



CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

TADEU MEDEIROS DE ARAÚJO

ESTUDO DE PROCESSOS E EFLUENTES DE EMPRESAS CIDADE
DE JARDIM DE PIRANHAS-RN

CAMPINA GRANDE-PB

2014

TADEU MEDEIROS DE ARAÚJO

**ESTUDO DE PROCESSOS E EFLUENTES DE EMPRESAS CIDADE
DE JARDIM DE PIRANHAS-RN**

**Monografia apresentada como Trabalho
de Conclusão de Curso (TCC) como
exigência para obtenção do título de
Bacharel em Química Industrial da
Universidade Estadual da Paraíba –
UEPB.**

Orientadora: Profa. M. Sc. Maria de Fátima Nascimento de Sousa

Campina Grande – PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A663e Araújo, Tadeu Medeiros de.

Estudo de processo e efluentes de empresas da cidade de Jardim de Piranhas- RN [manuscrito] / Tadeu Medeiros de Araújo. - 2014.

46 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Profa. Ma. Maria de Fátima Nascimento de Sousa, Departamento de Química".

1. Indústria têxtil. 2. Resíduos sólidos. 3. Poluição ambiental. 3. Produção Mais Limpa. I. Título.

21. ed. CDD 304.28

TADEU MEDEIROS DE ARAÚJO

ESTUDO DE PROCESSO E EFLUENTES DE EMPRESAS TÊXTEIS DA
CIDADE DE JARDIM DE PIRANHAS-RN

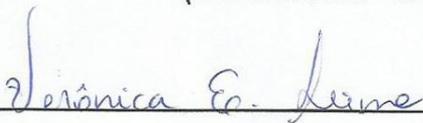
*Monografia apresentada como
Trabalho de Conclusão de Curso
(TCC) como exigência para obtenção
do título de Bacharel em Química
Industrial da Universidade Estadual
da Paraíba – UEPB.*

JULGADO EM: 06 / Dezembro / 2014

BANCA EXAMINADORA



Profa. M. Sc. Maria de Fátima Nascimento de Sousa
(Orientadora –DQ/ UEPB)



Profa. Dra. Verônica Evangelista de Lima
(Examinadora - DQ/ UEPB)



Prof. Dra. Djane de Fátima Oliveira
(Examinadora –DQ/ UEPB)

CAMPINA GRANDE – PB

2014

AGRADECIMENTOS

A todos meus familiares e amigos, pela força, amor, incentivo, e ajuda em toda a trajetória percorrida até aqui, pelo apoio em todas as minhas decisões e em todos os tipos de ajuda em que me proporcionaram.

A Professora Maria de Fátima Nascimento de Sousa pela sua indispensável orientação e paciência nesta jornada.

Ao meu pai Natércio, por todo amor, paciência e dedicação que sempre teve comigo, homem pelo qual tenho maior orgulho de chamar de pai. Meu eterno agradecimento pelos momentos em que estive ao meu lado, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível.

A minha mãe Deuza, por ser tão dedicada e amiga, por ser a pessoa que mais me apoia e acredita na minha capacidade. Meu agradecimento pelas horas em que ficou ao meu lado não me deixando desistir e me mostrando que sou capaz de chegar onde desejo.

Aos meus irmãos, Ana Paula e Mateus, pela companhia, carinho e momentos de descontração vividos a cada dia.

A todos os companheiros de laboratório, no tempo de ensinamentos, aprendizagem e incentivo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Plantação de algodão.....	16
Figura 02 – Fardos de fibras.....	16
Figura 03 – Tecelagem de tipo malha.....	18
Figura 04 – Tear elétrico.....	18
Figura 05 – Alvejamento.....	23
Figura 06 – Efluentes resultantes do tingimento.....	25
Figura 07 – Tingimento.....	26
Figura 08 – Cozinha de corantes.....	27
Figura 09 – Cozinha de auxiliares.....	27
Figura 10 – Estamparia com tela.....	31
Figura 11 – Estamparia rotativa.....	31
Figura 12 – Secagem.....	32
Figura 13 – Etapa de acabamento.....	33
Figura 14 - Despejos provenientes do processo de tecidos de algodão e sintéticos.....	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Volume dos despejos provenientes de uma indústria de tecidos de raiom-viscose, algodão, poliéster-algodão e de poliéster-nylom	36
TABELA 2: Cargas poluidoras dos processos de beneficiamento têxtil.....	37
TABELA 3: Carga das águas residuais das indústrias têxteis	37
TABELA 4: Cargas poluidoras das gomas mais utilizadas	38

RESUMO

Dentre as ações de manufaturismo, a Indústria Têxtil se destaca por ser uma atividade mais antiga exercida pelo homem, além de ser uma das que mais apresenta problemas em relação a geração de resíduos sólidos e sua relação por completa com o meio ambiente. Dentro desse parâmetro a região do Seridó no estado do Rio Grande do Norte se destaca por seu alto quantitativo na produção local, colocando a cidade de Jardim de Piranhas e seus mais de 5000 teares numa posição em evidência; assim, a cidade vem sofrendo com o grande impacto que esse tipo de indústria gera, principalmente ao que se diz respeito às águas do rio Piranhas-Assu. Assim, este trabalho consiste em pesquisar, analisar e sugerir a implantação de ações corretivas nas empresas estudadas. Para desenvolver este trabalho foram realizadas visitas in loco na área do processo utilizado em todas as empresas, sempre com o acompanhamento de um funcionário experiente para dirimir todas as dúvidas. Foi observado que a poluição por resíduos sólidos e efluentes com alta carga poluidora ao meio ambiente necessita urgente de medidas corretivas, pois o principal manancial da região recebe estes efluentes provenientes do processo de fabricação, alvejamento e outras etapas da produção. As medidas que foram sugeridas e podem ser adotadas vem a partir do conhecimento da metodologia da Produção Mais Limpa, principalmente visando os pontos de carência presentes nas empresas, onde a conscientização dos empresários e classe trabalhadora é praticamente unânime.

Palavras-chave: *Indústria Têxtil; Jardim de Piranhas; Produção Mais Limpa*

ABSTRACT

Among the manufacturing industries, the textile industry stands out as one of the more ancient activity exercised by mankind, and is one of the most problematics in relation to the generation of solid waste and their relationship to the environment, in all its aspects. Within this parameter, the Seridó region in the state of Rio Grande do Norte stands out for its enormous quantitative in local production, putting the city of Jardim de Piranhas and its more than 5,000 looms in a high position; thus, the city has suffered from the great impact that this industry generates, especially when it concerns the waters of the Piranhas-Assu River. This work is to research, analyze and suggest the implementation of corrective actions in the companies studied. To develop this work were carried out *on-site* visits in the process' area used in all companies, always in the company of an experienced employee to settle all doubts. It is observed that pollution by solid waste and effluents with high load polluting the environment need urgent corrective measures as the main source in the region receive these waste from the manufacturing process, targeting and other stages of production. The measures that have been suggested and can be adopted comes from the knowledge of the methodology of Cleaner Production, mainly targeting the lack of points present in companies where the conscientization of entrepreneurs and working class is virtually unanimous.

Keywords: *Textile Industry; Jardim de Piranhas; Cleaner Production*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	O processamento Têxtil	14
3.1.1	<i>Fiação</i>	15
3.1.1.1	<u>As fibras</u>	15
3.1.1.2	<u>O processo de fiação</u>	15
3.1.2	<i>Tecelagem</i>	17
3.1.2.1	<u>Tecidos não tecidos</u>	17
3.1.2.2	<u>Tecidos de malha</u>	17
3.1.2.3	<u>Tecidos Planos</u>	18
3.1.2.3.1	Engomagem	19
3.1.3	<i>Beneficiamento</i>	20
3.1.3.1	<u>Pré-tratamento</u>	20
3.1.3.1.1	Desengomagem.....	20
3.1.3.1.2	Mercerização.....	21
3.1.3.1.3	Purga.....	22
3.1.3.1.4	Alvejamento.....	23
3.1.3.2	<u>Tinturaria</u>	25

3.1.3.2.1	Corantes	26
3.1.3.2.2	Pigmentos.....	28
3.1.3.2.3	Processo de tingimento	28
3.1.3.3	<u>Estamparia</u>	29
3.1.3.3.1	Preparação de pasta de estampar	30
3.1.3.3.2	Estampagem	30
3.1.3.3.3	Secagem	32
3.1.3.3.4	Fixação	33
3.1.3.3.5	Tratamentos posteriores	33
3.1.3.4	<u>Acabamento Final</u>	33
3.2	Caracterização do efluente têxtil	34
3.2.1	<i>Parâmetros encontrados em efluentes têxteis</i>	34
4	METODOLOGIA	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1	Proposta de tratamento	42
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A cidade Jardim de Piranhas é localizada no interior do estado do Rio Grande do Norte em torno de 300km da capital Natal. É uma cidade que cresceu nas últimas décadas do impulso que a indústria têxtil proporcionou em todos sentidos dentro da vida dessa cidade e em seus doze mil habitantes.

A indústria têxtil presente na região do Seridó tem como principal objetivo a confecção de redes, “panos de pratos”, “estopas”, toalhas, flanelas, e outras peças para uso doméstico. Mas o ponto principal a ser discutido é que essa forma de indústria está ameaçada para um futuro próximo. Os motivos são pontuados principalmente pela enorme falta de organização do setor, pela falta de informação, e em alguns casos, pela falta de qualidade nos produtos, dentre outros mais críticos no que concerne às questões ambientais.

A indústria têxtil, principalmente após a Revolução Industrial na Europa no século XIX, possui um elevado potencial de geração de resíduos sólidos. As etapas de tecelagem e corte do tecido se destacam como as etapas de maior geração desses resíduos, gerando um quantidade considerável de pêlos e buchas. Visto que existem mais de 5000 teares no município para a produção de artefatos têxteis; a cidade vem sofrendo com o grande impacto da geração desordenada e o despejo em locais inapropriados, principalmente nas águas do rio que margeia a cidade e parte do campo industrial, o rio Piranhas-Assu (Figura 02 e 03).

Com a finalidade de resolver os principais problemas advindos desse segmento, em julho de 2004 uma parceria realizada entre a, hoje extinta, Associação de Indústrias Têxteis de Jardim de Piranhas (ASITEX), o SEBRAE e a empresa Qualital Consultoria & Treinamento Ltda; buscou alternativas para a minimização desses problemas, a partir da qualificação dos principais operários nas empresas a partir de cursos profissionalizantes e a utilização da ferramenta da Produção Mais Limpa.

Produção Mais Limpa (P+L) é a expressão consagrada para designar práticas preventivas. Segundo a Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP em Inglês), P+L é a “aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência global e reduzir os

riscos às pessoas e ao meio ambiente” (UNEP, 2009). Seu conceito é a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

Existe uma grande discussão para a prática da Produção Mais Limpa. Os maiores obstáculos ocorrem em função da resistência à mudança do meio de trabalho; da falta de informação; barreiras econômicas e barreiras técnicas/tecnológicas. Essas barreiras impedem a visualização da diversidade de benefícios do programa, tanto para as empresas como para toda a sociedade.

Segundo a UNIDO/UNEP, as organizações ainda acreditam que sempre necessitariam de novas tecnologias para a implementação do programa de Produção Mais Limpa, quando na realidade, aproximadamente 50% (site da UNIDO) da poluição gerada pelas empresas poderia ser evitada somente com a melhoria em práticas de operação e mudanças simples em processos.

No decorrer do trabalho são apresentados os resultados dos diagnósticos realizados, mediante avaliação processual, bem como, as ações de que podem ser adotadas pelas empresas para reduzir os impactos ao meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Catalogar o processo têxtil aplicado nas principais indústrias têxteis da cidade de Jardim de Piranhas, no Estado do Rio Grande do Norte, analisando seus efluentes e resíduos sólidos para, então, sugerir uma metodologia de Produção mais Limpa a ser .

2.2 Objetivos Específicos

- Observar as etapas de produção;
- Mapear e analisar os diferentes níveis do processo produtivo detalhadamente;
- Analisar, *in loco*, o sistema de trabalho adotado em relação a limpeza, manutenção e tratamento;
- Identificar as principais linhas de intervenção;
- Sugerir ações para implementação de Produção mais Limpa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para identificar as fontes de poluição, propor estratégias de redução da poluição, e desenvolver um sistema de produção mais limpa, é imperativo entender os processos e as características de seus efluentes e do processo de fabricação utilizado.

3.1 O processamento Têxtil

A indústria têxtil é um dos mais significativos consumidores de produtos químicos. Os mesmos são aplicados na fabricação de fibras naturais, sintéticas e como auxiliares no beneficiamento da produção.

O processo têxtil pode ser basicamente resumido em Fiação, Tecelagem e Acabamento. A transformação da fibra natural em tecido quase acabado ou em fios, é essencialmente uma operação mecânica, não gerando efluentes. Os efluentes são formados apenas na engomagem e em outras partes do setor de acabamento.

As fibras chamadas de naturais são de origem animal (seda, lã), vegetal (algodão, juta, linho, sisal, rami) (Figura 01) e mineral (amianto). As fibras sintéticas, por sua vez, dividem-se em polímeros naturais (raion viscose, raion acetato) e polímeros sintéticos (acrílicos, elastano, poliamida, poliéster).

Figura 1: Plantação de Algodão



Fonte: <http://fotosdenatureza.blogspot.com.br/2009/04/algodao.html>

Dos quase 45 milhões de toneladas de fibras consumidas por ano para propósitos têxteis, mais da metade são de algodão (Horstmann, 1995). O Brasil, e principalmente a região Nordeste, se destaca pela alta produção de fios de algodão. Isto deve-se ao fato de ser esta a matéria-prima mais frequente, ter excelente absorção, ser agradável ao uso e possuir preços acessíveis. A fibra de poliéster ocupa o segundo lugar na produção de tecidos, devido principalmente ao custo e facilidade de mistura com outras fibras, a fim de se obter produtos com qualidades específicas (AGUIAR E SCHÖNBERGER, 1995 – a).

Fica desta forma justificada a ênfase dada por este trabalho às fibras de algodão e poliéster.

3.1.1 Fiação

A Fiação pode ser definida como uma sucessão de operações através das quais se transforma uma massa de fibras têxteis inicialmente desordenadas em um conjunto de grande comprimento.

3.1.1.1 As fibras

O algodão é constituído basicamente de celulose, ceras naturais e proteínas. O grande número de hidroxilas da celulose permite uma grande

capacidade de absorver água (cerca de 50% do seu peso) (ALCÂNTARA E DALTIM, 1996).

O poliéster é obtido através da reação do ácido tereftálico com etileno glicol na presença de catalisadores. A policondensação exige um período de 5 a 8 horas sob pressão reduzida em temperatura próxima de 300°C para que o polímero fique suficientemente fluido. Em seguida, o polímero é solidificado por jatos de água fria e cortado em forma de grãos regulares. O polímero é novamente fundido, fiado e solidificado por correntes de ar frio (ALCÂNTARA E DANTIN, 1996; ERHARDT e outros, 1976).

3.1.1.2 O processo de fiação

A partir das fibras, inicia-se o processo de fiação. O algodão é recebido na forma de fardos (Figura 02). Após abertos, seguem para o batedor onde ocorre a limpeza e dessegregação das fibras. No batedor pode haver misturas de fibras, que por apresentarem características diferentes, não se misturam homogeneamente.

Figura 2: Fardos de Fibras



Fonte: Acervo Pessoal

Fibras sintéticas como o poliéster, que são produzidas em forma de filamentos, não necessitariam passar pela fiação, mas para torna-las semelhantes às naturais e melhorar seu aspecto final, são submetidas a corte na saída da extrusora e fiadas normalmente. Durante a fiação, ocorre o atrito das fibras entre si ou com outros materiais, que geram cargas elétricas superficiais.

Estas cargas acarretam a repulsão entre as fibras provocando a expulsão das fibrilas em forma de pó. Estes óleos podem ser óleos minerais com emulsionantes ou óleos vegetais etoxilados (ALCÂNTERA E DALTIM, 1996).

A etoxilação ou a adição de emulsionantes tem a finalidade de tornar estes óleos solúveis em água para facilitar a remoção por lavagem.

As fibra são succionadas, condensadas e apresentadas à carda em forma de manta. Em seguida, as fibras são paralelizadas e ocorre a remoção das fibras curtas.

A manta é então estirada e sai da carda em forma de fitas no sentido do comprimento. Estas fitas podem ser penteadas para eliminar ainda mais as fibras curtas e melhorar a qualidade do fio.

Em seguida, as fitas são juntadas e misturadas no passador e conduzidas à maçarqueira onde sofrem estiramento e redução da massa por metro unitário. Forma-se então o pavio que por sua vez segue para os filatórios onde ainda são estirados e torcidos resultando no fio.

O fio pode ser torcido juntamente com um ou mais fios formando os fios retorcidos. Antes de serem enrolados em cones, os fios recebem a aplicação de óleos de coniclagem, que são óleos solúveis com a finalidade de diminuir o atrito devido à alta velocidade do processo.

3.1.2 Tecelagem

Há três tipos de tecelagem: tecelagem de tecido plano, tecelagem de tecido de malha e de tecidos não tecidos.

3.1.2.1 Tecidos não tecidos

Tecidos não tecidos são têxteis produzidos a partir de mantas fibrosas estendidas, obtidas pela reunião de fibras suspensas no ar ou por ação eletrostática e ligadas pela aplicação de adesivos ou pela utilização de fibras termoplásticas unidas sob calor e pressão. Estes adesivos aplicados na forma de “spray” são polímeros em emulsão como os polímeros de estireno butadieno (ou copolímeros de butadieno-acrilonitrila e policloropropeno ou látex natural) que conferem características de maciez, flexibilidade e elasticidade.

Outra forma de obtenção de não tecido é a adição direta das fibras à emulsão de polímeros, formando uma suspensão que é depositada na forma de filme e secada. Estes produtos tem grande aplicação na produção de fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, produtos hospitalares, e produtos industriais (ALCÂNTARA E DALTIM, 1996).

3.1.2.2 Tecidos de malha

A tecelagem de tecido de malha (Figura 03) consiste no entrelaçamento de fios em forma de laçadas, feitas por um conjunto de agulhas com um só fio que ocorre em forma espiral.

Para facilitar a tricotagem, é frequente proceder a lubrificação ou parafinação dos fios para reduzir o coeficiente de atrito, reduzindo assim as tensões e as quebras nos fios. A parafinação é aplicada em fios de algodão que não receberam a ensimagem antes da fiação, enquanto que fios sintéticos recebem óleos de ensimagem ou lubrificantes.

Figura 3: Tecelagem de Tipo Malha



Fonte: Acervo Pessoal

3.1.2.3 Tecidos Planos

A tecelagem caracteriza-se pelo entrelaçamento de dois sistemas de fios paralelos formando através de ligamentos um ângulo de 90°. O primeiro sistema é composto por fios que entram no tear (Figura 04) no sentido do comprimento do tecido, chamado urdume. O segundo sistema é denominado trama e é

composto por fios que cruzam alternadamente os fios de urdume no sentido da largura do tecido.

Figura 4: Tear Elétrico



Fonte: Acervo Pessoal

Os fios de urdume sofrem atrito e tensão durante a tecelagem devido a velocidade dos teares. A tensão dos fios provoca o rompimento e conseqüentemente, perda de tempo para corrigir o problema e reativar o tear. Portanto, é necessário reforçar estes fios submetendo-os à engomagem antes da tecelagem.

3.1.2.3.1 Engomagem

A engomagem consiste na impregnação e revestimento dos fios de urdume com substâncias adesivas, formando um filme. Sua finalidade é aumentar a resistência mecânica dos fios. A maior adesão entre as fibras torna o fio mais liso, sem fibras projetadas, diminuindo as tensões e atritos sofridos.

De modo geral, a goma deve ter (ALCÂNTERA E DALTIM, 2006):

- Boa fluidez;
- Bom poder de petração;
- Poder de adesão a fibra;
- Poder de coesão;
- Boa capacidade de formação de película;
- Poder lubrificantes sobre os fios engomados;
- Elasticidade e resistência à ruptura;

- Resistência à abrasão;
- Flexibilidade e maleabilidade;
- Razoável higroscopicidade;
- Resistência ao mofo;
- Facilidade de remoção;
- Custo econômico;

O amido de milho, mandioca ou de batata, ainda é o mais utilizado agente engomante, sendo aplicado após serem cozidos em água. Não é o mais indicado pois necessita de agentes auxiliares para melhorar seu desempenho, apresenta problemas na retirada do tecido e aumenta a DBO do efluente, causando poluição. Mas tem o menor custo.

Também são usados o álcool polivinílico, a carboximetilcelulose, o carboximetilamino e poliacrilatos. Existem também os “blends” – misturas de amido com substâncias que aumentam a adesividade da goma e evitam a formação de pó, como os poliacrilatos, e os “blends nobres” – misturas sem amido, solúveis em água e de fácil remoção.

Atualmente, o consumo de gomas à base de álcool polivinílico e poliacrilatos é crescente no Brasil, sendo as mais utilizadas nos Estados Unidos e Alemanha, principalmente pela recuperação da goma na desengomagem por ultrafiltração.

3.1.3 Beneficiamento

É durante o beneficiamento que são gerados os efluentes têxteis, objeto deste trabalho.

O beneficiamento engloba todas as etapas de transformação do tecido quanto à aparência, aumento da resistência, toque, capacidade de absorção de água, etc. estas etapas são: pré-tratamento, tinturaria, estamparia e acabamento final.

3.1.3.1 Pré-tratamento

Entende-se por pré-tratamento ao conjunto das operações que consistem basicamente em eliminar as impurezas naturais ou agregadas do substrato têxtil, preparando-o para os processos químicos que o seguem.

O primeiro destes processos é a chamuscagem que consiste em queimar as fibrilas da superfície do tecido. Não gera efluente.

3.1.3.1.1 Desengomagem

A desengomagem é a primeira etapa do pré-tratamento e visa a remoção da goma, tornando o material mais absorvente.

A etapa de desengomagem depende totalmente da escolha da formulação de engomagem. Se foram usados apenas produtos solúveis em água como a carboximetilcelulose, carboximetilamido, poliacrilatos ou álcool polivinílico, a desengomagem ocorre por simples lavagem do tecido com tensoativos, o que eliminará também gorduras e ceras do algodão e óleos de ensimagem do poliéster. Se a goma utilizada tem base de amido, será eliminada através da degradação por enzimas (amilase) ou por oxidação com peróxidos.

A desengomagem enzimática é muito eficiente mas apresenta um alto grau de poluição, já que o amido apresenta uma alta demanda biológica de oxigênio (DBO). Além disso, requer longo período de repouso, prejudicando a logística da produção e elevando os custos.

A desengomagem oxidativa é a mais utilizada. Ela pode ser realizada por percarbonato de sódio, peroxidissulfato (persulfato) ou peróxido de hidrogênio, sendo este mais recomendado por ser líquido e poder conjugar alvejamento e desengomagem.

Além de reduzir do pré-tratamento, economizando tempo e insumos, a desengomagem oxidativa pode ser usada para gomas solúveis ou não e além disso reduz a relação DQO/DBO do efluente (HICKMAN, 1993).

3.1.3.1.2 Mercerização

A mercerização é um tratamento para artigos de algodão (ou linho) com solução concentrada de soda cáustica, a frio, sob tensão. Sua finalidade é conferir ao tecido ou malha características como:

- Maior brilho, por deixar as fibras mais esticadas aumentando a reflexão da luz;
- Maior estabilidade dimensional;
- Maior resistência à tração, e à ruptura;
- Maior absorção de água;
- Melhor absorção de corantes e do rendimento colorístico, já que a fibra sofre um processo de inchamento, o que facilita a penetração de corantes;
- Toque mais macio, isto é, superfície mais lisa.

A temperatura recomendada para mercerização é de no máximo 18°C, o que implicaria em condições de arrefecimento, dadas as nossas condições climáticas e à liberação de calor que ocorre durante a reação. De acordo com Araújo e Castro (1987), é possível mercerizar à temperatura ambiente com bons resultados, o que torna o arrefecimento desnecessário.

O tempo de impregnação é de 30 segundos a 1 minuto no máximo, em presença de tensoativos para acelerar a penetração na fibra. Neste caso, são usados álcoois etoxilados e sulfatados ou etoxilados e fosforados por suportarem a alta alcalinidade da operação. Estes tensoativos têm um custo elevado, sendo que os etoxilados e sulfatados apresentam melhor desempenho, porém com maior custo. É possível efetuar a impregnação sob vácuo parcial, onde uma bomba de vácuo aspira o ar do tecido imediatamente antes da introdução do tecido no banho de mercerização, reduzindo substancialmente a quantidade de umectante, mas via de regra, este procedimento pe pouco usado (ALCÂNTARA E DALTIM, 1996; ARAÚJO E CASTRO, 1987).

A fibra mercerizada requer menos corante para uma mesma intensidade de coloração do que a fibra não mercerizada. Para tingimento com cores claras, o consumo de corante é 10 a 15% menos e para cores escuras este consumo é reduzido em 25 a 30% (ALCÂNTARA E DALTIM, 1996).

A tensão deve ser exercida não apenas na impregnação, mas especialmente na fase de estabilização – primeira fase de lavagem – onde ocorrem as principais modificações estruturais. Isto é realizado em alta temperatura, sendo que o tecido só deve passar para os enxaguamentos seguintes quando a concentração de soda cáustica for inferior a 60 g/L.

Devido a afinidade da soda cáustica com celulose, não é possível eliminá-la totalmente apenas por exágues. Se houver necessidade de que o tecido esteja

neutro para a operação seguinte, deverá ocorrer a neutralização, normalmente com ácido acético, seguida de um enxágue para retirar o excesso de ácido.

Dentro do pré-tratamento, amerçerização pode ocorrer antes ou depois das demais operações, mas é entre a desengomagem e a purga que verifica-se as maiores vantagens como: encolhimento mínimo e aproveitamento do banho de estabilização para a purga, evitando a série de enxágues e neutralização final.

A merçerização refere-se essencialmente aos tecidos 100% algodão. Embora o poliéster suporte a merçerização, no caso de misturas de algodão-poliéster, é conveniente reduzir a severidade do tratamento (concentração de soda cáustica e temperatura) na fase de estabilização (ARAÚJO E CASTRO, 1987)./

3.1.3.1.3 Purga

A fibra de algodão é em média constituída por 90% de celulose e 10% de impurezas. Entre estas impurezas estão gorduras, ceras, pectinas e sair minerais, que concedem à fibra um caráter hidrófobo e impedem as operações de beneficiamento (ARAÚJO E CASTRO, 1987).

A purga é um processo de lavagem do fio, tecido ou malha com a finalidade de retirar da superfície das fibras ceras naturais, óleos lubrificantes ou agentes de pós enceragem que possam prejudicar a uniformidade de umectação do tecido nas etapas seguintes. Considerando que nos processos de tingimento e estamparia as fibras interagem com a solução de corante, o material fibroso deve ser limpo para assegurar a livre penetração dos corantes. Assim, a higroscopicidade é essencial.

O processo consiste num tratamento com solução de hidróxido de sódio de 10 a 50 g/L, em presença de detergente com bom poder dispersante. O enxágue deve ser efetuado com água fervente para assegurar uma boa eliminação das ceras emulsionadas sem haver coagulação.

Caso o tecido não tenha sido desengomado, a purga permite eliminar parte dos produtos de engomagem amiláceos, o que é suficiente para certos fins.

3.1.3.1.4 Alvejamento

Figura 5: Alvejamento



Fonte: Acervo Pessoal

O alvejamento (Figura 05) é especialmente indicado nos casos em que o tecido acabado é branco ou tinto com cores claras e tem a finalidade de eliminar o corante natural que se encontra sobre as fibras, bem como restos de cascas. Estes corantes naturais não apresentam solidez à luz, sendo eliminados por via oxidativa.

No alvejamento são utilizados agentes oxidantes como o hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e clorito de sódio. Uma outra forma de alvejamento pode ser obtida através da adição de produtos ao algodão, sem a eliminação do corante natural, que é o branqueamento ótico.

A escolha do alvejante depende do tipo de fibra e do equipamento utilizado. Também devem ser considerados a utilização de produtos auxiliares, sendo fundamental a adição de produtos sequestrantes de ferro e magnésio, a fim de impedir que ocorram oxidações localizadas (catalisadas por estes metais) que ocasionem manchas ou furos no tecido. Para isso, são utilizados compostos como acrilados, EDTA, ácido cítrico ou ácido oxálico e seus derivados que também evitam a redeposição de tensoativos ou corantes.

No branqueamento com hipoclorito utilizam-se soluções de 1 – 3 g/L de cloro ativo e, pH de 9 – 10 por 1 hora à temperatura ambiente. Segue-se um enxágue, neutralização com ácido (normalmente ácido clorídrico, novo enxágue e um tratamento anticloro com um redutor como o bissulfito de sódio ou um oxidante como o peróxido de hidrogênio, o que equivale a um segundo

branqueamento. Este tratamento é necessário para evitar a formação de cloraminas, que degrada a celulose (ARAÚJO E CASTRO, 1987).

Por degradar apreciavelmente a celulose, a utilização do hipoclorito tem sido diminuída em favor do peróxido de hidrogênio (Hickman, 1993). Sua utilização tem sido bastante reduzida e até eliminada na Alemanha (Hickman, 1993). Sua utilização tem sido bastante reduzida e até eliminada na Alemanha (Hickman, 1993; Aguiar e Schönberger –a) em função da formação de halógenos orgânicos adsorvíveis (AOX) no efluente. No Brasil ainda é bastante usado (AGUIAR E SCHÖNBERGER, 1995 – A).

As soluções de peróxidos de hidrogênio são comercializadas a uma concentração de 130 volumes, o que corresponde a cerca de 35% em massa. A estabilidade das soluções é limitada, e tanto menos quanto maior for a alcalinidade. Para aumentar a estabilidade, adiciona-se um estabilizador como o silicato de sódio, podendo-se acrescentar um estabilizador orgânico (tensoativo) que potencializa a ação do silicato, e fosfato trissódico (ARAÚJO E CASTRO, 1987).

A utilização de peróxido fornece um teor desprezível no nível de AOX (HICKMAN, 1993).

O clorito de sódio é uma agente eficaz de alvejamento da celulose, provocando apenas uma pequena degradação da fibra. Além disso é o branqueador por excelência das fibras sintéticas, o que o torna especialmente indicado para as misturas de fibras.

O branqueamento é feito com 10 g/l de clorito de sódio, a pH em torno de 4, por 1 hora a 90°C (ARAÚJO E CASTRO, 1987).

Como inconveniente apresenta a liberação de dióxido de cloro que é um gás tóxico, muito corrosivo, o que limita a utilização deste processo.

O branqueamento ótico é também uma técnica aditiva, em que pela presença de substâncias fluorescentes se consegue dar ao tecido um aspecto mais barato.

Os branqueadores óticos são substâncias que podem ser consideradas como corantes, que em lugar de absorver radiações visíveis, absorvem radiações na zona do ultravioleta (de comprimentos de onda menores do que 400 nm) e emitem radiações na zona visível. Quando presentes nas fibras, camuflam o tom amarelado por degradação térmica, solar ou química.

3.1.3.2 Tinturaria

Figura 6: Efluentes resultantes do tingimento



Fonte: Acervo Pessoal

Tingimento (Figura 06 e 07) é o processo de aplicação de corantes aos substratos têxteis, a fim de modificar ou adicionar uma cor aos mesmos. É a etapa mais complexa dentro das operações de beneficiamento por envolver uma grande variedade de corantes e auxiliares de tingimento.

O material a tingir é determinado de todo o processo. Não há corante que tinja todas as fibras existentes, assim como não há fibra que possa ser tingida por todos os corantes conhecidos. A escolha do corante adequado deve então satisfazer as seguintes características:

- Afinidade – o corante deve fazer parte integrante da fibra após o tingimento;
- Igualização – a cor obtida deve ser uniforme em toda a extensão do material têxtil;
- Solidez – resistência aos agentes desencadeadores de desbotamento como a lavagem, suor, água clorada, luz, etc;
- Economia – não ultrapassar as quantidades estritamente necessárias de corantes produtos auxiliares e tempo de realização.

Figura 7: Tingimento



Fonte: Acervo Pessoal

3.1.3.2.1 Corantes

Os corantes (Figura 08 e 09) são, em geral, moléculas pequenas que contêm dois componentes principais: o cromóforo, responsável pela cor e o grupo funcional, que liga o corante à fibra.

Do ponto de vista de tinturaria, os corantes podem ser classificados em:

- Corantes ácidos;
- Corantes básicos;
- Corantes complexo metálico 1:1 e 1:2 para lã;
- Corantes ao cromo;
- Corantes dispersos;
- Corantes diretos ou substantivos;
- Corantes azoicos ou naftóis;
- Corantes à cuba ou à tina;
- Corantes reativos;
- Pigmentos.

Figura 8: Cozinhas de Corantes



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 9: Cozinha de Auxiliares



Fonte: Acervo Pessoal

Os corantes ácidos, ao cromo, complexo metálico e básicos são utilizados no tingimento de fibras proteicas como a lã e a seda, as acrílicas e as poliamídicas.

Corantes dispersos são utilizados em todas as fibras hidrofóbicas, sendo praticamente os únicos utilizados no tingimento de poliéster. Considerados insolúveis em água, apresentam uma ligeira solubilidade, permitindo o tingimento por esgotamento com o auxílio de agentes dispersantes.

Como as fibras de poliéster apresentam um fraco inchamento, para tingi-las são utilizadas máquinas pressurizadas e altas temperaturas (120 – 140°C), ou sob pressão atmosférica com o auxílio de “carriers” – substâncias que permitem o inchamento da fibra. Neste ponto, o corante penetra por capilaridade na fibra permanecendo nela quando esta volta ao normal no resfriamento. Na Alemanha, o uso de “carriers” não é mais usado em tingimentos de poliéster, exceto no caso de mistura de lã-poliéster, sendo utilizado apenas o tingimento a alta temperatura (AGUIAR E SCHÖNBERGER, 1995 – a).

3.1.3.2 Pigmentos

Os pigmentos diferem dos corantes por não apresentarem afinidade física ou química com as fibras. O tingimento com pigmentos deve ser acrescido de ligantes, que são polímeros que aderem os pigmentos às fibras.

Embora possam ser utilizados em qualquer fibra, em tinturaria são utilizados apenas em algodão e mistura com o poliéster. Ainda assim, são pouco utilizados devido a problemas de toque e de solidez à fricção.

3.1.3.2.3 Processo de tingimento

Em geral, o processo de tingimento compreende três fases: montagem, fixação e tratamento final.

A montagem é a fase em que o corante é transferido da solução para a superfície da fibra, podendo ser feita por esgotamento ou impregnação.

No processo de esgotamento o tecido fica longo tempo em contato com o banho de tingimento e a relação de banho é alta – até 1:30, ou seja 30 litros de água por kg de tecido – superficial reduzida por tensoativos, e dependendo da afinidade com a fibra, reage ou se liga a esta de outra forma.

No processo de impregnação, o corante é forçado a entrar em contato com a fibra através de uma força mecânica: o tecido é passado por dois rolos após ter entrado em contato com um banho de corante. Então ele é enrolado e coberto para a complementação da reação (pad – batch). Nesta etapa, uma umectação homogênea do material têxtil é muito importante para se obter um tingimento uniforme porque nos primeiros minutos de tingimento a velocidade de montagem

do corante é muito alta devido à alta concentração do corante no banho e à baixa ocupação dos sítios reativos da molécula da fibra.

A fixação pode ocorrer pela reação entre o corante e o tecido, pela montagem do corante insolúvel na forma solubilizada ou pela alteração da fibra de um estado dilatado para um mais fechado (fixação por impedimento físico).

A última etapa é o tratamento final que consiste numa lavagem a quente com detergentes para retirar o excesso de corantes, seguido pelo enxágue em banhos correntes. Isto evita que o corante que não se fixou à fibra venha a se soltar no momento em que o tecido fique umedecido novamente, que pode ser pelo suor ou pela lavagem, manchando outras roupas no mesmo banho.

O alto grau de adsorção é função de vários fatores como tempo, temperatura, pH e auxiliares químicos. Entre os auxiliares químicos, os tensoativos têm especial importância. Podem vir misturados ao corante na forma líquida para facilitar a dispersão do corante insolúvel, ou serem usados para homogeneizar, apressar a umectação, etc.

3.1.3.3 Estamparia

A estamparia difere do tingimento por produzir no material têxtil cores ou desenhos localizados. É uma das mais exigentes técnicas têxteis e a que mais se aproxima da arte.

Normalmente os motivos estampados repetem-se regularmente em intervalos regulares sendo que cada cor deve ser estampada separadamente. Normalmente são utilizadas de 1 a 6 cores, podendo chegar a 20 em artigos de luxo.

Para estampar um tecido, é necessário antes de tudo ter passado pelo pré-tratamento. Segue-se então as etapas de estamparia:

3.1.3.3.1 Preparação de pasta de estampar

A massa deve ter uma alta viscosidade para que os desenhos não se alastrem. Para isso deve conter um espessante, bem como o corante e uma série de produtos auxiliares necessários à sua fixação.

3.1.3.3.2 Estampagem

A estampagem pode ocorrer por:

a) “Screen printing” ou estamperia com tela

Consiste na aplicação de um padrão ou desenho em um tecido por passagem da pasta através de orifícios de uma tela. Esta superfície perfurada pode ser uma placa de metal ou tecido em que os orifícios são os espaços deixados pelo cruzamento da trama com o urdume do tecido.

As telas são produzidas com fios de monofilamento de nylon ou poliéster para facilitar a lavagem e reter menor quantidade de pasta. Estes tecidos além do baixo custo, proporcionam boa resistência e possibilidade de variar a espessura do fio da tela. Ela deve ser estendida em um bastidor de madeira e algumas áreas em que a pasta não deve ser aplicada são vedadas pela pintura da tela com substâncias que fechem seus orifícios. A pasta de estampar deve ser viscosa e é espalhada sobre a tela com um rodo. A pressão faz com que a pasta passe pela tela através dos orifícios desimpedidos, colorindo o tecido nas regiões desejadas. Como cada tela só pode estampar a área de tecido de determinada cor, são necessárias tantas telas quantas forem as cores definidas no desenho (Figura 10).

Este processo é utilizado principalmente para estampar camisetas, e tem uma dependência muito grande da forma como o operador o realiza, pois estão envolvidas a velocidade da passagem do rolo, inclinação do rolo, pressão exercida, viscosidade da pasta, etc. dificultando a reprodutividade do processo.

Figura 10: Estamperia com Tela



Fonte: Acervo Pessoal

A estamaria com tela ao ser automatizada tinha as telas fixas em suas posições e o tecido corria por tapete de borracha entre cada uma das cores aplicadas. Este processo foi substituído posteriormente pela estamaria rotativa.

b) Estamaria rotativa, “Roller printing” (Figura 11)

Figura 11: Estamaria rotativa



Fonte: Acervo Pessoal

É o processo mais usado para estampar tecidos em grande quantidade, com rapidez e qualidade. Neste caso, a tela é substituída por um cilindro formado por uma folha de cobre microperfurada. O cilindro é gravado como uma tela normal e é fixado na mesa de estamaria sobre o tecido em movimento, proporcionando sua rotação. Também aqui são necessários tantos cilindros quanto as cores utilizadas na estampagem.

No interior o cilindro, em seu eixo, há um tubo perfurado, por onde a pasta de estamaria é bombeada. A pasta é forçada a passar pelos orifícios por um sistema de rodos de pressão fixa ou por um sistema de cilindros metálicos atraídos eletromagneticamente.

Existem muitas variáveis de processo que devem ser ajustadas para se obter uma estampagem com qualidade como a velocidade de estampagem, pressão do rodo de metal, ângulo do rodo, diâmetro do cilindro de metal, diâmetro dos orifícios do cilindro de cobre, viscosidade da pasta, reologia da pasta, tipo de tecido, tipo de formulação da pasta, etc.

Quanto as pastas, suas características reológicas são fundamentais para o bom funcionamento da estamperia. Apresentam um comportamento pseudo-plástico onde sua viscosidade diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. A penetração no tecido é fundamental para que a coloração não aconteça apenas nas fibras superficiais por quanto maior contato da pasta com o tecido, maior resistência da estampa.

Para o processo de estampagem são necessários vários aditivos químicos.

3.1.3.3.3 Secagem

Figura 12: Secagem



Fonte: Acervo Pessoal

Logo após a deposição da pasta sobre o tecido, é necessário a secagem (Figura 12) para evitar o alastramento da pasta. Isto torna possível o armazenamento antes da fixação do corante.

3.1.3.3.4 Fixação

A fixação pode ser feita por calor, vaporização ou por tratamento úmido. Nesta etapa o corante penetra no interior da fibra para então se fixar.

3.1.3.3.5 Tratamentos posteriores

São necessários lavagens para eliminar os produtos utilizados na preparação da pasta e o corante que não se fixou (com exceção aos pigmentos).

3.1.3.4 **Acabamento Final** (Figura 13)

Figura 13: Etapa de Acabamento



Fonte: Acervo Pessoal

A finalidade do acabamento final dos matérias têxteis é conferir-lhes qualidades especiais como o toque, resistência ao uso, impermeabilização, etc. Para obter o resultado esperado são aplicadas resinas insolúveis, ou não, para:

- Aumentar o brilho, tornando a superfície mais lisa tipo “cetim”. Para isso são utilizados ácidos graxos ou ceras;
- Aumentar a resistência ao desgaste e ao esgarçamento – através da aplicação de uma resina polimérica como os acrilatos que não são solúveis e que prendem as fibras unidas;
- Evitar ataque microbológico – utilizando um antibactericida a base de formol;
- Conferir estabilidade dimensional – para fibras sintéticas e lã costuma-se proceder a fixação prévia, que é um tratamento sob pressão a elevadas temperaturas com ar, água ou vapor saturado para proporcionar maior estabilidade dimensional, evitando esgarçamento, melhor resistência ao enrugamento e amarrotamento, menor absorção de umidade e toque mais apropriado;
- Impermeabilização;

- Aplicação de amaciantes – normalmente sais quaternários de amônio, silicones ou polietilenos que carregam as fibras fazendo-as repelirem-se, e ácidos graxos sólidos para darem o toque liso;
- Antiestéticos – para tecidos sintéticos;
- Encorpantes – para dar a aparência de um tecido mais grosso são usados engomantes como amido ou álcool polivinílico;
- Aplicação de anti-mofo – para evitar o apodrecimento do tecido estocado por longo tempo.

3.2 Caracterização do efluente têxtil

O conhecimento da natureza de um efluente é essencial para o desenvolvimento do projeto e da operação de uma planta de tratamento. Além disso, deve estar de acordo com os limites permitidos pela legislação ambiental vigente.

3.2.1 Parâmetros encontrados em efluentes têxteis

Como ficou evidenciado na seção anterior, a extrema diversidade de processos, matérias-primas, produtos auxiliares, técnicas e equipamentos utilizados na indústria têxtil, fazem com que os despejos variem enormemente.

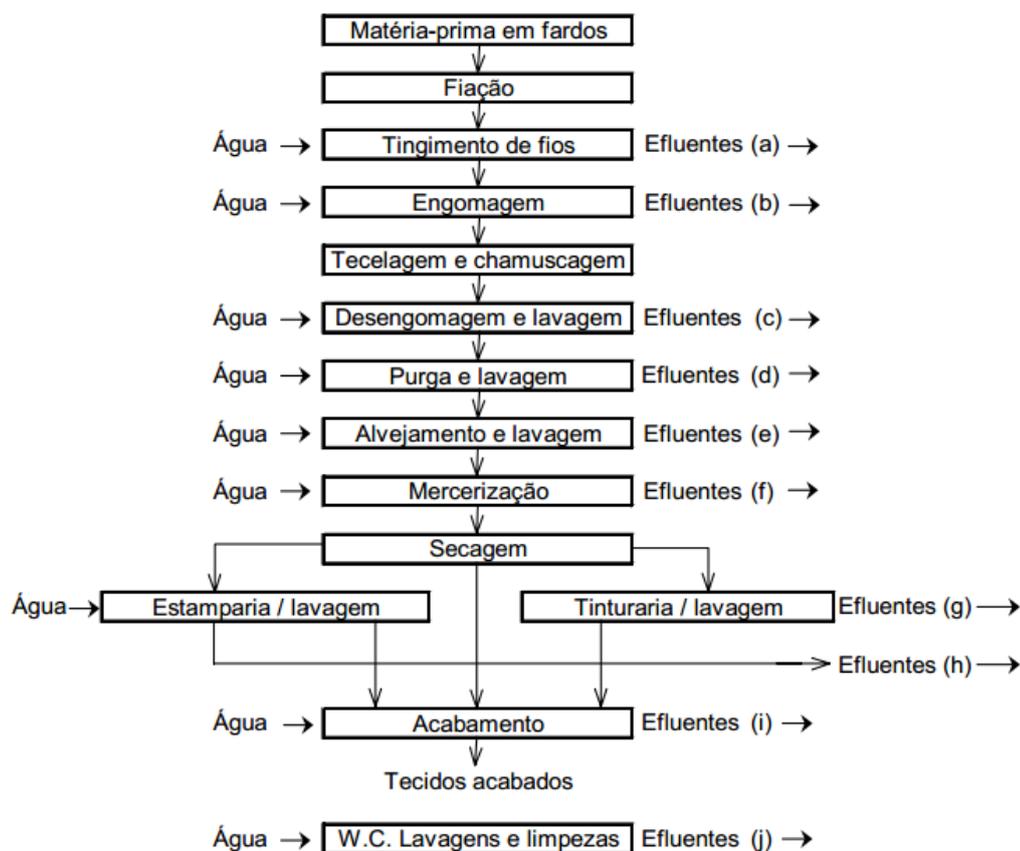
A Figura 17 apresenta um fluxograma do processamento de tecidos de algodão e sintéticos com a caracterização do efluente gerado em cada processo.

Braile e Cavalcanti, 1993, caracterizam os despejos de acordo com o tipo de processamento utilizado para o algodão, e também apresentam que os resíduos provenientes da composição dos despejos das várias seções como sendo predominantemente dos seguintes compostos:

- orgânicos: amido, dextrinas, gomas glucose, graxas, pectina, álcoois, ácido acético, sabões e detergentes;

- inorgânicos: hidróxido de sódio, carbonato, sulfato e cloreto.

Figura 14: Despejos provenientes do processo de tecido de algodão e sintéticos



Fonte: Beltrame, 2000

O volume de despejo é muito grande. De acordo com Braile e Cavalcanti, 1993, para 1000 m de tecido processado por dia podem ser obtidos até 6800 m³ de despejo. A Tabela 1 apresenta o volume de despejo obtido nas diferentes etapas da produção.

TABELA 1 – Volume dos despejos provenientes de uma indústria de tecidos de raiom-viscose, algodão, poliéster-algodão e de poliéster-nylon.

Origem dos despejos	Volume em m ³ /dia
Tingimento de fios	80
Engomagem	4
Desengomagem e lavagem	864
Purga e lavagem	1200
Alvejamento e lavagem	1728
Mercerização e lavagem	1037
Estamparia	549
Tinturaria	37
Lavagem (ensaboadeira)	1350
Vaporização	5

Total	6854
--------------	------

(Fonte: Braile e Cavalcanti, 1993)

Pode-se afirmar que a carga poluidora do efluente têxtil seja basicamente de natureza orgânica. Indústrias que utilizam pigmentos em processos de tingimento e estamparia podem apresentar também carga inorgânica. De acordo com o levantamento da CETESB nas águas da região metropolitana de São Paulo, 2,9% da carga inorgânica dos despejos (considerada como o produto da vazão do despejo pela concentração de metais pesados e dos íons cianeto e fluoreto) e 11,4% da carga orgânica (determinada pelo produto da vazão pela concentração da matéria orgânica expressa em DBO₅ a 20°C) provêm da indústria têxtil. A pesquisa considerou 1250 indústrias prioritárias, das quais 12,8% eram têxteis (NIETO, 1993).

Estudos realizados na Alemanha entre as indústrias têxteis de Baden Württemberg, encontraram como média do efluente DQO de 1700 mg O₂/l e DBO de 550 mg O₂/l (valores três vezes superior ao proveniente de águas residuárias comuns). A principal fonte desta carga contaminante provém do pré-tratamento, mais precisamente das operações de desengomagem e purga (SANIN, 1997).

A Tabela 2 ilustra os diferentes níveis da carga contaminante de alguns processos têxteis de algodão e poliéster.

Durante o pré-tratamento, são eliminadas não apenas as substâncias adicionadas ao algodão nas etapas de tecelagem, como também substâncias inerentes ao próprio algodão.

Para tecidos planos de algodão, por exemplo, cerca de 50% da carga contaminante expressa em DQO é produzida ao se eliminar gomas; 40% são impurezas naturais, eliminadas pelos processos de purga e alvejamento e os restantes 10% provêm dos produtos químicos usados nas diferentes etapas e eliminados com as lavagens (SANIN, 1997).

TABELA 2 – Cargas poluidoras dos processos de beneficiamento têxtil

Fibra	Processo	pH	DBO (mg/L)	ST (mg/L)	Água (L/kg)
Algodão	Engomagem	7,0 – 9,5	620 – 2 500	8 500 – 22 600	0,5 – 7,84
	Desengomagem	-	1 700 – 5 200	16 000 – 32 000	2,5 – 9,17
	Purga	10 – 13,0	680 – 2 900	7 600 – 17 400	2,59 – 14,18
	Limpeza	-	50 – 110	-	19,18 – 42,53
	Alvejamento	8,5 – 9,6	90 – 1 700	2 300 – 14 400	2,5 – 124,26
	Mercerização	5,5 – 9,5	45 – 65	600 – 1 900	232,7 – 308,2
	Tingimento:				
	Anilina preta	-	40 – 55	600 – 1 200	125,1 – 191,8
	Básico	6,0 – 7,5	100 – 200	500 – 800	150,1 – 300,2
	Desenvolvimento da cor	5,0 – 10	75 – 200	2 900 – 8 200	142,2 – 208,5
	Direto	6,5 – 7,6	220 – 600	2 200 – 14 000	14,18 – 53,4
	Índigo	5,0 – 10	90 – 1 700	1 100 – 9 500	5,0 – 50,0
	Naftol	5,0 – 10	15 – 675	4 500 – 10 700	19,2 – 140,1
	Enxofre	8,0 – 10	11 – 1 800	4 200 – 14 100	24,2 – 213,5
À cuba	5,0 – 10	125 – 1 500	1 700 – 7 400	8,34 – 166,8	
Poliéster	Purga	-	500 – 800	-	25 – 40
	Tingimento	-	480 – 27000	-	17 – 30
	Purga final	-	650	-	17 – 30

(Fonte: Peres e Abrahão, 1998 e Braile e Cavalvanti, 1993)

De modo geral, pode-se identificar os principais contaminantes como sendo os agentes de engomagem e os tensoativos, presentes em praticamente todas as etapas do processamento têxtil. Juntos perfazem mais de 75% do potencial poluidor da indústria têxtil, de acordo com a Tabela 3 (Silva Filho, 1994).

TABELA 3 – Carga das águas residuais das indústrias têxteis

Grupo de produto	% sobre a DQO total
Agentes de engomagem	57%
Umectantes e detergentes	18%
Auxiliares de tingimento	7%
Ácidos orgânicos	7%
Preparação da fiação	5%
Redutores	3%
Corantes/branqueadores óticos	1%
Outros	2%

(Fonte: Silva Filho, 1994)

Entre os agentes de engomagem também há uma grande variação da carga poluidora (SANIN, 1997). Isto é evidenciado na Tabela 4, que mostra a carga poluidora – DBO, DQO e biodegradabilidade – de diferentes produtos utilizados na engomagem.

TABELA 4 – Cargas poluidoras das gomas mais utilizadas

Tipo	DQO mg O ₂ /g	Análise em frasco fechado (GF)		
		DBO ₃₀ mg O ₂ /g	% degradação	Biodegradabi- lidade
AMIDO				
Hidroxipropilo	980	930	95	Sim
Carboximetilo	890	670	75	Sim
CMC	900	225	25	Não
POLIACRILATOS	1300	130	10	Não
PVA – viscosidade média e parcial- mente hidrolisado	1700	-	-	-

(Fonte: Sanin, 1997)

Observação: O PVA é autenticamente biodegradável, sempre e quando se disponha de uma adaptação prévia dos microrganismos (SANIN, 1997).

Quanto aos detergentes, os mais usados são os do tipo ABS (alquil benzeno sulfonatos) nos quais as moléculas se caracterizam por ligações químicas do tipo sulfônico, em que o enxofre se acha diretamente ligado a um carbono da cadeia orgânica, altamente resistente à ação química ou biológica. Mesmo os detergentes biodegradáveis apresentam o inconveniente de possuírem fósforo na sua composição, o que favorece o processo de eutrofização (DUZZI, 1991).

Devido a sua não biodegradabilidade ou toxicidade, muitas substâncias utilizadas no processamento têxtil acarretam em altos valores de DQO e problemas em sistemas de tratamento de efluentes biológicos (PERES E ABRANHÃO, 1998).

No pré-tratamento, apesar da elevada carga orgânica, a caracterização é mais simples em função do pequeno número de produtos utilizados. Quanto ao tingimento, a identificação e caracterização dos efluentes é mais complicada devido a diversidade, tanto dos processos de tingimento quanto da química dos corantes.

Os corantes residuais ligados aos auxiliares químicos orgânicos e inorgânicos são responsáveis pela cor, sólidos dissolvidos e valores altos de DQO e DBO nos efluentes. Assim, a caracterização destes efluentes depende também do corante utilizado, da fibra e do método de tingimento.

Lucca Neto, a995, relata que a maioria dos corantes não é considerada tóxica por ingestão. A toxicidade oral é maior que 5000 mg/kg, ou seja, um adulto médio deveria ingerir de 1 a 1,5 kg de corante para que este tivesse efeito letal.

Com raras exceções e em altos níveis de exposição, podem ser tóxicos aos peixes.

Lucca Neto também afirma que a maioria dos não são bioacumulativos em sistemas naturais ou em tecidos dos organismo. Contudo, alguns corantes que entram no corpo humano podem ser metabolizados transformando-se em agentes cancerígenos, de acordo com estudos do Instituto Nacional do Câncer, EPA e ETAD (Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigments Manufacturers). Entre estes corantes estão o Direct Blue 1, Vat Yellow 4, Direct Black 38, Direct Brown 95, Acid Yellow 114 e Direct Blue 15.

Os eletrólitos, ácidos e álcalis usados no tingimento contribuem para os teores de sólidos totais, sendo baixos os níveis de SST e de moderados a altos os níveis de SDT. Isto é bastante evidenciado em tingimentos com corantes reativos, onde são utilizados altas concentrações de sais e pH entre 12 e 12,5.

Os metais pesados podem ser provenientes da própria molécula do corantes, como o cromo no caso de corantes ácidos ou cobre nos corantes diretos, ou serem originários de outros materiais utilizados no processo de tingimento, como o mercúrio presente em vários reagentes químicos ou o cromo proveniente do dicromato de potássio utilizado na oxidação de corantes ao enxofre. Além disso, podem fazer parte constitutiva de produtos como os bronzes metálicos utilizados em estamperia que são derivados de cobre e zinco (Cu e Zn) ou ainda se apresentarem como impurezas do dióxido de titânio (TiO₂) utilizado em pigmentos.

De acordo com Kermer, 1995, os corantes de complexos metálicos são formados por ligações químicas ente o metal e a molécula orgânica do corante. O metal é uma parte indispensável da molécula, pois é ele que determina a fixação da cor. Durante o tingimento, ele penetra no material têxtil, formando ligações estáveis.

Os principais metais pesados ligados a corante são o cobre (Cu), cromo (Cr), cobalto (Co) e níquel (Ni) em quantidades compreendidas entre 2 a 5% (SANIN, 1997).

4 METODOLOGIA

O estudo, em questão, foi realizado em 08 empresas de grande, médio e pequeno porte do município de Jardim de Piranhas, estado do Rio Grande do

Norte, que tem em seus produtos principais o “pano de prato”, redes e cobertores.

Para prosseguir com o estudo foi feito um cronograma a ser seguido. Primeiramente entrar em contato com as empresas escolhidas e pedir a permissão para a realização do estudo, conhecendo todo o processo, desde a matéria prima passando pela geração de resíduos até o produto final e consequentemente a geração de resíduo total.

Foi importante pedir a permissão para ajuda de alguns funcionários, seja de cada setor do processo, e com a preferência de que esses funcionários tenham um bom conhecimento sobre o processo e apresentem cursos de capacitação, como segurança no trabalho e meio ambiente, cursos estes oferecidos junto à parceria já extinta entre a ASSITEX, Associação da Indústria Têxtil de Jardim de Piranhas, e o SEBRAE.

Para o decorrer do trabalho foi importante conhecer o processo, os produtos utilizados, a formação dos resíduos sólidos, manuseio e destinação, tudo através das visitas às empresas e do estudo dos materiais, formulando um diagnóstico de formação, geração e destinação final de resíduos sólidos.

Identificados os problemas em relação as empresas e a sua potencialidade de impactos ao meio ambiente, foi realizado o levantamento de melhora através da aplicação da produção mais limpa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As empresas participantes da pesquisa produzem em suas atividades industriais: “panos de prato”, redes, mantas, tapetes, “estopas” etc. o processo de fabricação destes itens é feito a partir de teares de diferentes marcas e modelos, teares esses que são o principal meio utilizado por muitas indústrias na cidade de Jardim de Piranhas para a fabricação de seu produto. Nas médias e grandes empresas, onde a quantidade de teares é alta, verificamos o acúmulo de uma grande quantidade de resíduos sólidos provenientes destas máquinas, os pelos e buchas deixados de lado contribuem para a sujeira interna e externa à indústria.

Uma regra básica que deve ser seguida é a limpeza e zelo do local de trabalho, que pode ser feita pelo operário do seu próprio tear ou a partir da contratação de uma terceira pessoa ou grupo que ficará responsável apenas pela limpeza do estabelecimento/máquinas. É importante frisar nesse quesito, pois a geração contínua e não controlada desses resíduos pode apresentar como consequência o alastramento do mesmo e dar uma aparência de descaso dos funcionários e proprietários, além de poder comprometer o trabalho final a ser feito.

Uma grande porcentagem das empresas visitadas não apresentam um planejamento preciso que englobe a limpeza desses teares, ou seja, a máquina fica em total responsabilidade de seu operador.

O processo de tecelagem é longo, sendo necessárias várias horas diárias de trabalho para que no final o resíduo, onde sua matéria prima poderia ser reutilizada para outros fins, é desperdiçada de modo aleatório.

Dentro deste contexto foi possível identificar os principais, e mais residuais, problemas encontrados nas empresas estudadas. Uma discussão pôde ser pontuada e sugestões apareceram, como a adição de uma manutenção correta e diária das máquinas dentro da jornada de trabalho das empresas; A redução na geração de pêlos e buchas na tecelagem; A redução do número de horas de máquina parada, na manutenção corretiva; Reutilização e/ou comercialização dos subprodutos pêlo e bucha gerados das etapas de fabricação; A minimização dos impactos causados ao meio ambiente decorrentes do excessivo montante de resíduos sólidos gerados na tecelagem.

Atualmente apenas três das empresas visitadas possuem ETEs (Estação de Tratamento de Efluentes), as demais são dependentes da CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte). Assim, seria

interessante nas grandes empresas a implantação de um sistema de tratamento do resíduo líquido nas ETEs, porém, devido ao alto custo dessa opção nem sempre as empresas se encontram interessadas.

E por fim, dentre as análises feitas nas ETEs, pela companhia de tratamento, como análises de Ferro, Sulfeto, Sulfato, Cobre, Zinco, Sólidos suspensos totais, materiais sedimentáveis, os que mais podemos citar com problema é o elevado pH e as altas temperaturas nas ETEs.

5.1 Proposta de tratamento

A fim de se alcançar os objetivos do estudo: A redução do número de horas de máquina parada, na manutenção corretiva; da geração de pêlos e buchas na tecelagem; Reutilização e/ou comercialização dos subprodutos pêlo e bucha gerados; conseqüentemente, a minimização dos impactos causados ao meio ambiente decorrentes do excessivo montante de resíduos sólidos gerados na tecelagem, foram sugeridos os seguintes itens:

Realização de uma limpeza simplificada nos teares, e de todo o piso (vassouras de pêlo) da área de tecelagem diariamente, ao final do expediente, garantindo um ambiente de trabalho limpo e agradável;

Realização de uma limpeza geral do ambiente de trabalho, aos sábados, bem como a máxima limpeza possível, dos teares, mesmo que com o rolo do urdume sendo tecido;

Realização de uma limpeza detalhada em todo o tear, sempre que se terminar uma barcada;

Controle da lubrificação simplificada dos teares, diariamente;

Realização de uma lubrificação completa em todo o tear, sempre que se terminar a barcada, logo após a limpeza;

Uma solução para a falta das ETE's na grande maioria das empresas seria a reutilização dos banhos decorrentes de cada tingimento, onde poderiam ser reutilizados, como por exemplo, para um tingimento da cor preta, obviamente seria necessário uma análise inicial desse banho para que aja a complementação para um tingimento final perfeito, mas é uma manobra econômica, e apresenta um melhor resultado com o meio ambiente.

O problema com o elevado pH, verificado em todas as análises, origina-se no processo de mercerização, que lança continuamente hidróxido de sódio. A

utilização de um destilador, permitiria concentrar o didróxido, fazendo com que ele retornasse ao processo.

Contudo, muitos banhos de tingimentos possuem pH alcalino. Na ETE, este pH poderia ser corrigido com o CO₂ proveniente dos gases de combustão da caldeira.

A temperatura também está muito acima da máxima permitida e, nestas condições, nenhum tratamento biológico posterior poderia suportar. Atualmente, parte do efluente lançado a alta temperatura pré-aquece a água proveniente do sistema de refrigeração, que será utilizada na tinturaria. Mas, ainda assim, boa parte deste efluente quente é perdida. Esta parte poderia ser utilizada, através de um sistema de troca de calor para pré-aquecer a água da caldeira.

Quanto ao consumo de água, linhas de reciclagem são a medida mais cabível em relação a situação das empresas.

Apenas com estas medidas, já seria possível reduzir grandemente a carga poluidora. Outras medidas ainda poderiam ser tomadas. Neste sentido, a criação de comissões internas com funcionários de cada setor permitiria um detalhamento maior de formas de prevenir, reduzir, reciclar e tratar os resíduos gerados.

Para os resíduos sólidos como pelos e buchas, uma solução seria a aquisição de uma máquina onde reaproveitaríamos tanto na empresa, quanto a partir de resíduos de outras empresas, onde essa máquina iria utilizar esses resíduos para prensa-los e serem utilizados como matéria prima da caldeira, diminuindo assim um custo com material e reciclando o próprio resíduo gerado, mas como a implantação de um tratamento nas ETEs esse sistema seria de grande custo, e os empresários geralmente visam mais o lucro.

Para finalizar, algo que foi citado pelo funcionários e diretores das empresas foi a parceria com já extinta ASSITEX. Esta associação tinha como objetivo reunir, controlar, melhorar e profissionalizar de algum modo as grandes, médias e pequenas empresas voltadas para indústria têxtil dentro da cidade de Jardim de Piranhas. A volta da associação poderia envolver uma maior preocupação com o meio ambiente, bolando meios para menores produções de resíduos sólidos e efluentes. Ponto principal para a parceria da Associação com o SEBRAE, órgão este que direcionava as empresas em se interessarem por cursos profissionalizantes para seus funcionários, com a aplicação de alguns cursos voltados para a preservação do meio ambiente a informação estára

formalmente dentro das paredes das empresas e mudanças as serão mais facilmente adotadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria têxtil é um dos processos mais antigos e importantes da evolução humana sendo um dos campo de pesquisa mais vastos em todos os seus aspectos.

No aspecto ambiental a caracterização do efluente têxtil permite conhecer melhor sua carga contaminante.

De um modo geral, com todos os parâmetros analisados (elevadas temperaturas, elevado pH, presença de metais pesados e resíduos sólidos), pudemos verificar que a redução, ou mesmo a eliminação da carga contaminante poderia ser facilmente obtida através da aplicação de práticas simples de Produção Mais Limpa.

O aspecto mais crítico levantado durante este trabalho está na pouca atenção dedicada aos efluentes industriais de Jardim de Piranhas-RN.

A anos a indústria têxtil é o campo de maior importância dentro da cidade de Jardim de Piranhas, tanto em aspectos econômicos, proletário e, de um certo modo, político. Porém em relação a lugares no mundo e no próprio Brasil, sua produção e tratamento ecológico se encontram, ainda, muito atrasados.

Em uma visita ao sistema de tratamento do “distrito industrial”, constatamos que o efluente recebido da grande maioria das indústrias da região está sendo despejado diretamente no corpo d’água sem ter recebido nenhum tratamento pelo órgão responsável.

Assim, nem as indústrias, nem quem deveria fiscalizar e tratar tomam qualquer ação a respeito.

A falta de informação e, principalmente, acesso a novas tecnologias são alguns dos fatores encontrados. Os aspectos tecnológicos utilizados em concordância com o meio ambiente já é uma realidade nos países industrializados e uma necessidade para aqueles que se encontram em processo de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. I. C.; SCHÖNBERGER, H.(a) Aspectos do tratamento de efluentes líquidos têxteis no Brasil e na Alemanha – uma comparação. *Revista Têxtil*, São Paulo: R. da Silva Haydu e Cia. Ltda, (1), 94-104, 1995.

ALCÂNTARA, M. R.; DALTIM, D. A química do processamento têxtil. *Química Nova*, 1996.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. *Manual de engenharia têxtil*. Lisboa: Gráfica de Coimbra, V. 2, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Procedimento. NBR 9898. Rio de Janeiro: 1987.

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

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. *Manual de tratamento de águas residuárias industriais*. 18. Ed., São Paulo: CETESB, 1993.

CETESB, Guia de coleta e preservação de amostras de água / Coord. Edmundo Garcia Agudo (et al.) São Paulo: CETESB, 1987.

CIBA. Problemas e soluções nos tratamentos de efluentes de tingimentos com corantes reativos. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1998.

CONAMA. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. In: Mota, S. *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos*, ABES, Rio de Janeiro, 1995.

CONCHON, J. A. Indústria têxtil e o meio ambiente. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1995.

DUZZI, L.S. Qualidade de vida e meio ambiente. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1991.

FIESC/IEL. *Ecogoman*. On line. Disponível: www.iel.rct-sc.br/sustenta/ecogoman.htm. Arquivo capturado em 24 de jun de 2013.

GILBERT, M.J.. ISO 14001/BS7750: Sistema de Gerenciamento Ambiental. IMAM, São Paulo, 1995.

GREGOR, K, H. Processing and reuse of dyehouse wastewater. *Melliand Textilberichte*, Frankfurt: Drukerei Schwenk e Co., 1998.

HALLER, M. Tratamento de efluentes. *Textília*, São Paulo: Editora Brasil Textil Ltda, 1993.

HART, E. Reciclagem da água, um programa economicamente viável e tecnicamente inovativo. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, q994.

HEMENWAY, C. & GILDERSLEEVE. ISO 14000 - O que é ? IMAM, 1995.

HESS, Geraldo et alli. Engenharia Econômica. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil, 1992. 21ª Edição. Indústria, 1997.

HICKMAN, W.S. Environmental aspects of textile processing. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, MPG Information Division, 1993.

ISO: banco de dados. Disponível em: <<http://www.iso.ch>> . Acesso em 11 abr 2013.

LAGUNAS, F. G.; LIS, M. J. Tratamento de efluentes na indústria têxtil algodoeira. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1998.

LUCCA NETO, H. Dyecare: diretrizes para o emprego ecologicamente compatível de corantes. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1995.

MARTINS, G. B. H. *Práticas limpas aplicadas às indústrias têxteis de Santa Catarina*. 125p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: DEP/PPGEP, 1997.

MESEGUER, C.; CABEZA, R.; COLL, M.; CRESPI, M. O filtro percolador (biológico) – um tratamento secundário para as águas residuais industriais. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1998.

NEOTEX. Processos de tratamento: Tratamento biológico, In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DE EFLUENTES TÊXTEIS, 1985, São Paulo. Trabalhos técnicos...São Paulo: IPT – Centro Têxtil.

NIETRO, R. A atividade têxtil e a poluição dos rios. *Textília*, São Paulo: Editora Brasil Têxtil Ltda, 1993.

OCAMPO, M. I. A indústria têxtil e o meio ambiente. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1998.

PERES, C. S.; ABRAHÃO, A. J. Características e sistemas de tratamento de águas residuais das indústrias têxteis – uma primeira abordagem. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1998.

SANIN, L. B. B. A indústria têxtil e o meio ambiente. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1997.

SILVA FILHO, M. N. Produtos químicos utilizados na indústria têxtil e a questão ecológica. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1994.

SILVA, H. S. Princípios de tratamento de efluentes líquidos. *Química Têxtil*, São Paulo: ABQCT, 1995.

SOUZA, D.; MAI, D. T. Caracterização físico-química do rejeito do tratamento de efluentes líquidos de indústrias têxteis. *Dynamis*, Blumenau: Editora da Universidade Regional de Blumenau, 1994.

WESLEY, A. *Águas residuales industriales. Teorías, Aplicaciones y Tratamiento*. Madrid: Aldus, AS, 1977.