontrados, mas devido a sua característica e cor, é o contaminante que mais desperta interesse com relação remoção. Mesmo em baixa concentração o impacto visual dos corantes utilizados

nas indústrias têxtil alerta para a necessidade do tratamento destes efluentes segundo SARASA *et al.* (1998 *apud* HASSEMER & SENS 2002).

### 3.2 Processo de Tratamento de Efluentes

Qualquer atividade que envolva a utilização ou o tratamento de água é potencialmente capaz de gerar efluentes, sendo que o gerenciamento adequado deste passa a ser fundamental para minimizar os impactos causados no meio ambiente, sobretudo nos recursos hídricos (TELLES e COSTA, 2007, p. 1).

Do mesmo modo que ocorre com os esgotos domésticos a remoção de poluentes das águas residuárias geradas em atividades industriais, a fim de torná-las em condições adequadas, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, só pode ser obtida se eficientes sistemas de tratamento forem implantados e adequadamente operados (MATOS, 2005, p. 1).

A resolução n. 430 de 13 de maio de 2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece em seu artigo 3º que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostas nesta resolução e em outras normas aplicáveis (BRASIL, 2011).

Para atendimento a essas condições Malheiros e Philippi Jr. (2005) definem quatro níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar de águas residuárias pode ser definido como a remoção de poluentes que podem causar problemas operacionais na planta ou aumento dos serviços de manutenção em equipamentos e instalações.

Já conforme Nuvolari; Costa (2007), o tratamento preliminar equivale à primeira fase de separação de sólidos grosseiros, detritos minerais (areia), materiais flutuantes e carregados e, por vezes, óleos e graxas. Pode incluir, por exemplo, gradeamento, caixa de remoção de areia, tanques de remoção de óleos e graxa.

Após a remoção dos sólidos grosseiros, etapa esta que corresponde ao tratamento preliminar, o efluente devidamente homogeneizado é conduzido à ETA de tratamento primário (NUVOLARI e COSTA, 2007).

Giordani (2004) explica ainda, que o tratamento primário consiste na passagem do efluente por uma unidade de sedimentação logo após as unidades de tratamento prévio, atuando na remoção de sólidos suspensos sedimentáveis.

Os processos de tratamento físico-químico (coagulação, floculação e sedimentação) apresentam elevada eficiência na remoção de material particulado em suspensão. No entanto, se mostram deficientes na remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos (GIORDANI, 2004).

Conforme Sperling (1996) o principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica. Esta se apresenta nas seguintes formas: matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), a qual não é removida por processos meramente físicos, como o de sedimentação, que ocorre no tratamento primário; matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada), a qual é em grande parte removida no tratamento primário, mas cujos sólidos de decantabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

Dentro do contexto dos processos destrutivos, cabe aos processos biológicos um lugar de destaque, principalmente em função da relativa facilidade encontrada na implementação de sistemas que operem em grande escala. Geralmente o processo biológico mais utilizado é o sistema de lodos ativados devido ao baixo tempo de residência (4 a 8 horas) e à área reduzida. Infelizmente, o processo apresenta o grande inconveniente de ser bastante susceptível à composição do efluente (cargas de choque), além de produzir um grande volume de lodo.

Sperling (1996) explica que a essência do tratamento secundário é a inclusão de uma etapa biológica. Enquanto nos tratamentos preliminar e primário predominam mecanismos de ordem física, no tratamento secundário a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas, realizadas por microorganismos.

Os decantadores secundários são responsáveis pela separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado e o aumento do teor de sólidos em suspensão no fundo do decantador. Essa unidade exerce um papel fundamental no processo de lodos ativados, pois o material sólido que advém do tanque de aeração é nela retido, originando o chamado, lodo ativado.

Já o tratamento terciário é projetado para maior eficiência na remoção de nutrientes, principalmente o fósforo e o nitrogênio, que resultam como principal estímulo no processo de eutrofização de corpos d'água, e também na remoção de compostos tóxicos ou não biodegradáveis, insuficientemente removidos nas etapas anteriores do tratamento. Exemplos de tratamento terciário incluem a troca iônica, osmose reversa, ultrafiltração, ultravioleta, ozonização, adsorção em leito de carvão ativado, entre outros.

### **3.2.1 Efluente da Indústria Textil**

A indústria têxtil apresenta material bruto utilizado, técnicas empregadas, produtos químicos aplicados, operações e processos envolvidos variáveis. Esta variação pode ser observada através do tipo de tratamento do seu efluente. As diferenças na caracterização e tratabilidade dos efluentes têxteis de diferentes origens não podem ser avaliadas sem a análise do processo de produção destes efluentes, onde cada indústria será considerada individualmente (BABUNA; SOYHAN; EREMEKTAR; ORHON, 1999 *apud* DAMINELLI 2008).

Segundo Cavalcanti e Braille (1997) as principais características do efluente gerado na indústria têxtil se resumem em: grande vazão, presença de corantes, sendo que alguns podem ser tóxicos, presença de cor, matéria orgânica em termos de DBO não muito elevada, porém podendo apresentar demanda química de oxigênio (DQO) em função da presença de agentes redutores utilizados em alguns banhos de tingimento.

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. O sistema apresenta uma eficiência relativamente alta, permitindo a remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes (UFPR, 2011)

Ainda conforme Goulart (2011), infelizmente o problema relacionado com o acúmulo de lodo torna-se crítico, uma vez que o teor de corantes adsorvido é bastante elevado, impedindo qualquer possibilidade de reaproveitamento. Por todos estes motivos, são estudadas novas alternativas que utilizam microorganismos capazes de degradar de maneira eficiente um grande número de poluentes a um

baixo custo operacional para o adequado tratamento de efluentes têxteis. Na prática, sabe-se que isto é muito difícil principalmente em função da diversidade, concentração e composição de espécies químicas presentes em cada efluente (GOULART, 2011).

Conforme Giordani (2004) somente a utilização de técnica de controle não é suficiente, mas é importante a busca incessante da eficiência industrial, sem a qual a indústria torna-se inadequada e é fechada pelo próprio mercado. A eficiência industrial é o primeiro passo para a eficiência ambiental. A reflexão deve ser realizada para garantir um efluente final dentro dos padrões previstos na legislação ambiental, preservando assim, o meio aquático/solo receptor.

Giordani (2004) ainda destaca que a escolha do processo ou da sequência do processo de tratamento de uma série de fatores, tais como: caracterização dos efluentes, qualidade dos efluentes após tratamento, custo, disponibilidade de área e tecnológica. Os efluentes têxteis apresentam uma variação muito grande na sua composição devido aos vários tipos de corante e produtos químicos utilizados, e isto faz o seu tratamento ser um problema complexo.

O processo de absorção remove o corante encontrado nos efluentes, através da passagem do referido material de amostragem em carvão ativo, sílica gel, bauxita, resinas de troca iônica, derivados de celulose, entre outros. A utilização de membrana especial também é proposta propiciando uma boa remoção da cor. Em ambas as técnicas, a metodologia consiste na separação efetiva de moléculas de corantes com dimensão suficientemente grande para serem separadas dos efluentes nas técnicas de biodegradação, a pesquisa está sendo realizada na busca de microrganismo, fungos ou bactérias, capazes de degradar ou mineralizar corantes (GUARATINI *et al*, 2000).

Os métodos químicos utilizados no tratamento de efluentes são bastante variados e dependem fundamentalmente, das características do efluente. Existem procedimentos bastante simples, como: neutralização, cloração e precipitação química.

Quanto ao tratamento biológico, os compostos recalcitrantes ou refratários não são biodegradados pelos organismos normalmente presentes em sistemas biológicos de tratamento, sendo lançados nos corpos aquáticos receptores. Devido ao efeito de acumulação, podem atingir concentração superior à dose letal de alguns organismos, como invertebrados e peixes, levando a ocorrência de morte.

Nesse caso, o ozônio e os processos oxidativos avançados (POA) relacionados têm servido como alternativa para o tratamento de tais compostos, mostrando-se bastante eficazes no processo de descontaminação do efluente (ALMEIDA *et al*, 2004 *apud* CESÁRIO, 2007).

Os efluentes têxteis contêm substâncias que são usadas como insumo e produtos auxiliares durante o processo de tingimento e acabamento, que são removidos dos tecidos pelo fato de não serem biodegradáveis e a eliminação deles é incompletas, e além, alguns contaminantes têm um efeito tóxico as bactérias aplicadas no processo de tratamento biológico dos efluentes têxteis (CASTILLO, BARCELOS, 2001 *apud* CESARO, 2007).

A investigação da remoção da cor de águas residuais de efluentes têxteis utilizando bactérias demonstrou o grande potencial deste tipo de tratamento na remoção de corante azo. Para baixas condições anaeróbicas este sistema pode alcançar remoção total da cor (CASTILLO 2003 *apud* CESARO, 2007).

Goulart (2011) coloca que os contaminantes provenientes do processo têxtil dependem do tipo de fibras processadas e dos produtos químicos empregados, além da tecnologia aplicada. Desta forma, os efluentes líquidos são tóxicos e geralmente não biodegradáveis, sendo muitas vezes resistentes à destruição por métodos de tratamento físico-químico. Estes são eficientes na remoção de material particulado, porém são deficientes quando se tratam de corantes, surfactantes e aditivos orgânicos dissolvidos.

O problema de cor intensa nos efluentes têxteis, segundo Goulart (2011) é consequência de grande quantidade de corantes não fixados, ionizados, principalmente os corantes reativos que possuem pequena degradabilidade, tornando sua eliminação difícil tanto pelos processos físico-químicos quanto pelos biológicos.

Geralmente após os tratamentos de precipitação-coagulação, segue-se a etapa de tratamento biológico e entre estes, tem-se adotado em função da eficiência e de requer menor área, o sistema de lodos ativados.

Este consiste basicamente na agitação das águas residuárias em presença de microrganismos e de oxigênio, durante o tempo necessário para metabolização e floculação da matéria. Destaca-se como vantagem do tratamento por lodo ativado, o baixo tempo de residência o que implica em menor área para

instalação, mas por outro lado gera determinada quantidade de lodo, além do que o processo é bastante suscetível à composição do efluente (GOULART, 2011)

Segundo este autor, novas alternativas tais como a utilização de fungos formadores de biofilme que produzem enzimas fortemente oxidativas tem sido experimentadas, pois estas conseguem oxidar grande variedade de compostos considerados tóxicos e recalcitrantes com baixo custo operacional.

As potenciais vantagens do tratamento enzimático quando comparadas a tratamentos convencionais incluem a aplicação em materiais recalcitrantes específicos para removê-los por precipitação ou transformação em outros produtos inócuos; atuação em concentrações altas e baixas dos contaminantes; aplicação em ampla faixa de pH, temperatura, salinidade e fácil controle; além de mudarem as características de um determinado rejeito para torná-lo mais receptivo ao tratamento, ou auxiliar na bioconversão dos rejeitos em produtos de maior valor agregado. (GOULART, 2011)

Como exemplo das enzimas utilizadas no processo especificado no parágrafo anterior, podem-se citar as enzimas lignolíticas, provenientes de fungos da decomposição branca que têm a capacidade de descolorir os corantes têxteis, mediante a polimerização ou degradação destes.

O potencial destes fungos tem sido atribuído à sua habilidade em degradar uma variedade de compostos xenobióticos via um mecanismo de radical livre mediado pelas peroxidases e lacases, enzimas que têm um potencial de oxidação-redução muito elevado em relação a compostos fenólicos e aminas aromáticas presentes nos efluentes industriais. (GOULART, 2011)

Goulart (2011) coloca ainda que outros fungos produzam enzimas que agem sobre compostos recalcitrantes específicos e que podem aumentar sua biodegradabilidade ou remover por precipitação, como a enzima tirosinase, obtida através de cogumelos *Agaricus bispora*. A tirosinase atua sobre grupamentos fenólicos presentes na estrutura dos corantes e catalisa duas reações distintas: a o-hidroxilação de monofenóis a catecóis e a desidrogenação dos catecóis a o-quinonas.

### 3.3 Legislação Ambiental

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA e foi instituído pela Lei 6.938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 (SILVA, 2011).

Esta instituição estabelece mediante proposta do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, dos demais órgãos integrantes do SISNAMA e de Conselheiros do CONAMA, normas e critérios para o licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, a ser concedido pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e Municípios e supervisionado pelo referido Instituto.

A resolução CONAMA 357/2005 estabelece as condições de qualidade da água e classifica os corpos hídricos, enquanto que a resolução 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Nesta resolução fica estabelecido, que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostas nesta resolução.

Artigo 16: Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis: condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
  1. óleos minerais: até 20 mg/L;
  2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- f) ausência de materiais flutuantes; e
- g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor (BRASIL, 2011).

A Resolução 430/2011 do CONAMA estabelece ainda que os efluentes são despejados em corpos hídricos, eles não podem causar efeitos tóxicos aos

organismos ali presentes, estabelecendo o conceito de CENO – Concentração de Efeito Não Observado, sendo esta a maior concentração do efluente e que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução dos organismos, em um tempo determinado de exposição e nas condições de ensaio.

No estado de Santa Catarina a Lei nº 14.675 de 2009 que instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente, determina em seu artigo 177 as condições para lançamento de efluentes em corpo receptor, entre estas se destaca as condições para o parâmetro DBO<sub>5</sub>:

XI - DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l, sendo que este limite somente pode ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento biológico de água residuária que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento) (ESTADO DE SANTA CATARINA, 2009).

Ainda em Santa Catarina, a ecotoxicidade do efluente deve ser avaliada conforme determina a Portaria 017/2004 da Fundação de Meio Ambiente (FATMA).

#### 4. METODOLOGIA

O município de Içara está situado no extremo sul de Santa Catarina, distante 144,193 km da Capital (Atlas de Desenvolvimento Humano/PNUD) . Faz parte da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC), composta por 10 municípios, cujo centro polarizador é Criciúma, integrando também a 21ª Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR). Possui área de 293 km<sup>2</sup> e 58.856 habitantes (IBGE, 2010).

Está situado a cerca de 27 metros de altitude acima do nível do mar, com latitude 28°42'48" sul e a uma longitude 49°18'00" oeste e possui um clima mesotérmico úmido, com verão quente (ATLAS, 2003). Apresenta os seguintes limites e confrontações: ao Norte com os municípios de Criciúma e Morro da Fumaça. Ao Sul com o Oceano Atlântico e o município de Araranguá. A Leste com o Oceano Atlântico e os municípios de Jaguaruna e Sangão, e a Oeste com o município de Criciúma. A Figura 01 apresenta a localização do município de Içara no estado de Santa Catarina. A Figura 02 apresenta os municípios integrantes da AMREC.



**Figura 01:** Localização do município de Içara no estado de SC.

**Fonte:** Prefeitura Municipal Içara.



**Figura 02:** Municípios Participantes da AMREC.

Fonte: AMREC.

O presente estudo foi desenvolvido na Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da Mar Indústria Têxtil Ltda inserida na Região da Associação dos Municípios da Região Carbonífera (AMREC), localizada no município de Içara, Santa Catarina. Após visitas na área para reconhecimento do processo de tratamento, coletaram-se dados sobre a eficiência do tratamento e os tipos de efluentes que estão sendo gerados ao longo da cadeia produtiva (indústria).

#### **4.1 Estudo de Caso: Mar Indústria Têxtil Ltda**

Em 02 de maio de 2000 percebendo a necessidade do beneficiamento próprio, a Beckhauser Malhas da cidade de Tubarão, aluga as instalações da Zatextil Malhas, localizada em Içara, e dá-se início a um novo empreendimento (Figura 03).



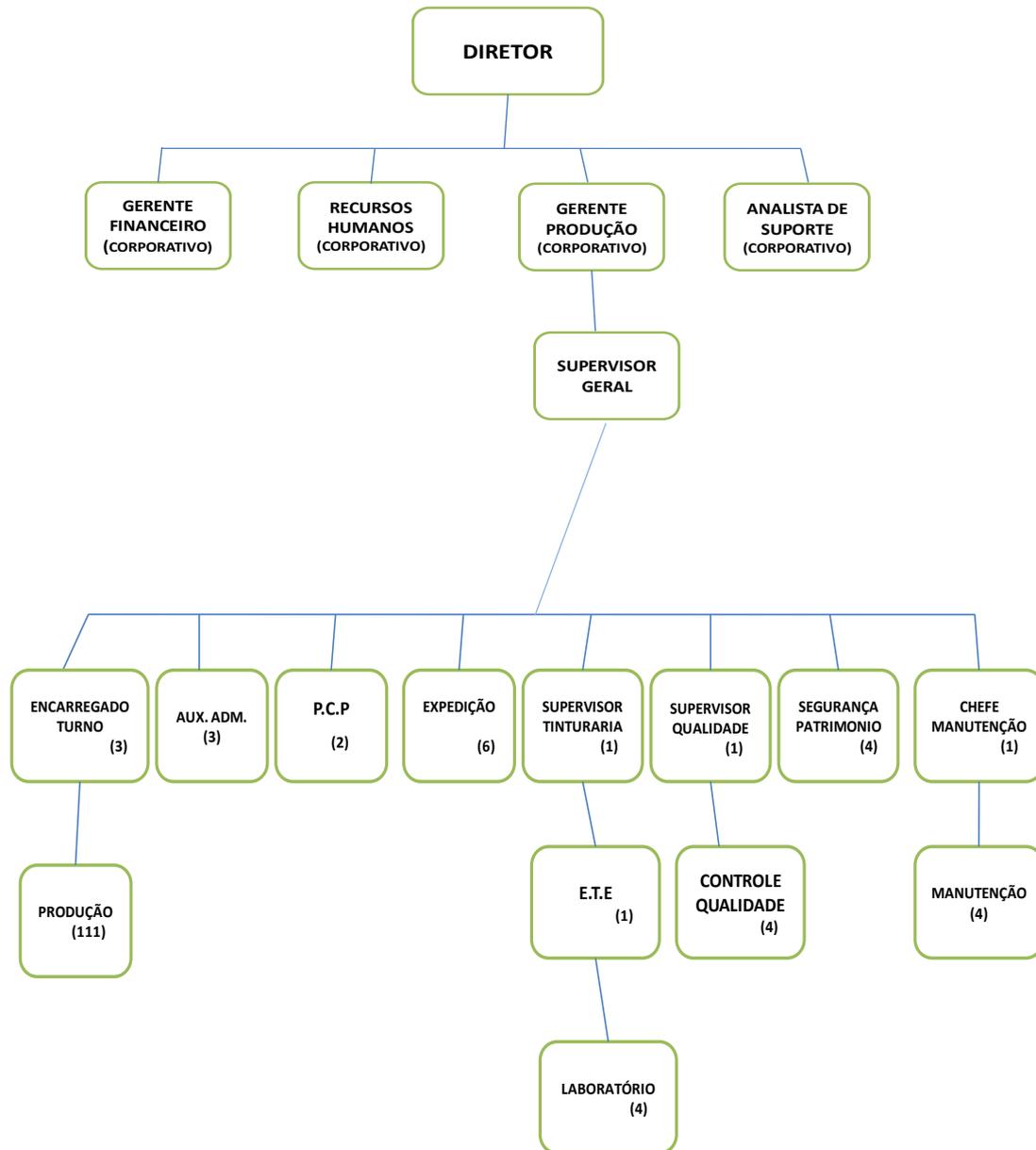
**Figura 03:** Vista parcial da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.

A Martêxtil como é conhecida no mercado em que atua, está situada na Rodovia Paulino Búrigo, km 17, bairro Lombas, município de Içara, Santa Catarina. A empresa iniciou sua atividade com vinte e cinco (25) colaboradores, operando em apenas um (01) turno de trabalho. Na ocasião, contando com dezessete (17) equipamentos a capacidade produtiva era de oitenta (80) toneladas/malhas mês.

Em agosto de 2000 dá-se início a um forte investimento em equipamentos, mão-de-obra especializada, melhorias e ampliação no parque fabril e consequentemente na capacidade produtiva.

Atualmente a empresa conta com 145 colaboradores diretos, 42 equipamentos de tecelagem e 01 laboratório. A Figura 04 mostra o organograma funcional da empresa.



**Figura 04:** Organograma funcional da indústria Martêxtil, Içara/SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.

O desenvolvimento dos produtos é aprimorado com base em pesquisas sobre tendências de moda. A empresa preocupa-se com etapas de criação e desenvolvimento de seus produtos, aperfeiçoando as modelagens, lavagens, acabamento e o *design* da peça.

A empresa encontra-se devidamente licenciada pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA, atendendo as condições e exigências daquele órgão, operando em suas instalações a estação de tratamento de efluentes industriais.

Como missão da organização destaca-se a prestação de serviços de beneficiamento têxtil para atacadistas do Brasil, tornando-se uma empresa de destaque pela qualidade e pontualidade, gerando o crescimento econômico de seus colaboradores, convivendo em harmonia com a comunidade e com o meio ambiente.

Sua visão é expandir os negócios nos próximos 04 anos com qualidade e atendendo as necessidades de mercado da indústria de confecções e atacadistas têxteis do Brasil.

#### **4.2 Descrição do Processo produtivo e Geração de Efluentes**

A indústria Martêxtil não fabrica os tecidos, as atividades desta são de tingimento que é um processo químico da modificação de cor da fibra têxtil através da aplicação de matérias coradas. Todo o efluente gerado é constituído de corantes utilizados no tingimento e lavação.

O tingimento é um processo pelo qual o tecido é tingido em banho, fixado e lavado. Os efluentes do tingimento são variados devido aos diferentes tipos de corantes utilizados (diretos, reativos e sulfurosos) e da maneira pela qual são aplicados. São volumosos, tem forte coloração e alguns podem ser tóxicos e nem sempre biodegradáveis.

No tingimento o tecido passa por uma solução de tinta, é fixado e lavado. O tecido passa por um banho contendo tinta e produtos químicos, para em seguida ser espremido entre dois rolos, secado, para finalmente passar por um processo de vaporização.

No processo de lavagem os tecidos passam por oito caixas. Das quatro primeiras fluem continuamente despejos altamente concentrados contendo gomas, corantes e outros produtos químicos. Os despejos das quatro últimas são praticamente isentos de impurezas. Como o volume de despejos é grande dessas quatro caixas finais, é possível que se possa aproveitar água para outros fins tais como lavagem de pisos, refrigeração de lonas e outros.

A indústria Martêxtil possui três programas para tingimento e lavação dos tecidos. Nestes programas são gerados os efluentes. O Quadro 01 mostra os principais produtos químicos utilizados em cada programa.

**Quadro 01: Composição dos programas de tingimento utilizados na indústria têxtil estudo de caso.**

Programa	Função	Produtos utilizados
2.1	Tingimento	Antiespumante/Ablaflow FFC Detergente/ Em 8045 Antiquebra/Cromolub L Pes tampão Tepom BZ
2.2	Tingimento	Antiespumante/Ablaflow FFC CO dispersantes Antiquebra/ Cromolub L Sal moído Tingido
2.3	Tingimento	Barrilha leve Barrilha leve Ácido cítrico
3.1	Tingimento Corantes	Marinho ME – SF Laranja SC 175% Rubi Imagicron SGL 275%/Rubi Sid. ME FL
3.2	Tingimento Corantes	Amarelo 3RL conc. Vermelho 4AB conc. Preto VSB
4.1	Lavação	Soda caustica Hidrosufito de Sódio Ácido Cítrico
4.2	Lavação	Resiperse SW líquido Antiquebra/Cromolub L Resiperse SW líquido Antiquebra/Cromolub L

Fonte: Martêxtil, 2011.

O controle ambiental adotado pela empresa trata separadamente o esgoto sanitário dos colaboradores, que integra os despejos de banheiros e da cozinha, do efluente têxtil que apresenta antes do tratamento concentração de 560 mg/L de DQO e 210 mg/L para DBO5.

O esgoto sanitário da indústria Mar Têxtil é tratado em fossas sépticas e posteriormente são dispostos em sumidouros, dimensionados conforme recomendações da NBR 7229/93 da ABNT. Os despejos da cozinha são conduzido preliminarmente à caixa de gordura e depois, seguem para a fossa séptica. Anualmente é efetuada uma limpeza geral em todo o sistema.

A estação de tratamento dos efluentes têxteis (ETE) está dimensionada com capacidade nominal de tratamento de 40 m<sup>3</sup>/h, sendo composta por: caixa de

areia, calha parshall, tanque de equalização ou homogeneização, tanque de clarificação química (coagulação, floculação e decantação) e deságue de lodo.

### **4.3 Descrição do Processo de Tratamento de Efluentes Industriais**

O tratamento preliminar equivale à primeira fase de separação de sólidos grosseiros, detritos minerais (areia), materiais flutuantes e carregados e, por vezes, óleos e graxas de um efluente industrial.

No caso da indústria Martêxtil, as unidades de pré-tratamento são constituídas por caixas de areia que tem como função a remoção de material grosseiro e com características arenosas. Da caixa de separação de areia o efluente passa em uma calha Parshall utilizada para medir a vazão do efluente a ser tratado, distribuindo-o uniformemente na malha da peneira estática.

O efluente isento de sólidos grosseiros segue para o tanque de equalização, onde tem a vazão regularizada e a concentração de poluentes homogeneizada.

O efluente gerado na indústria tem pH variando entre 5 e 14 o que dificulta o tratamento físico-químico e biológico caso não seja homogeneizado.

Do tanque de equalização, o efluente é conduzido às unidades que compõe o tratamento primário, ou seja, a unidade de clarificação química (coagulação, floculação e decantação).

A coagulação e floculação (Figura 05) são processos físico-químicos unitários usados para agregar pequenos colóides e partículas dissolvidas em flocos maiores que podem ser facilmente sedimentados por gravidade e em seguida, removidos.

O efluente é bombeado com vazão de 36 m<sup>3</sup>/h em média para o tanque de floculação e decantação. Antes de acontecer a decantação é necessário fazer a floculação, sendo que neste processo o lodo vai para o fundo devido à diferença de densidade do sulfato de alumínio.



**Figura 05:** Vista parcial do tanque de coagulação/floculação/decantação da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.

O lodo decantado vai para outro compartimento abaixo do tanque de floculação/decantação e em para dois tanques onde recebe a cal (média de 6g/L de lodo) que serve com espessante do lodo além de manter o pH elevado inibindo maus odores. Os flocos decantados são chamados de lodo industrial que passam por um processo de desidratação.

O lodo da indústria Mar Têxtil até o ano de 2010 eram depositados em aterros industriais para resíduo classe 02 (não perigoso). No ano de 2011 com acompanhamento do órgão ambiental FATMA, o lodo industrial está sendo queimado, esse processo torna-se muito mais econômico e os impactos estão sendo avaliados pelo órgão competente. A Figura 06 e 07 mostra o lodo proveniente do tratamento de efluentes da indústria.



**Figura 06:** Vista do lodo da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.



**Figura 07:** Vista parcial do lodo da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.

Com o objetivo de remover a matéria orgânica dissolvida presente do efluente, o mesmo é conduzido à lagoa de estabilização aerada. Como balanço de nutrientes do processo biológico, ou seja, para adequação da proporção entre DBO: Nitrogênio: Fósforo a empresa adota a criação de suínos como fonte de nitrogênio e fósforo (Figuras 08 e 09).



**Figura 08:** Vista parcial das lagoas de estabilização da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.



**Figura 09:** Vista dos aeradores da lagoa de aeração da Indústria Têxtil objeto do estudo de caso, Içara/ SC.

**Fonte:** Custódio, 2011.

## 5 ANÁLISE DOS DADOS

O desempenho do sistema de tratamento foi analisado através da evolução dos principais parâmetros medidos e de estatística descritiva do processo. Segue na tabela 01 a relação dos valores obtidos para o efluente tratado e o bruto.

**Tabela 01: Relação dos valores para efluente tratado e bruto da Martêxtil.**

Parâmetros	Padrão de Emissão Lei 14.675/09	Efluente Bruto	Efluente Tratado
pH (25°C)	6 a 9	10,95	8,17
Sólidos Sedimentáveis ml/L	1.0	2,00	< 0,1
Cloretos mg/L	---	900	1700
DQO mg/L	---	710	230
DBO 5 dias mg/L	60	280	58
OD mg/L	---		4,2
Detergente mg/L	2.0	4,7	0,30
Temperatura ° C	40	42	29

**Fonte:** Laboratório de Análises e Efluentes, 2011.

Os resultados das análises de pH do efluente bruto (após a homogeneização) revelam que o mesmo manteve-se num intervalo em torno de 10, o que é uma característica comum dos efluentes têxteis. Após o tratamento aplicado ao efluente, o mesmo apresentou pH em torno de 08, adequando-se as exigências da legislação estadual. O predomínio do pH alcalino no efluente homogeneizado deve-se à utilização da barrilha ou carbonato de sódio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  no processo de tingimento.

Com relação à temperatura dos processos de lavanderia, esta se manteve praticamente constante e inferior a 45° C, fato este que não prejudica a tratabilidade do efluente.

A alta temperatura é provocada pelo despejo dos banhos de tingimento que variam de 60 a 135 °C. No efluente final registrou-se 29°C de temperatura, condizente com o valor estabelecido pela legislação ambiental para o lançamento em cursos d'água.

A relação DBO/DQO no efluente bruto é um forte indicativo das condições de biodegradabilidade do efluente da indústria. Entende-se por biodegradabilidade “[...] a capacidade dos despejos de serem estabilizados por processos bioquímicos através de microorganismos” (SPERLING, 1996, p. 81).

Segundo Braile; Cavalcanti (1979), a DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a  $DBO_{5,20}$  para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder oxidante do dicromato de potássio é maior do que resulta mediante a ação de microorganismos, com exceção de raríssimos casos, como alguns hidrocarbonetos aromáticos como a piridina.

Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de  $DBO_{5,20}$ . Como na  $DBO_{5,20}$  mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. É comum aplicar-se tratamentos biológicos para efluentes com relação  $DQO/DBO_{5,20}$  de 3/1, por exemplo. Mas valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento prejudicado pelo efeito tóxico sobre os microrganismos exercido pela fração não biodegradável (CETESB, 2009).

A eficiência do tratamento adotado pela Martêxtil para a DBO, em torno de 80%, reflete os conceitos citados pelos autores, uma vez que essa eficiência seria possível apenas adotando-se tratamento biológico. O efluente da indústria atende ao padrão de emissão para efluentes líquidos.

Em todo o processo de tingimento são utilizados vários produtos a base de sais, o que contribui para a elevada concentração de cloretos no efluente.

Cabe salientar que o processo de tratamento não é eficiente para a remoção de cloreto, que ao invés de reduzir a carga do mesmo aumenta. Havendo necessidade, caso problemas maiores na busca de outras tecnologias como: osmose reversa ou trocadores iônicos. Esses tratamentos seriam aplicados como tratamento terciário.

No entanto, a boa eficiência do tratamento biológico pode ser adotada como indicativo de que a concentração de cloretos do efluente não é prejudicial aos microrganismos presentes no corpo hídrico receptor,

A concentração de oxigênio dissolvido de 4,2 mg/L no efluente tratado indica a boa eficiência do sistema de aeração, que permite que a massa líquida

mantenha-se em condições aeróbias. Valores baixos de OD indicam condições anóxicas e contribui para a geração de odores desagradáveis.

Os valores obtidos para detergentes foram 4,7 mg/L para o efluente bruto e 0,30 mg/L para o efluente tratado. Desta forma o efluente tratado se encontra de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente.

### 5.1 Soluções propostas

O quadro 02 apresenta, de forma resumida, as principais contaminações encontradas e algumas práticas de produção mais limpa capazes de minimizar ou mesmo eliminar estas contaminações.

**Quadro 02: Relação para produção mais limpa no efluente da Martêxtil.**

Contaminante	O que fazer	Como fazer	Porque fazer
Temperatura	Separar os efluentes quentes (EQ) dos efluentes frios (EF)	Conduzir os EQ por canalizações distintas dos EF	Para obter maior rendimento na estação de tratamento de efluentes
	Recuperar o calor dos efluentes quentes	Utilizar trocadores de calor	Recuperar energia, pré-aquecendo à água de caldeira, dos novos banhos de tingimento.
	Resfriar naturalmente o excesso de EQ	Utilizar canaletas abertas superficiais para conduzir os EQ até a ETE	Para permitir a troca de calor com o ambiente
pH e alcalinidade	Corrigir o pH dos banhos de tingimento (alcalino) na ETE	Utilizar os gases de combustão da caldeira	Economia de CO <sup>2</sup> e limpeza das emissões atmosféricas
Cor	Separar os efluentes coloridos dos demais	Utilizar canalizações especiais para despejos coloridos	Reduzir o volume a ser tratado na remoção da cor
DQO	Substituição de produtos	Substituir produtos de alta DQO por similares de menor teor	Eliminar os maiores contaminantes

Fonte: BERTRAME, 2000.

Quanto ao consumo de água, a empresa poderia implantar um projeto de reutilização de água.

Com as medidas apresentadas no Quadro 02 poderia ser minimizada a carga poluidora, contudo, outras medidas poderiam ser adotadas. Neste sentido, a criação de comissões internas com funcionários de cada setor permitiria um detalhamento maior de formas de prevenir, reduzir e reciclar os efluentes a serem gerados.

## 6 CONCLUSÃO

A indústria têxtil é um campo vasto de pesquisa em todos os seus aspectos. Com relação à questão ambiental a caracterização do efluente têxtil permitiu conhecer melhor sua carga contaminante.

De forma geral, o efluente da indústria têxtil pode ser caracterizado como:

- pH e alcalinidade elevados;
- temperatura do efluente bruto alta;
- biodegradável;
- presença de forte coloração no efluente;
- elevada concentração de cloretos do efluente bruto e tratado;
- sólidos sedimentáveis insignificante no efluente tratado;

Os resultados do monitoramento do efluente evidenciam o bom desempenho da estação de tratamento, possibilitando que o efluente tratado atenda as regulamentações legais vigentes.

Estudos de desenvolvimento de corantes com maior absorção nas fibras do tecido poderiam melhorar ainda mais a eficiência dos tratamentos adotados para os efluentes de atividades têxteis, uma vez que a cor é um impacto visual que pode comprometer a imagem da empresa.

Finalmente, ressalta-se que o sistema deve ser adequadamente operado e controlado por profissionais competentes, devidamente treinados e conscientes do compromisso ambiental em preservar os recursos naturais, bem como permitir aos empreendedores obterem ganhos econômicos visando o desenvolvimento sustentável.

Há necessidade da continuidade dos estudos principalmente quanto à otimização do monitoramento do sistema, de forma a gerar dados que possam servir de subsídios indicativos de alternativas para melhorar a eficiência do sistema.

## REFERÊNCIAS

BABUNA, F. G.; SOYHAN, B.; EREMEKTAR, G.; ORHON, D. **Evaluation of Treatability for Twi Textile Mill Effluentes**. Water Science and Technoloy. v. 40, n.1, p. 145-152, 1999.

BERTRAME. **Quadro ilustrativo Programa Produção Mais Limpa**, 2000.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1991.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União: 18/03/2005.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 397, de 07 de abril de 2008**. Diário Oficial da União: 08/04/2008.

CUSTÓDIO, Simone. **Fotografias digitalizadas da indústria Martêxtil Ltda**, 2011.

DAMINELE, Pedro Eduardo. **ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE: EFICIÊNCIA**. UNESC, Criciúma, jun. p94, 2008.

GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. **Corantes têxteis**, Química Nova, v.23 n.1, São Paulo, Jan./Fev, 2000.

HAMESSER, M. E. N. **Tratamento de efluente Têxtil – processo físico-químico com ozônio e floculação em meio granular**. 2000. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

KUNZ, A., PERALTA-ZAMORA, P., MORAES S. G. de e DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química Nova, v.25 n.1, São Paulo, jan./fev. p.78-82, 2002.

MARTINS, G.B.H.(1997) **Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina**. Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 126p.

MORAES, S. G.; PERALTA-ZAMORA, P.; ESPOSITO, E.; DURÁN, N. I **Reunião Nacional de Microbiologia aplicada ao meio ambiente**. Anais... FAPESP. Campinas, Agosto (29 -31) v. 1, p. 121-128, 1996.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 2, p. 151-187.

PAIDÉIA. **O profissional de biologia e os padrões de qualidade do meio ambiente**. Disponível em:  
[http://revistapaideia.unimesvirtual.com.br/index.php?journal=paideia&page=article&op=viewFile&path\[\]=170&path\[\]=135](http://revistapaideia.unimesvirtual.com.br/index.php?journal=paideia&page=article&op=viewFile&path[]=170&path[]=135) Acessado em: 20/05/2011.

RAIZER, E. **Uma nova realidade para a engenharia química**. Revista Profissional. n. 0, v. 1, 1996.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 580 p.

SANIN, L. B. B. A Indústria têxtil e o meio ambiente. **Revista Tecnologia e Meio Ambiente**. Congresso da FLAQT – Caracas, p. 13-34, 1997.

SOBRINHO, J. A. H.; THIEM, L. T.; ALKHATIB, E. A. **Optimizing submerged jet flocculator performance**. Journal AWWA, p. 81-92, 1996.

TECNOTRAT. **Efluentes têxteis**. Disponível em:  
<http://www.quimica.ufpr.br/tecnotrat/textil.htm> Acessado em: 20/05/2011.

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

UFSC. **Aplicação de enzimas na indústria têxtil**. Disponível em:  
[http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_pos2004/textil/efluentes.htm](http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_pos2004/textil/efluentes.htm) Acessado em: 20/05/2011.

UFMT. **Efluentes industriais**. Disponível em:  
[http://www.ufmt.br/esa/Modulo\\_II\\_Efluentes\\_Industriais/Apost\\_EI\\_2004\\_1ABES\\_Mat\\_o\\_Grosso\\_UFMT2.pdf](http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mat_o_Grosso_UFMT2.pdf). Acessado em: 20/05/2011.

VANDEVIVERE, P. C.; BIANCHI, R.; VERSTRAETE, W. **Treatment and reuse of Wastewater from the Textile Wet-Processing Industry: Review of Emerging Technologies.** J. Chem. Technol. Biotechnol. n. 72, p. 286-302, 1998