

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
MEIO AMBIENTE**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA TÊXTIL**

**Rodrigo Flavio Zanasi**

**Belo Horizonte  
2009**

**Rodrigo Flavio Zanasi**

**Avaliação de desempenho de uma estação de  
tratamento de efluentes da indústria têxtil**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador(a): Prof(a). Dr(a) Sônia Denise Ferreira Rocha

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2009

## BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_.

Julgamento: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_.

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_.

Julgamento: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_.

Prof. Dr.: \_\_\_\_\_.

Julgamento: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais pela oportunidade e confiança depositada em mim.

À Maria Fernanda pela admiração, carinho e companherismo.

À Ambientech pelo grande apoio e incentivo.

## **RESUMO**

Neste trabalho foi elaborado um estudo na Estação de Tratamento de Efluentes da Cia. de Fiação e Tecidos Cedro Cachoeira, localizada na cidade de Sete Lagoas/MG no período de janeiro à dez/2008. Foram avaliados os parâmetros de monitoramento, entrada e saída da ETE e comparados com a legislação ambiental em vigor.

Dentre os itens avaliados, destaca-se a eficiência na remoção de DQO, valores da ordem de mais de 90%. Verifica-se que a partir da fixação do parâmetro de lançamento de DQO em 250 mg/L estabelecido pela Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01 de maio de 2008, o atendimento a legislação ambiental ficou prejudicado já que a empresa otimizou o consumo de água em seu processo industrial e seus efluentes possuem alta concentração de carga.

Palavras chave: Indústria Têxtil, DQO, Lodos Ativados e direito ambiental

# SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2.0 OBJETIVOS</b>	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>3.0 REVISÃO DA LITERATURA</b>	13
3.1 O PANORAMA DO SETOR TEXTIL	13
3.1.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL NO CONTEXTO BRASILEIRO	13
3.1.2 A INDÚSTRIA TÊXTIL NO CONTEXTO DO ESTADO	13
3.1.3 O PROCESSO PRODUTIVO	14
3.2 GERAÇÃO DE EFLUENTES	17
3.2.1 TOXICIDADE DO EFLUENTE TÊXTIL	19
3.3 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA TÊXTIL	22
3.3.1 PROCESSOS BIOLÓGICOS	25
<b>4.0 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	34
4.1 CIA. FIAÇÃO E TECIDOS CEDRO CACHOEIRA	35
4.1.1 FÁBRICA GERALDO MAGALHÃES MASCARENHAS	36
4.1.2 PROCESSO PRODUTIVO	37
4.2 CONTROLE AMBIENTAL	39
4.2.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	39
4.2.2 DISPOSIÇÃO FINAL DE LODO BIOLÓGICO	44
4.2.3 IMPLANTAÇÃO DO SGA	46
4.2.4 REUSO DE ÁGUA	46
<b>5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	47
5.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MONITORAMENTO DA ETE	48
5.1.1 ANÁLISE DE DQO	48
5.1.2 ANÁLISE DAS FRAÇÕES DE NITROGÊNIO	49
5.1.3 NITROGÊNIO AMONÍACAL	51
<b>6 CONCLUSÕES</b>	57
6.1 EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	57
6.1 LIMITE DE DQO DO EFLUENTE FINAL	58
<b>7 RECOMENDAÇÕES</b>	61
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	62

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 3.1-</b> A INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA .....	14
<b>FIGURA 3.2</b> – TIPOS DE FIBRAS TÊXTEIS SEGUNDO RIBEIRO (1984).....	15
<b>FIGURA 3.3</b> – PROCESSO ANAERÓBICO .....	31
<b>FIGURA 4.1</b> – UNIDADE INDUSTRIAL EM 1950 .....	36
<b>FIGURA 4.2</b> – FLUXUOGRAMA DO PROCESSO INDUSTRIAL .....	37
<b>FIGURA 4.3</b> - FLUXUOGRAMA DO PROCESSO DE ACABAMENTO .....	38
<b>FIGURA 4.4</b> – CANAL DE ENTRADA – PENEIRA ESTÁTICA AUTO-LIMPANTE .....	39
<b>FIGURA 4.5</b> – TANQUE DE EQUALIZAÇÃO 01 .....	40
<b>FIGURA 4.6</b> – SEGUNDO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO.....	40
<b>FIGURA 4.7</b> – CORREÇÃO DE PH .....	41
<b>FIGURA 4.8</b> - BIOFILTRO .....	41
<b>FIGURA 4.9</b> – TANQUE DE AERAÇÃO .....	42
<b>FIGURA 4.10</b> – DECANTADOR SECUNDÁRIO .....	42
<b>FIGURA 4.11</b> – ASPECTO DO RESÍDUO (BIOSÓLIDO) .....	45
<b>FIGURA 4.12</b> – ASPECTO DE APLICAÇÃO DO BIOSÓLIDO EM SOLO.....	45
<b>FIGURA 5.1</b> – SÉRIE DQO FILTRADA/NÃO FILTRADA .....	48
<b>FIGURA 5.2</b> - NITROGÊNIO AMONÍACAL FILTRADO/NÃO FILTRADO.....	51
<b>FIGURA 5.3</b> – NITRITO FILTRADO/NÃO FILTRADO .....	52
<b>FIGURA 5.4</b> – NITRATO FILTRADO/NÃO FILTRADO.....	53
<b>FIGURA 5.5</b> – NITROGÊNIO TOTAL/NÃO FILTRADO .....	54
<b>FIGURA 5.6</b> – FÓSFORO FILTRADO/NÃO FILTRADO .....	55
<b>FIGURA 5.7</b> - DQO DO EFLUENTE DE SAÍDA – MÉDIA MENSAL .....	57

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 3.1-</b> CARGAS DOS DESPEJOS DO PROCESSAMENTO DE ALGODÃO .....	19
<b>TABELA 3.2</b> – FONTES TÍPICAS DE TOXICIDADE AQUÁTICA.....	20
<b>TABELA 3.3</b> – FONTES TÍPICAS DE METAIS NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	20
<b>TABELA 3.4</b> – METAIS PRESENTES EM CORANTES TÍPICOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL .....	21
<b>TABELA 3.5</b> – MICROORGANISMOS QUE FAZEM PARTE DA FORMAÇÃO DO FLOCO BIOLÓGICO .....	27
<b>TABELA 3.6</b> – MICROORGANISMOS E CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO ..	28
<b>TABELA 3.7</b> – NÚMERO DE FILAMENTOS E AS CARACTERÍSTICAS DO LODO.....	28
<b>TABELA 3.8</b> – ETAPAS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA E AS ESPÉCIES DE BACTÉRIAS.....	30
<b>TABELA 3.9</b> – REAÇÕES DE DEGRADAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS .....	32
<b>TABELA 3.10</b> – PRINCIPAIS VANTAGENS E LIMITAÇÕES DOS PROCESSOS ANAERÓBIOS COMPARADOS COM AERÓBIOS .....	34
<b>TABELA 4.1</b> – RESULTADOS DOS ENSAIOS COM OZONIZAÇÃO/ULTRAFILTRAÇÃO .....	43



## 1.0 INTRODUÇÃO

Todo o planeta Terra experimenta fortes sinais de transição, como se a natureza estivesse açoitando o homem para um novo sentido de vida. E tudo ocorre tão extraordinariamente que as mudanças geram novos paradigmas, determinam novos comportamentos e exigem novos caminhos na gestão de recursos da natureza. No caso da gestão dos recursos hídricos, a escassez, o uso inadequado e a crescente demanda está prenunciando a questão da água como um dos mais graves problemas da humanidade no século XXI, se não for construído um novo modelo de lidar com o meio ambiente, agora, antes que seja tarde (LACERDA, 2004).

As atividades humanas geram alterações no meio, ocasionando desequilíbrios, ou seja, provocam novos equilíbrios, diferentes do que existiam anteriormente, levando a danos à natureza. O resultado destes desequilíbrios, que é uma consequência das atividades humanas, é a poluição ou contaminação do meio ambiente.

A influência do homem sobre os recursos hídricos que o cercam é muito grande. Em regiões densamente povoadas, como é o caso da região central de Minas Gerais, o lançamento contínuo de cargas orgânicas e tóxicas em suas bacias hidrográficas tem provocado a degradação de seus recursos hídricos. Essa degradação apresenta o efeito de impulsionar a captação de água bruta para abastecimento público em regiões cada vez mais distantes, gerando conseqüentemente maiores investimentos para a garantia da universalização do serviço.

Os investimentos em coleta e tratamento de esgotos em países em desenvolvimento, como o Brasil, tem crescido progressivamente. As regiões mais populosas desses países, por todos os problemas de crescimento desordenado, demandam soluções e investimentos em grande escala para o saneamento ambiental.

Neste contexto, o setor têxtil apresenta um especial destaque, devido ao seu grande parque industrial instalado gerar grandes volumes de efluentes, os quais, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental e na saúde humana.

Segundo o Banco Mundial, as indústrias têxteis se encontram entre as principais indústrias causadoras de contaminação. Sua atividade produz líquidos residuais

caracterizados, principalmente por possuir alta alcalinidade, elevados valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), serem altamente coloridos devido à presença de corantes que não se fixam na fibra durante o processo de tingimento e conter abundantes sólidos em suspensão (EOSN, 1973 apud Asselborn; Domitrovic, 2002).

Por outro lado, a consciência ambiental crescente de suas sociedades acarreta uma legislação correspondente mais restritiva e cobranças de ações positivas por parte do Estado.

## **2.0 OBJETIVOS**

### ***2.1 Objetivo geral***

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um panorama geral de uma Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos em uma indústria têxtil localizada na cidade de Sete Lagoas/MG a partir do levantamento iniciado em janeiro/2008.

### ***2.2 Objetivos específicos***

- Realizar o diagnóstico ambiental da empresa;
- Avaliar o sistema de tratamento de efluentes líquidos;
- Avaliar a DQO do efluente lançado no curso d'água e compará-los com a legislação ambiental em vigor.

## **3.0 REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 *Panorama do setor têxtil***

#### **3.1.1 A indústria têxtil no contexto brasileiro**

A indústria têxtil brasileira constitui uma atividade tradicional, tendo sido peça fundamental na estratégia de desenvolvimento da política industrial brasileira, uma vez que foi através dela que o Brasil iniciou o seu processo de industrialização.

As empresas brasileiras do ramo têxtil são, na sua maioria, de pequeno e médio porte, embora 80 a 90% do faturamento e a maior parcela da produção do setor, seja devido à atividades das indústrias de grande porte. O investimento realizado nesses empreendimentos é basicamente de capital nacional, sendo a região sudeste a que concentra a maioria dessas indústrias, seguida das regiões sul e nordeste do país (ABIT, 2007).

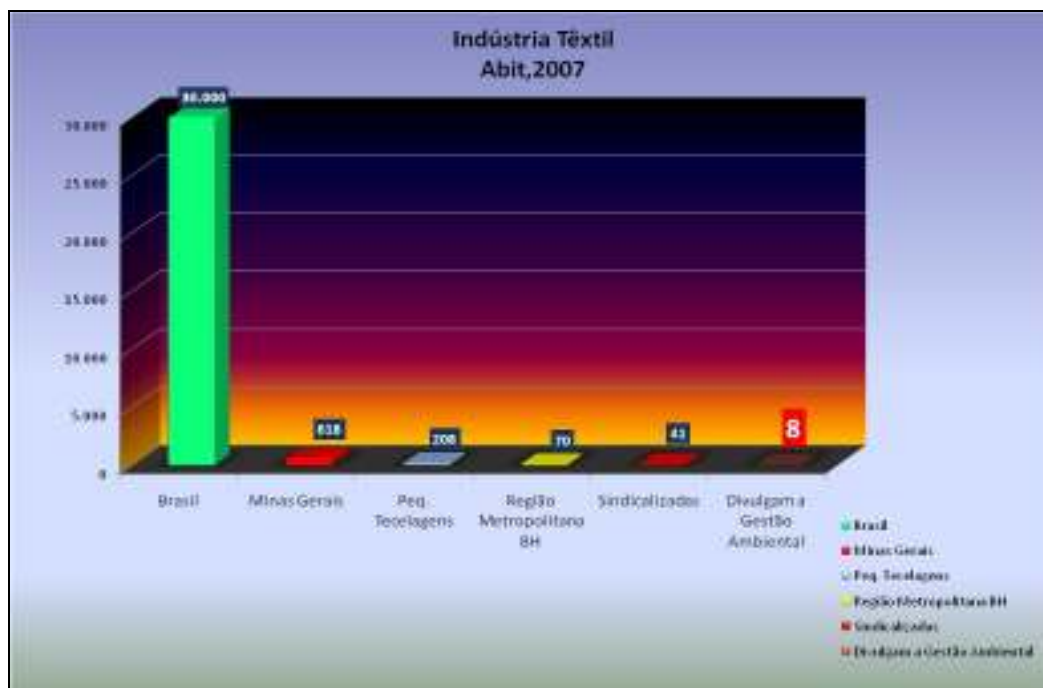
Em se tratando de faturamento, este setor é bastante representativo na composição do PIB – Produto Interno Bruto – brasileiro, tendo alcançado o patamar de cerca de US\$ 43 bilhões em 2008, de acordo com o BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Têxteis - ABIT, a indústria têxtil destaca-se, dentre as indústrias de transformação no país, pela expressiva utilização de mão de obra, tendo sido responsável em 2007, por 2 milhões de empregos nos segmentos de fiação, tecelagem, malharia e nas beneficiadoras. Entretanto, o número de empregos vem caindo nos últimos anos, em função da entrada de produtos chineses no mercado nacional.

#### **3.1.2 A indústria têxtil no contexto do Estado**

Em 2002, o Estado de Minas Gerais possuía 618 empresas têxteis cadastradas na Secretária de Estado da Fazenda. Dentre essas, 208 são pequenas tecelagens e confecções do pólo têxtil de Monte Sião no sul do Estado, sendo 80 empresas de malhas, fábricas de meias e pequenas confecções e tecelagens na zona da mata. A região metropolitana de Belo Horizonte concentra 70 empresas de pequeno porte, especializadas em tecelagem semi artesanal, malharia e decoração. Outras 62 empresas,

também de pequeno porte, estão distribuídas pelo interior do Estado. O grupo restante é formado por 10 algodozeiras e 130 fábricas pertencentes aos principais grupos têxteis do Estado (Leão et al. 2002). A figura 3.1 apresenta um panorama geral do setor têxtil no país.



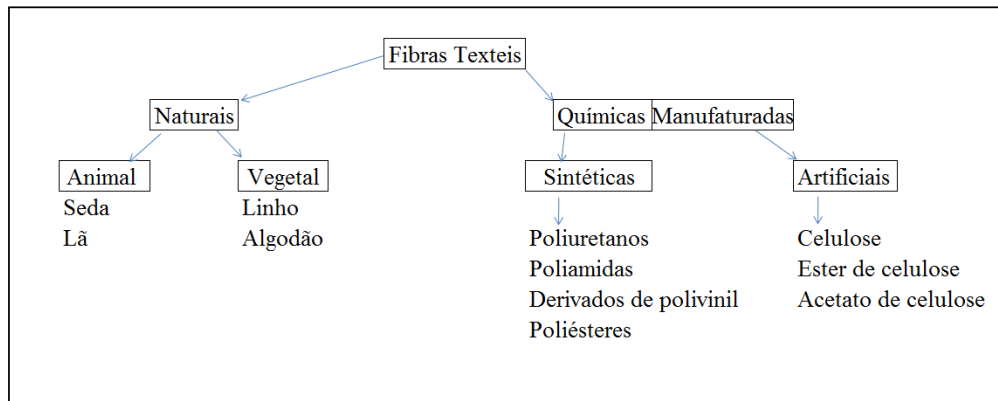
**Figura 3.1-** A indústria têxtil brasileira

Segundo Leão et al. (2002), a indústria têxtil aparece como uma das principais atividades poluidoras entre as indústrias mineiras. Seus efluentes líquidos, que constituem o problema principal, são provenientes basicamente das etapas de limpeza, tingimento e acabamento, caracterizando-se por elevada demanda bioquímica de oxigênio – DBO<sub>5</sub>. Além disso, por apresentarem um número significativo de constituintes não biodegradáveis, esses efluentes possuem valores elevados de demanda química de oxigênio – DQO (Oliveira, 2005). As emissões atmosféricas são provenientes da queima de óleo e/ou lenha nas caldeiras, sendo que, geralmente, não constituem fontes significativas de poluição.

### 3.1.3 Processo Produtivo

O processo produtivo da cadeia têxtil inicia-se com a matéria-prima – fibras, indo para fiação, seguindo para tecelagem plana ou para a malharia e, por último, para o acabamento.

As fibras têxteis podem ser de origem natural (animal ou vegetal) ou manufaturadas, figura 3.2 . Dentre as fibras de origem natural, destacam-se o algodão e a lã, sendo que o algodão aparece como matéria- prima básica, justificável pelas suas características de absorção, aliadas a seu preço acessível. As fibras manufaturadas podem ser produzidas a partir de celulose regenerada (viscose e acetato) ou totalmente sintéticas (poliéster e poliamida).



**Figura 3.2** – Tipos de fibras têxteis segundo Ribeiro (1984).

- **Processo de fiação**

As fibras naturais passam por um processo de limpeza e por uma sequência de operações de estiramento e paralelização visando a formação de fios. As fibras sintéticas e artificiais são fiadas em processos semelhantes aos das naturais. A principal diferença entre os fios naturais e sintéticos diz respeito ao comprimento. Os primeiros possuem o comprimento mais ou menos uniforme e curto e a maioria dos fios sintéticos são formados pelo corte de filamentos contínuos em pequenos fragmentos, usualmente entre 4 e 15 cm.

A capacidade de produção de fios é basicamente determinada pelos filatórios, classificados em três tipos: filatórios de anéis, de rotores e Jet spinner.

- **Tecelagem**

Os tecidos podem ser classificados como planos ou malhas (tubulares ou planas). A diferença entre o tecido plano e malha está na forma do entrelaçamentos dos fios que compõem o tecido. Os tecidos planos são produzidos em equipamentos denominados teares, que possuem duas classificações principais:

Convencionais: possuem lançadeiras que formam a trama do tecido e podem atingir velocidade de 200 batidas por minuto (bpm). Esses teares representavam em 1994, cerca de 81% do maquinário instalado nas tecelagens brasileiras. No entanto, são equipamentos obsoletos e vem sendo gradativamente substituídos por teares mais velozes.

Jato de ar, jato de água, a projétil e pinça: são equipamentos mais velozes, sem lançadeiras. A velocidade dos teares a projétil e pinça chega a 300 bpm, ao passo que nos teares a jato de ar e de água podem alcançar 800 e 1000 bpm, respectivamente.

Na tecelagem de malhas, o tecido é formado pelo entrelaçamento de um ou mais conjunto de fios através de um conjunto de laçadas, nas quais os fios não formam ângulos ortogonais entre si, o que ocorre com os tecidos planos. A tecelagem de malhas pode ser feita por dois processos diferentes:

Trama: utiliza o método de entrelaçamento de malhas na direção da trama (horizontal) com um ou mais fios que alimentam um grande número de agulhas, que podem ficar dispostas em sentido retilíneo ou circular.

Urdimento: utiliza o método de entrelaçamento de malhas no sentido do urdume (sentido vertical), empregando números fios que se entrelaçam lateralmente e podem alimentar uma ou mais agulhas.

- **Acabamento de malhas**

Os processos de acabamento podem ser classificados em beneficiamento a seco e a úmido, podendo ser contínuo ou descontínuos. O acabamento é dividido em três etapas:

Beneficiamento primário: o tecido é preparado para outras etapas sub-sequentes – tingimento ou estamparia. Essa preparação pode envolver merceirização ou alcalinização, purga e alvejamento ou pré-alvejamento;

Beneficiamento secundário: o tecido é tingido ou estampado;

Beneficiamento terciário: compreende uma série de processos que objetivam conferir ao material melhor estabilidade dimensional, melhor toque e características especiais, como, por exemplo, imperamilização à água.

### **3.2 Geração de efluentes**

No que diz respeito à produção e ao número de trabalhadores que ocupa, a indústria têxtil é uma das maiores do mundo, e todas se caracterizam por requerer grandes quantidades de água, corante e produtos químicos utilizados ao longo de uma complexa cadeia produtiva (SANIN, 1997).

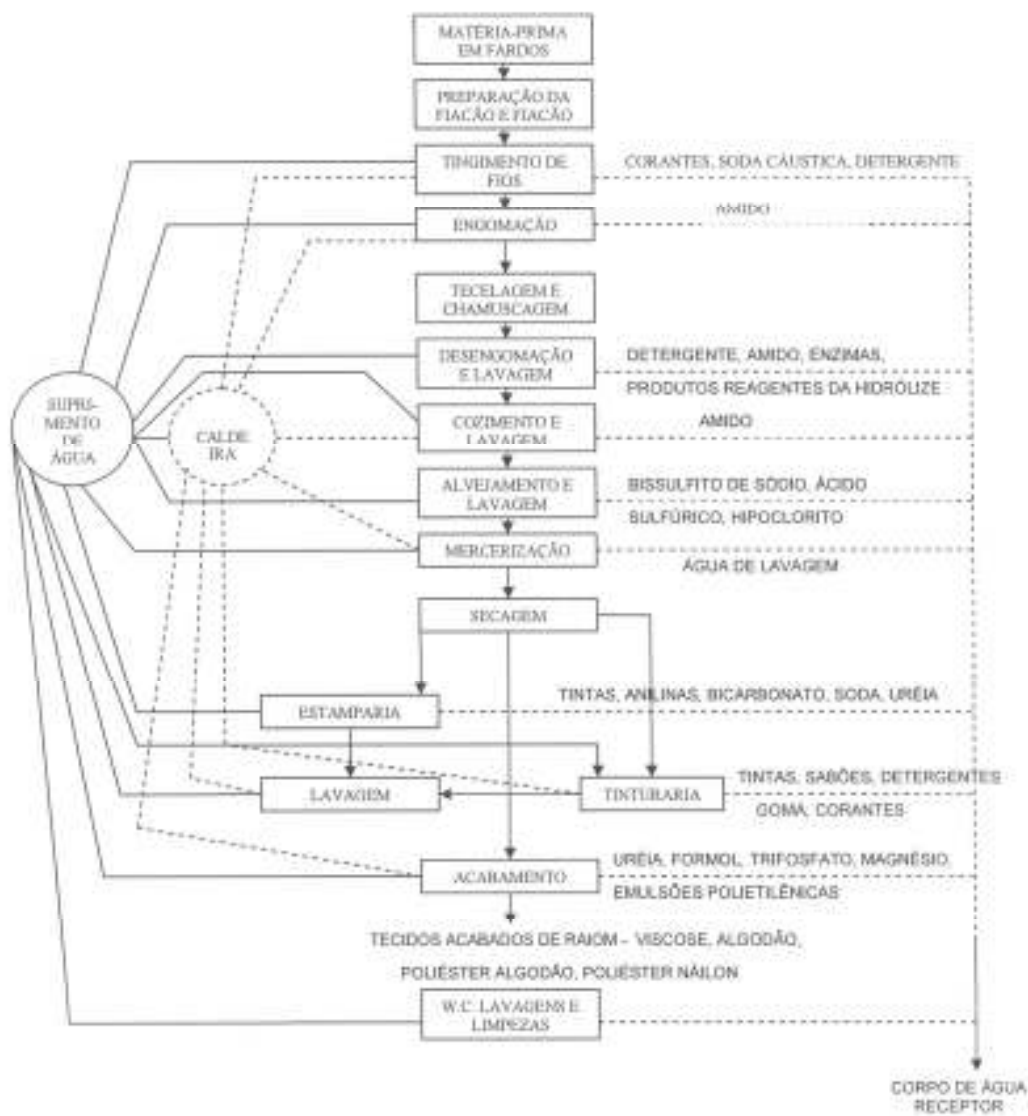
Segundo KIRAN-CILIZ (2003), o consumo de água na indústria têxtil pode variar de 50 a 100 L/kg de tecido acabado. Contudo, bibliografias fazem referência a valores da ordem de 150 L/kg, estimando-se que 88% desse volume seja descartado como efluente e os 12% restantes compõem as perdas por evaporação (TORQUETTI, 1998). Informações fornecidas por profissionais que atuam na indústria têxtil mineira asseguram que, nas empresas do Estado de Minas Gerais, este valor gira em torno de 150 L/Kg de tecido (OLIVEIRA, 2005).

A natureza desses efluentes depende da tecnologia e processos industriais empregados e também dos tipos de fibras e produtos químicos utilizados. O alto consumo de água demandado por essa tipologia industrial advém das operações de lavagem, tingimento e acabamento dos tecidos, bem como de lavagem de pisos e equipamentos.

Os efluentes têxteis são altamente coloridos devido aos corantes que não aderem às fibras nas operações de acabamento, cuja eficiência de fixação varia com a classe do corante utilizado. Temperatura elevada, ambiente alcalino e alta concentração de sais (40 à 100g/L) são condições normalmente utilizadas para otimizar a fixação do corante à fibra (CARLIELL et al., 1998). Entretanto, para algumas classes de corantes utilizados nas operações de tingimento, cerca de 50% dos corantes aplicados são descartados nas águas residuárias (O'NEILL et al., 1999), aumentando a concentração de DQO e COR. Adicionalmente, produtos químicos como amido, álcool polivinílico (PVA), surfactantes, sequestrantes, amaciantes etc., provenientes das outras etapas do processo industrial também contribuem para as variações de DQO e DBO (EPA, 1996).

A figura 3.3 apresenta um diagrama de blocos ilustrando os efluentes gerados no processamento dos tecidos algodão e sintéticos. A tabela 3.1 indica as cargas das várias unidades do processamento de algodão.





**Figura 3.3** – Despejos provenientes do processamento dos tecidos de algodão e sintéticos ( Braile&Cavalcanti, 1993).

**Tabela 3.1 - Cargas dos despejos do processamento do algodão (Braile&Cavalcanti, 1993).**

processo	Despejo			Litros de despejo por quilo processado	Kg de DBO por 100 Kg processado	Kg de sólidos totais por 100 Kg processado	População equivalente por 453 Kg processado
	pH	DBO (mg/l)	Sólidos Totais (mg/l)				
Engomação de fio (*)	7,0 -9,5	620 - 2500	8500- 22600	0,5 - 7,84	0,5 - 0,5	47 - 67	2 a 30
Desengomação	-	1700 - 5200	16000 - 32000	2,5 - 9,17	14,8 - 16,1	66 - 70	90 - 100
Maceração	10 a 13	680 - 2900	7600 - 17400	2,59 - 14,18	1,5 - 17,5	19 - 47	10 - 105
Limpeza	-	50 - 110	-	19,18 - 42,53	1,36 - 3,02	-	8 a 18
Alvejamento (faixa)	8,5 - 9,6	90 - 1700	2300 - 14400	2,50 - 124,26	5,0 - 14,8	38 - 290	30 - 90
Mercerização	5,5 - 9,5	45 - 65	600 - 1900	232,7 - 308,2	10,5 - 13,5	185 - 450	60 - 80
<i>Tingimento:</i>							
Anilina Preta	-	40 - 55	600 - 1200	125,1 - 191,8	5 a 10	100 - 200	40 - 60
Básico	6 - 7,5	100 - 200	500 - 800	150,1 - 300,2	15 a 50	150 - 250	100 - 400
Desenvolvimento de cor	5 a 10	75 - 200	2900 - 8200	142,2 - 208,5	15 a 20	325 - 650	90 - 120
Direto	6,5 - 7,6	220 - 600	2200 - 14000	14,18 - 53,4	1,3 - 11,7	25 - 250	25 - 75
índigo	5 a 10	90 - 1700	1100 - 9500	5,0 - 50,0	1,8 - 9,5	21 - 63	10 a 60
Naftol	5 a 10	15 - 675	4500 - 10700	19,2 - 140,1	2 a 15	200 - 650	13 - 80
Enxofre	8 a 10	11 - 1800	4200 - 14100	24,2 - 213,5	2 a 250	300 - 1200	14 - 1500
A cuba	5 a 10	125 - 1500	1700 - 7400	8,34 - 166,8	12 a 30	150 - 250	75 - 175

\* Despejo de Indústria com tecelagem

Entre os grandes consumidores industriais de água, o setor têxtil está entre os principais candidatos ao desenvolvimento de tecnologias e estratégias para a recuperação e reciclagem de água.

### 3.2.1 Toxicidade do efluente têxtil

O grau de toxicidade dos efluentes têxteis varia, consideravelmente, em função das instalações e processos. Essa toxicidade pode apresentar-se alta ou até mesmo nula, dependendo dos insumos utilizados. Apesar da falta de conhecimento quanto à exata composição ou toxicidade de muitos corantes e auxiliares químicos utilizados na indústria têxtil, grupos genéricos de agentes químicos contribuem para o problema. Dentre esses agentes destacam-se: corantes, sais, agentes tensoativos, metais, orgânicos tóxicos, biocidas e ânions tóxicos. A tabela 3.2 exemplifica alguns produtos químicos presentes na composição desses agentes e que podem causar toxicidade aquática.

**Tabela 3.2** – Fontes típicas de toxicidade aquática ( RIBEIRO, 1984).

Agente	Produto Químico	Fonte típica
Sais	NaCl, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Tingimento
Surfactantes	Etoxilato de fenol	Diversas
Metais	Cobre, zinco, etc	Corantes
Orgânicos	Solventes clorados	Purga, limpeza de equipamentos
Biocidas	Pentaclorofenol	Contaminantes aplicados em fibras de lã e algodão
Ânios tóxicos	Sulfeto	Tingimento sulfuroso

As possíveis fontes de geração de metais na indústria têxtil são:

- Fibras de tecido;
- Água de processo;
- Corantes;
- Corrosão de canalizações e encanamentos;
- Impurezas nos produtos químicos.

A tabela 3.3 relaciona as possíveis fontes de geração de metais na indústria têxtil.

**Tabela 3.3** – Fontes típicas de metais na indústria têxtil (EPA, 1996).

Metais	Fontes típicas
Arsênio	Fibras, água de processo
Cádmio	Impureza em sais
Cromo	Corantes, laboratório
Cobalto	Corantes
Cobre Chumbo	Corantes, fibras, águas de processo
Manganês	Corantes
Mercúrio	Sais
Níquel	Corantes, sais
Prata	Operações fotográficas
Estanho	Produtos químicos
Titânio	Fibras
Zinco	Corantes, produtos químicos, águas de processo

Na indústria têxtil diversos sais são utilizados como matéria-prima ou produzidos durante o processo industrial como subprodutos de neutralização ou outras reações. A alta salinidade dos efluentes tem sido considerada um problema futuro significativo (EPA, 1996).

Alguns corantes como disperso e a cuba não contém metal pesado. Outros, entretanto, possuem em sua composição metais tóxicos, como o cobre. A presença desses metais nos efluentes têxteis é de extrema importância sob o ponto de vista ambiental, devido à sua toxicidade à flora e fauna aquáticas. Duas razões justificam a existência à flora e fauna aquáticas. Duas razões justificam a existência dos metais pesados nos corantes: atuam como catalisadores durante a sua manufatura ou consistem parte integrante da molécula (EPA, 1996).

Na tabela 3.4 estão indicados alguns metais presentes em corantes típicos da indústria têxtil.

**Tabela 3.4** – Metais presentes em corantes típicos da industria têxtil (LEÃO et. al, 1998).

Metal presente na molécula do corante	Classe de corantes
Cobre	Azóico, Direto, Reativo, Ácido
Níquel	Reativo
Cromo	Ácido, Mordante
Cobalto	Azóico, Ácido, Cuba

Existem mais de 10.000 diferentes corantes disponíveis para o tingimento e estampagem de artigos têxteis. A ETAD (Ecological and Toxicological Association of the Dyestuff Manufacturing Industry) testou mais de 4.000 corantes quanto à sua toxicidade aguda e concluiu que aproximadamente 90% não são tóxicos. Cerca de 1% dos corantes testados foram classificados como tóxicos, enquanto os 9% restantes se situam entre as duas categorias.

Os agentes tensoativos e compostos relacionados como detergentes, emulsificantes e dispersantes são utilizados em quase todos os processos têxteis e podem constituir importantes contribuidores da toxicidade dos efluentes. Normalmente ocorrem em concentrações de 50 mg/L – 200 mg/L nos efluentes têxteis (LITTLE, 1995). A maioria dos agentes tensoativos utilizados na industria têxtil é de natureza não iônica.

Entre os surfactantes não iônicos mais comuns, usados nos processos de purga/lavagem, podem ser citados os etoxilatos de alquifenol (APEO). Esses produtos são persistentes, tóxicos e potencialmente biocumulativos. Os subprodutos de degradação dos APEOs são significativamente mais tóxicos e persistentes que os próprios APEOs. Um dos mais utilizados é o etoxilato de nonilfenol, que é tóxico a peixes em concentrações em torno

de 5 mg/L. A concentração normalmente encontrada nos efluentes é muitas vezes superior a esse valor (LITTLE, 1995). Portanto, uma alternativa de redução dessa concentração tóxica é a substituição dos APEOs pelos etoxilatos de alcoóis graxos.

Além dos corantes e detergentes, outros compostos orgânicos conferem toxicidade aos efluentes. Como exemplos tem-se: acetona, clorofórmio, ciclohexano, cicloheptano, etil-benzeno, cloreto de metileno, percloroetileno, triclorobenzeno, xileno, etc.

Outras fontes de toxicidade dos efluentes têxteis são os agentes sequestrantes, como o EDTA, que formam complexos estáveis com os metais pesados. Esses complexos podem passar incólumes pelas unidades de tratamento e uma vez nos corpos receptores serem decompostos, liberando os metais no meio ambiente (LITTLE, 1995).

Dentre os ânions tóxicos destacam-se os sulfetos e cianetos. Os primeiros são provenientes dos corantes à base de enxofre. Além de sua toxicidade, os sulfetos causam maus odores e dificultam o tratamento biológico dos efluentes (LITTLE, 1995). Os cianetos alcalinos simples, quando dissolvidos na água, formam íons (íon cianeto) que são muito tóxicos.

### **3.3 Tecnologias empregadas no tratamento de água na indústria têxtil**

Os efluentes têxteis caracterizam-se tanto pelo grande volume gerado quanto pela alta DQO e baixa biodegradabilidade devida ao uso intenso de água e de diversas substâncias químicas orgânicas e inorgânicas.

Geralmente, a redução da carga poluidora deste tipo de efluente, aos níveis permitidos pela legislação ambiental para descarte em corpos d'água, exige a implementação de sistemas de tratamento de efluentes integrados (biológico/químico) que apresentam alto custo de instalação e operação. O sistema de tratamento biológico mais comumente utilizado no setor têxtil é o de lodos ativados, já o químico é por coagulação química (OLIVEIRA, 2005).

Para lidar com os problemas associados aos efluentes têxteis, diversos estudos têm sido dirigidos para o tratamento destes efluentes, seja no ponto de geração ou no efluente final (*end-of-pipe*).

LIN & CHEN (1997) investigaram a possibilidade de reuso de efluente proveniente de uma planta de tratamento secundário, de uma grande indústria de tingimento e acabamento de tecidos, situada no norte de Taiwan. Os autores reportaram que o sistema de tratamento realizado, em escala de bancada, consistiu de três etapas:

- Oxidação química com Reagente de Fenton – ao mesmo tempo coagula e oxida os poluentes removendo cor, turbidez e DQO;
- Coagulação química – coagula o material suspenso, promovendo a remoção de cor, ferro, turbidez e DQO;
- Troca iônica – retém substâncias iônicas e promove a remoção adicional de DQO e ferro e redução de dureza total, condutividade, alcalinidade, Sólidos Suspensos e Sólidos Totais.

Os resultados experimentais indicaram que o método de tratamento químico combinado é muito efetivo e capaz de elevar a qualidade de água do efluente ao padrão de reuso da indústria cujos efluentes foram estudados.

Os autores ainda chamam atenção para o fato de que diante do declínio do suprimento de água e crescente demanda pelo setor têxtil, a melhor alternativa é elevar a qualidade de água do efluente da estação de tratamento secundário a um padrão mais alto que permita o seu reuso.

SCHOEBERL et AL. (2004) desenvolveram estratégias para reciclagem de água e recuperação de produtos químicos em uma companhia têxtil de acabamento. Um estudo abrangente do consumo de recursos da companhia e um perfil de emissão foram executados. Com base nisso, opções de reciclagem integrada e tratamentos do tipo fim-de-tubo (*end-of-pipe*) foram examinados de forma detalhada.

Quando o fluxo de efluentes misturados foi tratado por meio de uma combinação de um bioreator com membranas e subsequente nanofiltração, o efluente alcançou todos os requisitos para reuso, porém a um custo muito elevado.

Como uma alternativa mais simples e barata, foi proposto o tratamento, por ultrafiltração, apenas do efluente de lavagem dos tecidos. Baseado nos resultados obtidos nos experimentos de ultrafiltração foi proposto um processo conceito de

reciclagem integrada de água. Por meio da sua implementação, segundo os autores, o consumo de água pode ser abatido em 87,5% dentro do processo de lavagem. Além disso, a emissão total de DQO pode ser reduzida em 80% e como os agentes de lavagem são parcialmente reciclados, o consumo no processo de lavagem pode ser reduzido em 20%.

MENEZES et al. (2005) avaliaram diferentes alternativas (coagulação/floculação, adsorção/coagulação/floculação e Reação de Fenton) para tratamento de efluentes gerados em uma lavanderia industrial. Segundo os autores, o tratamento do efluente pelo processo de coagulação/floculação remove eficientemente sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos e DQO, porém não consegue reduzir de forma eficiente a carga de surfactantes, permanecendo um residual acima do limite de descarte determinado pelo órgão ambiental.

O efluente tratado pelo processo de adsorção/floculação atende a todos os parâmetros estabelecidos pela legislação, inclusive surfactantes. Além disso, o efluente não apresentou toxicidade aguda e/ou crônica para microcrustáceos e peixes testados.

O processo de tratamento por Reação de Fenton apresentou bom desempenho na remoção de cor, carga orgânica, sólidos suspensos e surfactantes. No entanto, concentrações residuais dos agentes oxidantes no efluente são tóxicas para os organismos, de forma que seu descarte em corpo hídrico não é recomendado.

BES-PIÁ et AL. (2002) avaliaram, em escala de bancada, o tratamento de efluentes de uma indústria têxtil para seu posterior reuso, por meio da associação de processos físico-químicos (coagulação / floculação) à tecnologia de membranas (ultrafiltração e nanofiltração). Os resultados mostraram que a qualidade da água tratada apenas pelo processo físico-químico não é boa o suficiente para que esta possa ser reutilizada na fábrica (apesar da remoção de cerca de 50% de DQO).

Nenhuma das membranas testadas no processo de ultrafiltração foi capaz de promover redução significativa do efluente físico-quimicamente tratado. Porém, o permeato da membrana de nanofiltração pode ser utilizado par reuso devido à sua baixa DQO e condutividade.

Apesar da tecnologia de membranas estar sendo amplamente estudada para o reaproveitamento de efluentes em diversos seguimentos industriais, o seu emprego no setor têxtil brasileiro ainda é tímido, devido ao seu alto custo de implantação e manutenção, uma vez que as membranas e equipamentos utilizados são, em grande parte, importados de outros países.

### **3.3.1 Processos biológicos**

Os processos de oxidação biológica utilizam-se dos microorganismos para degradar o material orgânico presente nos efluentes. A estabilização dos compostos orgânicos é feita em reatores, mediante condições controladas de operação (SOARES, 2000).

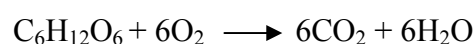
Os organismos presentes nos processos biológica de tratamento atuam, em geral, formando uma verdadeira cadeia alimentar com interações nutricionais facultativas e obrigatórias. Essas interações advém da necessidade dos microorganismos em extrair fontes nutricionais e energéticas necessárias para seu crescimento e funções metabólicas.

O tratamento biológico é aplicado para a remoção da matéria orgânica; entretanto, outros poluentes podem ser removidos pela ação direta ou indireta dos microorganismos. Entre os processos mais conhecidos incluem-se a remoção de nitrogênio, fósforo, sulfato, além da remoção de metais pesados pelos processos de bioloxiviação e biosorção. Alguns contaminantes orgânicos tóxicos já se apresentam passíveis de serem degradados biologicamente (SOARES, 2000).

Existem, basicamente, dois métodos de tratamento biológico, classificados de acordo com a demanda de oxigênio: aeróbios e anaeróbios.

- Aeróbios

Este método utiliza microorganismos e oxigênio dissolvido no líquido para converter o material orgânico em energia necessária para garantir a sua existência e reprodução. Os microorganismos utilizam o oxigênio do meio e convertem o material orgânico a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, segundo a equação abaixo:





Os processos biológicos típicos que vem sendo utilizados no tratamento de efluentes do processamento de algodão são:

- Lodos ativados
- Filtros biológicos

Dentre os processos aeróbios, o lodo ativado é um dos mais empregados e também o de maior eficiência (SOARES, 2000). Participam deste processo uma série de microorganismos, tais como as bactérias heterotróficas e quimiotróficas, destacando-se as filamentosas, os protozoários e os micrometazoários. As bactérias degradam a matéria orgânica e constituem base nutricional dos protozoários sendo esses, por sua vez, utilizados como fonte nutricional pelo micrometazoários.

A principal característica desses sistemas é a formação de flocos de microorganismos, pertencentes a diferentes gêneros, sendo a maioria heterótrofos. A formação dos flocos é favorecida pela baixa atividade bacteriana, consequência da operação do reator que promove condições de estresse nutricional. A Tabela 3.5 apresenta alguns exemplos de gêneros microbianos presentes nos reatores de lodo ativado.

**Tabela 3.5** – Microorganismos que fazem parte da formação do floco biológico (Leão et. al, 2002)

Bactérias	
Heterótrofas	<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Zooglea ramigera</i> , <i>Achromobacter sp.</i> , <i>Flavobacterium sp.</i> , <i>Bdellovibrio sp.</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Alcaligenes sp.</i> , e <i>Citromonas sp.</i>
Filamentosas	<i>Sphaerotillus natans</i> , <i>Beggiatoa sp.</i> , <i>Thiothrix</i> , <i>Microthrix parvicella</i> , <i>Nocardia sp.</i> , <i>Haliscomenobacter hydrosis</i> , <i>Flexibacter sp.</i>
Nitrificantes	<i>Nitrosomonas sp.</i> , <i>E. Nitrobacter sp.</i>
Protozoários	
Classe Sarcodina	Amebas - <i>Arcella discoides</i> e <i>Amoeba sp.</i>
Classe Ciliata	Ciliados livres-nadantes e sésseis - <i>Aspidisca costata</i> , <i>Trachelophyllum sp.</i> , <i>Paramecium sp.</i> , <i>Didinium sp.</i> , <i>Chilodenella sp.</i>
Classe Mastigophora	Flagelados - <i>Spiromonas sp.</i> , <i>Bodo sp.</i> , <i>Euglena sp.</i> , <i>Monas sp.</i> e <i>Cercobodo sp.</i>

A microfauna, presente nos reatores biológicos de tratamento de efluentes, é um bom indicador do estágio de depuração das águas residuárias. Os microorganismos variam em função da concentração da matéria orgânica, de oxigênio dissolvido e também com a população de outras espécies de microorganismos existentes no sistema de tratamento.

Amebas e flagelados são observados no início do processo, sendo, posteriormente, substituídos por protozoários holozóicos, como por exemplo ciliados livres nadantes. O sistema atinge o *clímax* quando ciliados sésseis e micrometazoários, como os rotíferos e nematóides, são observados. A tabela 3.6 apresenta as características do processo em função da predominância das populações de microorganismos.

**Tabela 3.6** – Microorganismos e as características do processo (Leão et. al, 2002)

Microrganismos	Características do Processo
Predominância de flagelados e rizópodes	Lodo jovem, característico de início de operação com idade de lodo baixa
Predominância de flagelados	Deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Predominância de ciliados pedunculados e livres	Boas condições de depuração
Presença de <i>Arcella</i> (rizópode com teca)	Boa depuração
Presença de <i>Aspidisca costata</i> (ciliado livre)	Nitrificação
Presença de <i>Trachelophyllum</i> sp. (ciliado livre)	Idade do lodo alta
Presença de <i>Vosticella microstoma</i> (ciliado pedunculado) e baixas concentrações de ciliados livres	Efluente de má qualidade
Predominância de anelídeos do gênero <i>Aelosoma</i>	Excesso de oxigênio dissolvido
Predominância de filamentos	Intumescimento de de lodo ou <i>bulking</i> filamentoso

As características de sedimentabilidade do lodo, em função do número de filamentos existentes e do diâmetro do floco, constituem outro parâmetro de controle realizado com análise microscópica. Na tabela 3.7 estão relacionados os filamentos, flocos e as respectivas características do lodo.

**Tabela 3.7** – Número de filamentos e as características do lodo(Leão et. al, 2002)

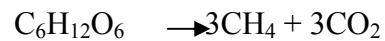
Filamento (bac/mL)	Flocos	Características
$10^1$ a $10^2$	Pequeno diâmetro (< 50 $\mu$ m) (pint - point)	Lodo disperso
$10^2$ a $10^6$	Pequeno diâmetro (< 50 $\mu$ m)	Provável intumescimento do lodo
	Médio a grande diâmetro (> 100-300 $\mu$ m)	Lodo em boas condições
$10^6$ a $10^8$	Pequeno a médio diâmetro (< 100 $\mu$ m)	Muito provável intumescimento do lodo
	Grande diâmetro (< 150 $\mu$ m)	Provável intumescimento do lodo
$> 10^8$	-	Intumescimento do lodo

O processo de lodo ativado apresenta três faixas operacionais: aeração prolongada, convencional e rápida. Essas faixas são definidas pelo fator de carga, relação F/M (alimento/microorganismos) (SOARES, 2000).

Geralmente os processos aeróbios são os preferidos por duas razões: os produtos finais apresentam um estado de oxidação bem mais alto e além disso, nos processos anaeróbios a geração de sulfetos e maus odores, representa grande inconveniente.

- Anaeróbio

No método anaeróbio, os microorganismos simultaneamente oxidam e reduzem a matéria orgânica, na ausência de oxigênio, segundo a equação abaixo:



Nestes processos a degradação da matéria orgânica é realizada pela atuação de microorganismos procarióticos, anaeróbios facultativos e obrigatórios, espécies pertencentes ao grupo de bactérias-fermentativas, acetogênicas produtoras de hidrogênio e metanogênicas.

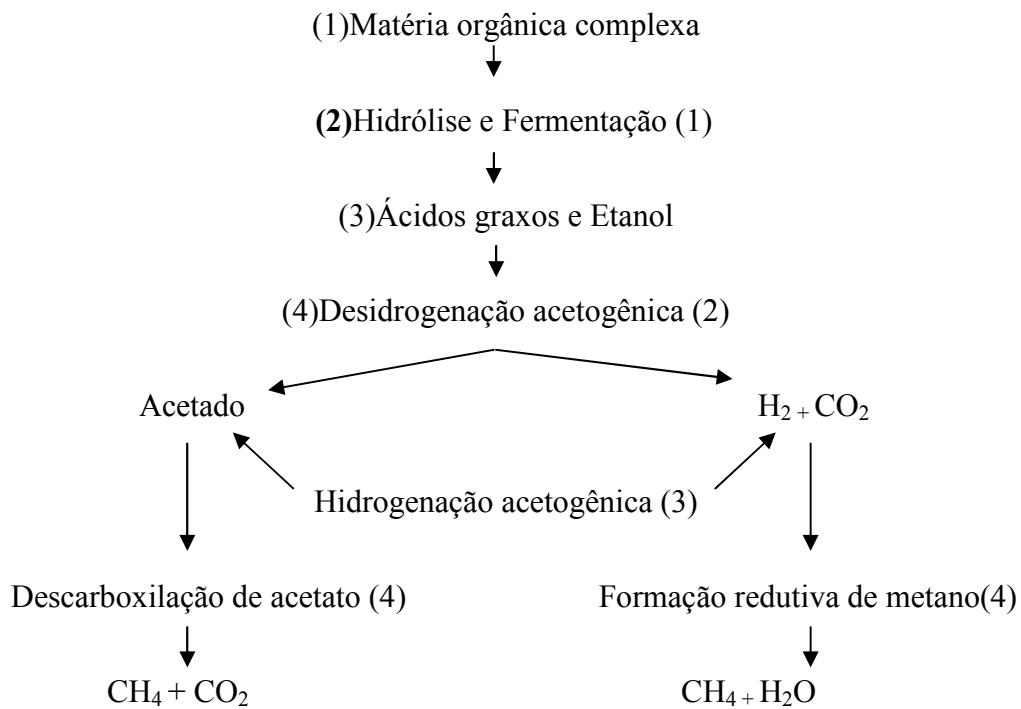
Vários tipos de bactérias participam do processo e alguns exemplos estão apresentados na tabela 3.8

**Tabela 3.8** – Etapas da digestão anaeróbica e as espécies de bactérias (Leão et. al, 2002)

Etapas da digestação bioanaeróbica	Espécies bacterianas
Hidrólise e acidogênese	<i>Clostrídios, Acetivibrio cellulolyticos, Bacteroides succinogenes, Butyrivibrio fibrisolvens, Eubacterium cellulosolvens, Bacillus sp., Selenomonas sp., Megasphaera sp., Lachnospira multiparus, peptococcus anaerobicus, Bifidobacterium sp., Staphylococcus sp.</i>
Acetogênese	<i>Syntrophomonas wolinii, S. wolfei, Syntrophus buswellii, Clostridium bryantii, Acetobacterium woddii, desulfovibrio sp., Desulfotomaculum sp.</i> (bactéria redutoras do íon sulfato)
Metanogênese acetoclástica	<i>Methanosarcina sp . e Methanotherix sp.</i>
Metanogênese hidrogenotrófica	<i>Methanobacterium sp. Methanobrevibacter sp. Methanospirillum sp.</i>

Os organismos presentes no tratamento anaeróbio apresentam um elevado nível de complexidade metabólica. Dessa forma, a eficiência do processo anaeróbio é função das interações positivas entre as inúmeras espécies de organismos, que possuem capacidades de degradação diferenciadas.

A figura número 3.4 representa, esquematicamente, o processo anaeróbio com os principais grupos de bactérias: hidrolíticas-fermentativas, acetogenicas produtoras de hidrogênio, homoacetogenicas e metanogênicas.



**Figura 3.3** – Processo anaeróbico (McINERNEY, 1998).

Nota:

- (1) Hidrolíticas fermentativas
- (2) Acetogênicas produtoras de hidrogênio
- (3) Homoacetogênicas
- (4) Metanogênicas

Os produtos intermediários do metabolismo de determinado grupo de bactérias podem representar uma fonte nutricional para outras espécies, favorecendo seu crescimento.

Observa-se pela tabela 3.9 que a ocorrência das várias reações de degradação dos compostos orgânicos depende da presença do hidrogênio formado no sistema. Verifica-se, ainda, que todos os valores da variação da energia livre de Gibbs são negativos, indicando que as reações de biodigestão anaeróbicas apresentadas se processam espontaneamente.

**Tabela 3.9** – Reações de degradação dos compostos orgânicos (Leão et. al, 2002)

Reações	$\Delta G$ (Kcal/ reação)
1- Conversão da glicose em metano e dióxido de carbono	-95,3
$C_6H_{12}O_6 + 3 H_2O \rightarrow CH_4 + 3 HCO_3^- + 3H^*$	
2- Conversão da glicose em acetato e hidrogênio	-76,1
$C_6H_{12}O_6 + 4 H_2O \rightarrow CH_3COO^- + 2 HCO_3^- + 4H^* + 4H_2$	
3- Metanogênese do acetato	-5,9
$CH_3COO^- + 2 H_2O \rightarrow CH_4 + 2CHO_3^-$	
4- Metanogênese do hidrogênio e dióxido de carbono	-7,6
$4H_2 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	
5- Acetogênese de hidrogênio e dióxido de carbono	-1,7
$4H_2 + 2HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_3COO^- + 4H_2O$	
6- Oxidação de aminoácido	-14,2
Leucina + 3H <sub>2</sub> O $\rightarrow$ insovalerato + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + 2H <sub>2</sub>	
7- Oxidação do butirato a acetato	-4,2
$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + H_2$	
8- Oxidação do propionato	-1,3
$CH_3CH_2COO^- + 3 H_2O \rightarrow CH_3OO^- + HCO_3^- + H^* + 3H_2$	
9- Oxidação do benzoato a acetato	-3,8
$C_7H_6O_2 + 7 H_2O \rightarrow CH_3OO^- + HCO_3^- + 3H^* + 3H_2$	
10- Desalogenação redutiva	C- 29,0
$H_2 + CH_2 Cl \rightarrow CH_4 + H^+ Cl^-$	

Pela transferência de hidrogênio entre espécies, cooperação entre bactérias produtoras e consumidoras de hidrogênio, denominadas hidrogenotróficas e representadas por espécies de metanobactérias e redutores de íon sulfato, é que se processa a remoção do hidrogênio nos sistemas anaeróbios.

O equilíbrio da cadeia de microorganismos anaeróbios e sua retenção no reator resulta em uma elevada eficiência dos biodigestores não convencionais.

Dentre os sistemas de tratamento anaeróbio podem ser destacados:

- Reator anaeróbio de manta de lodo
- Sistemas de lagoas aneróbia/facultativa
- Digestores de lodo

Os reatores anaeróbios podem ou não apresentar uma camada suporte para adesão dos microorganismos. Essa camada suporte pode ser de materiais como pedras, plásticos e outros.

Em geral, o tratamento biológico é mais eficiente e barato do que os métodos químicos. No entanto, apresenta dificuldade para remover a cor dos efluentes têxteis, onde o tratamento químico mostra-se mais vantajoso. Outra questão acerca deste tipo de tratamento é o lodo gerado, que apesar de ser, geralmente, em menor quantidade, precisa ser tratado e disposto em uma etapa posterior.

A tabela 3.10 apresenta as principais vantagens e limitações dos processos anaeróbios comparados com os aeróbios.



**Tabela 3.10** – Principais vantagens e limitações dos processos anaeróbicos comparados com aeróbios (Leão et. al, 2002)

Vantagens	Limitações
Processo de operação mais estável	Longos períodos de "start up" em marcha dos sistemas para desenvolver uma biomassa ativa
Menor quantidade de biomassa produzida, diminuindo os custos de disposição final	Necessidade de manter alta alcalinidade, aumentando os custos operacionais
Menor quantidade de nutrientes requeridas, reduzindo custos operacionais	Menor percentual de redução de matéria orgânica resultando em um efluente de pior qualidade
Reator de menor volume reduzindo área de implantação e custos fixos de instalação	Menores taxas de conservação a temperaturas mais baixas
Saldo energético positivo pela produção de CH <sub>4</sub> e não necessidade de aeração	Produção de compostos que causam mau cheiro como ácidos orgânicos e H <sub>2</sub> S
Ecologicamente mais vantajosos por não lançar compostos orgânicos voláteis na atmosfera	Nitrificação não é possível
Possibilidade de operar o sistema sazonalmente devido à manutenção da atividade dos microorganismos por um período mais longo sem alimentação	Maior toxicidade das metanogênicas à compostos organoclorados alifáticos
Redução dos compostos organoclorados com alto nível de substituição	Alta concentração de NH <sub>4</sub> requerida para manter a biomassa ativa, podendo comprometer a qualidade do efluente final
Degradação de alguns compostos aerobiamente não biodegradáveis	

#### 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi efetuado no período de janeiro à dez/2008 com base na coleta de dados feita na Estação de Tratamento de Efluentes da Cia. de Fiação e Tecidos Cedro Cachoeira, localizada na cidade de Sete Lagoas/MG. Os parâmetros foram escolhidos

com base nos itens que são exigidos na condicionante da licença ambiental além das análises de rotina de monitoramento da ETE. Todas as análises foram realizadas no laboratório da própria Cedro.

#### **4.1 Cia de Fiação e Tecidos Cedro Cachoeira**

A Cedro, desde sua fundação, no século retrasado, em 1872, mantém-se como referência entre as indústrias têxteis. Investimentos em modernização dos processos industriais e de gestão, em novas tecnologias e no desenvolvimento de produtos colocaram a Cedro no topo do ranking das empresas do setor de fiação e tecelagem, no Brasil e no mundo.

A Cedro tem hoje cerca de 3.100 empregados ativos e gera cerca de 12.000 empregos indiretos na cadeia de têxteis e de vestuário. São cinco unidades fabris, duas centrais de distribuição - em Contagem e Pirapora -, um Escritório Central, em Belo Horizonte e um de vendas, em São Paulo, além da Usina Pacífico Mascarenhas. As unidades industriais da Cedro são: Fábrica Bernardo Mascarenhas (BM) e Fábrica do Cedro (CE), em Caetanópolis; Fábrica Geraldo Magalhães Mascarenhas (GMM), em Sete Lagoas; Fábrica Caetano Mascarenhas (CM) e Fábrica Victor Mascarenhas (VM), em Pirapora.

As unidades CM e VM pertencem, respectivamente, às empresas Cia. Cedronorte e Cia. Santo Antônio, controladas da Cedro. Os principais produtos da Cedro Cachoeira são denims, brins e telas, que compõe o seu mix tanto na linha moda quanto na linha profissional(tecidos para uniformes).

A Cedro atende ao mercado nacional e está presente nos mercados internacionais, com destaque para as Américas e Europa.

#### **4.1.1 Fábrica Geraldo Magalhães Mascarenhas**

Inicialmente chamada Fábrica de Santo Antônio, iniciou operações após a Segunda Guerra Mundial. Com o início das exportações, a Cedro acumulou reservas de capital e elaborou projetos para a modernização das unidades. Após vários estudos realizados, Sete Lagoas foi a cidade escolhida para sediar uma nova fábrica, equipada com fiação de alta estiragem, com cerca de 500 teares automáticos e estamparia. A construção foi iniciada em 1947 e concluída em 1950. A Fábrica aumentou em 30% a produção da Cedro, consolidando-a como a maior indústria têxtil do estado.

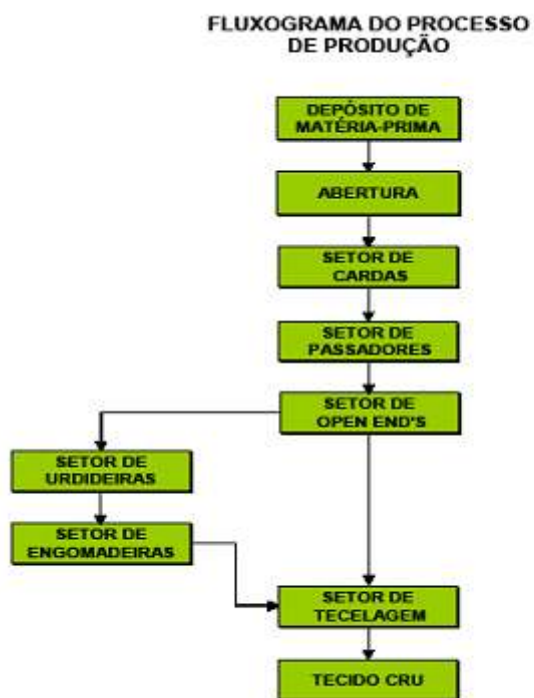
Atualmente a unidade possui um efetivo de 940 funcionários e uma produção média mensal de 3.448 mil metros de tecidos. Sua produção se destina ao segmento de roupas profissionais e moda. A unidade é composta por uma planta de produção (fiação e tecelagem) e outra de acabamento, onde os tecidos recebem o tingimento, estamparia e tratamento final, até serem despachados para o mercado.



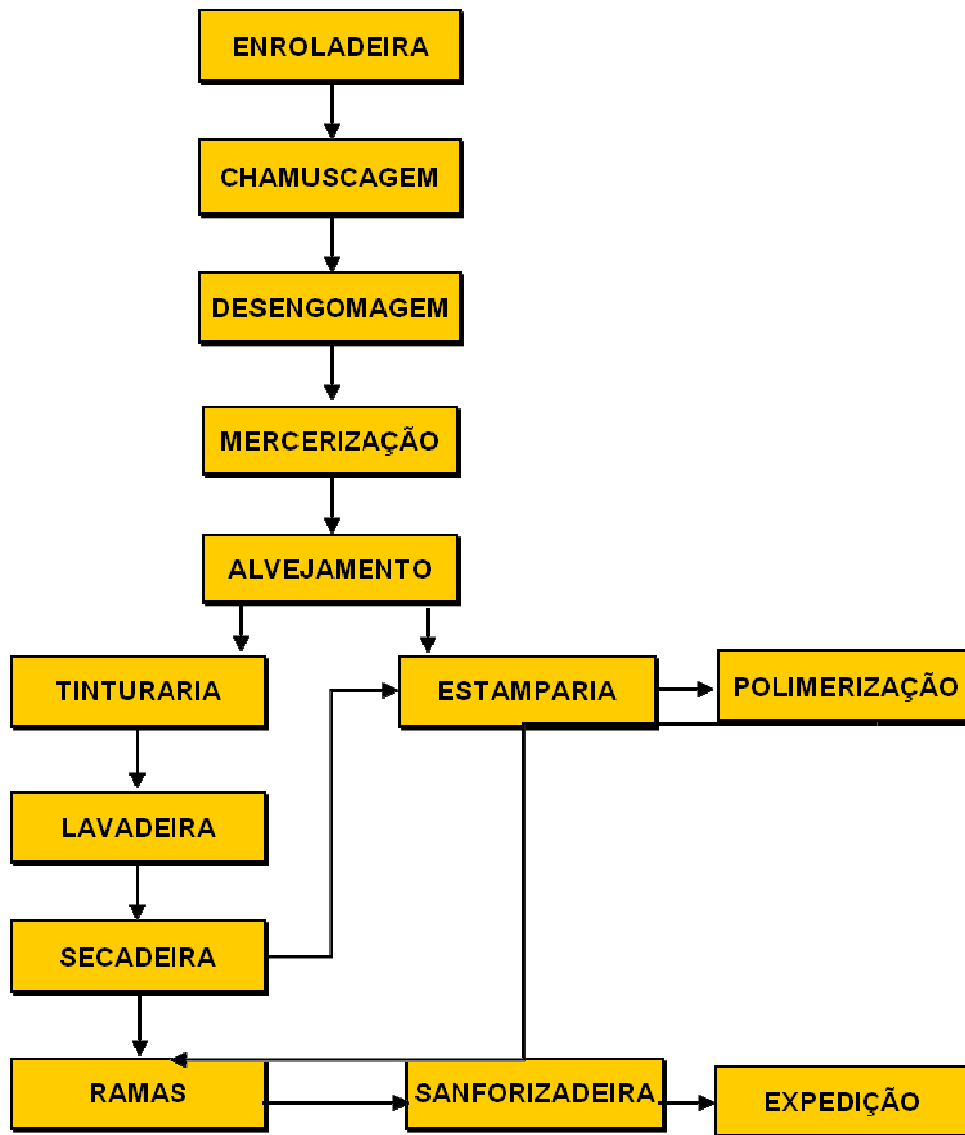
**Figura 4.1** – Unidade Industrial em 1950

#### 4.1.2 O processo produtivo

A figura 4.2 apresenta um fluxograma do processo industrial.



**Figura 4.2** – fluxograma do processo industrial.



**Figura 4.3** - Fluxograma do processo de acabamento.

## **4.2 Controle Ambiental**

### **4.2.1 Estação de tratamento de efluentes**

A empresa implantou em 1993 a estação de tratamento de efluentes a partir de uma série de ensaios realizados pela contratada Neotex Soluções Ambientais. O projeto da ETE foi orçado em R\$ 5 milhões, cuja vazão máxima é de 160 m<sup>3</sup>/h (equivalência populacional de 70.000 habitantes) sendo o tratamento todo biológico do tipo lodo ativado.

As etapas de tratamento são compostas por:

1. Peneiramento com malha de 1,5 mm



**Figura 4.4** – Canal de entrada – Peneira Estática Auto-limpante

2. Tanque de equalização, dividido em duas partes, ligados pelo fundo, com aeração por difusores na segunda parte;



**Figura 4.5** – Tanque de Equalização 01



**Figura 4.6** – Segundo tanque de Equalização

### 3. Correção de pH



**Figura 4.6 – Correção de pH**

### 4. Biofiltro



**Figura 4.8 - Biofiltro**



5. Lodo Ativado com aeração por difusores de fundo e aeração superficial



**Figura 4.9** – Tanque de Aeração

6. Decantação secundária



**Figura 4.10** – Decantador secundário

7. Adensamento

Em 2006, por determinação da FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) a empresa realizou pesquisa em parceria com a Neotex Soluções Ambientais Ltda para identificação de um processo de tratamento terciário dos efluentes com vistas a redução de DQO, e a remoção de cor no efluente tratado. O projeto apresentou um resultado bastante favorável para redução de carga e atenuação de cor, utilizando-se processos de filtração em membranas seguida de ozonização.

**Tabela 4.1** – Resultados dos ensaios com ozonização/ultrafiltração.

PARÂMETRO	VALORES MÉDIOS APURADOS À ENTRADA DO BIOLÓGICO	VALORES MÉDIOS APURADOS AO FINAL DO TMF E OZONIZAÇÃO	EFICIÊNCIA GLOBAL(%)
DQO (mg/L)	3000	176	94,1
COR (mgPt/L)	2200	168	92,4

No mesmo ano foi implantado um projeto com empresa Ambientech Tecnologia Ambiental visando melhorar a performance da estação, a redução do consumo de

produtos químicos, energia elétrica, geração de lodo biológico e manutenção da estabilização frente a choques de carga.

O trabalho consistiu na adequação da microbiologia do sistema proporcionando uma alteração das linhas metabólicas de degradação dos compostos presentes utilizando-se um inóculo formado com a microbiota selecionada da própria estação.

Esta parceria trouxe excelentes resultados, principalmente na melhoria da eficiência de remoção de DQO, que ultrapassou a 90% e na redução de consumo de neutralizantes de pH ( $H_2SO_4$  e  $CO_2$ ) e energia elétrica. Verificou-se também uma redução na geração específica de lodo biológico por quilograma de tecido acabado em 4,5%.

#### **4.2.2 Disposição final de lodo biológico**

Criado em março de 1997, o programa *Land Application* foi desenvolvido pela Cedro em parceria com a Neotex Soluções Ambientais Ltda com objetivo de incorporar de biossólidos (lodo) gerado de toda ETE no solo para a agricultura, como fonte de nutrientes (adubo).

Estima-se uma capacidade anual de produção de 1.300 toneladas de material seco (65 °C). Esse resíduo foi previamente caracterizado pela Ambiental Laboratório e Equipamentos Ltda. - SP, através de análises em amostras brutas (lodo) e extratos obtidos em ensaios de lixiviação. De acordo com os resultados dessas análises e com base na Norma Técnica 10004 da ABNT, não foram constatados valores acima dos limites que atribuem periculosidade ao resíduo, pertencendo, portanto, à classe II A, sendo os compostos orgânicos presentes degradáveis no solo (eficiência de biodegradação de 66 % e relação C/N < 30) (Projeto NEOTEX, 1996).



**Figura 4.11** – Aspecto do resíduo (biosólido)



**Figura 4.12** – Aspecto de aplicação do biosólido em solo

Segundo COELHO (2005), o biossólido gerado na Estação de Tratamento da Cedro não apresenta potencial de atuar como corretivo da acidez do solo e, conseqüentemente, na remediação de solos ácidos. Assim, o seu uso em solos ácidos deve estar associado ao emprego de materiais corretivos da acidez do solo; O biossólido, em virtude de conter em sua composição os macronutrientes N, P, K, Ca e Mg e os micronutrientes Zn e Cu, apresenta-se com alguma qualidade de fertilizante. Entretanto, dependendo do nível de fertilidade do solo e da exigência da cultura, pode ser necessária sua aplicação conjunta com outras fontes de nutrientes, principalmente para o fósforo e o potássio;

Embora o biossólido apresente grandes variações no conteúdo de N-total, os altos teores que este produto pode conter (28 kg de N/t de material seco a 65 °C) sugere cuidados no seu manejo; com relação à época de aplicação e à presença de culturas altamente exigentes nesse nutriente, são aspectos importantes que devem ser observados, para evitar perdas excessivas por lixiviação; Quando adequadamente utilizado, os impactos negativos provenientes de sua aplicação direta (fornecimento de alguns metais pesados) não são significativos, principalmente se analisada junto com o efeito diluidor dos solos.

#### **4.2.3 Implantação do SGA – Sistema de Gestão Ambiental**

Em 2005 iniciou-se a implantação do Sistema de Gestão Ambiental visando a certificação ISO 14001 em 2006. Em virtude da crise no setor têxtil, parte dos investimentos foram suprimidos, porém o SGA encontra-se implantado e já passou por várias auditorias internas.

Em 2005, foi construído o depósito temporário de resíduos sólidos, que permite separação e segregação de resíduos classe I e II, até serem enviados para reciclagem e reprocessamento. O sistema identifica uma listagem de fornecedores críticos para o SGA, que qualifica possíveis compradores e recicladores para os resíduos, com base nos requisitos legais aplicáveis.

Os resíduos Classe I, como lubrificantes, solventes, resíduos de serviço de saúde, lâmpadas usadas e tolhas industriais usadas são destinados a empresas previamente qualificadas para darem a destinação final adequada aos mesmos.

#### **4.2.4 Reuso de água**

Em 1996, foi também implementado o programa de reciclagem e reuso de água nos setores de acabamento. Este projeto permitiu a recuperação de 95% de toda água de resfriamento e a utilização de 40% de efluente tratado para lavagem de tecidos de cores escuras. Os equipamentos tais como: reservatórios, bombas, sopradores, aeradores mecânicos, compressores, prensas desaguadoras e medidores de vazão recebem manutenção preventiva periódica.

## **5.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 DQO/FÓSFORO/NITROGÊNIO – SÉRIE FILTRADO/NÃO FILTRADO**

Entender a forma como a matéria orgânica e os nutrientes estão se comportando em cada fase da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), é fundamental para a avaliação da eficiência e subsídio das decisões operacionais.

Estes compostos podem estar presentes em duas formas básicas:

#### a) Particulada

Nesta forma temos os compostos presentes em partículas sólidas que podem ser células de microrganismos (lodo) ou resíduos orgânicos/inorgânicos (fibras, sais, micelas, etc).

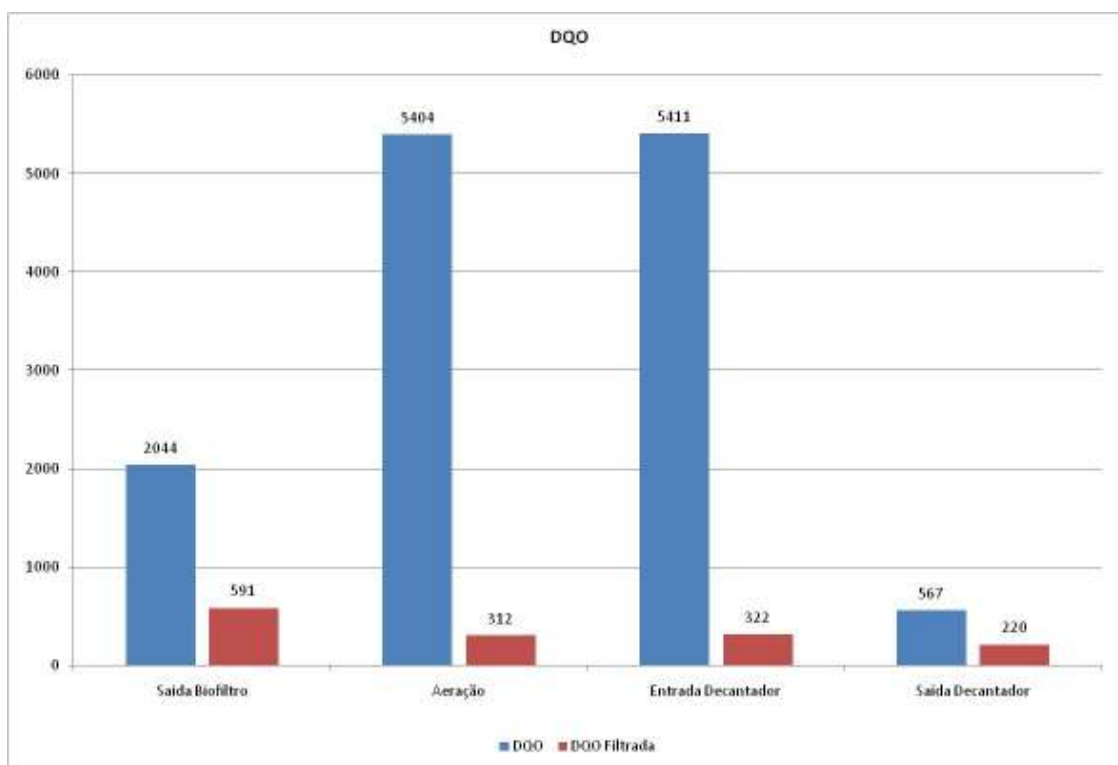
#### b) Solúvel

Nesta forma, via de regra, são compostos moleculares.

Assim, ao se realizar as análises em amostras filtradas e não filtradas pode-se definir se os compostos orgânicos estão presentes dentro (retido no filtro) ou fora (presente no filtrado) das células de microrganismos. A gramatura do filtro usado define o tamanho de célula que é retida.

No presente caso utilizou-se um filtro de aproximadamente 45 micrômetros (0,45 mm). Segundo VERAS (2008), grande parte dos microrganismos usados na preparação dos inóculos no trabalho realizado pela Ambientech Tecnologia Ambiental são capazes de se “aglomerar” formando partículas de lodo com diâmetro maior que a gramatura do filtro, ficando retidas. Células menores passam no filtrado.

### 5.1.1 Análise de DQO



**Figura 5.1** – Série DQO filtrada/não filtrada

**Saída do Biofiltro** – A diferença entre a amostra filtrada e não filtrada, ou seja, 1453 mg/L indica que maior parte da DQO está dentro de célula microbiana e o restante (591 mg/L) está solúvel no meio, ou na forma molecular ou retida em células de microrganismos de tamanho menor que a gramatura do filtro.

Pequena quantidade de fibras de tecido pode interferir no resultado. A análise da característica dos sólidos retidos no filtro pode indicar um bom direcionamento para definir se isto está acontecendo.

De qualquer forma, os dados sugerem que está havendo um bom desenvolvimento de microrganismos no Biofiltro, dado que pode ser reforçado pela alteração de pH (acidificação) que está ocorrendo nesta fase.

**Tanque da Aeração** - 90% da carga orgânica presente no tanque está dentro (fixada) de células de microrganismos com tamanho maior que 45 micrometros (observadas as

limitações de gramatura já referidas anteriormente). Isso demonstra a excelente eficiência de depuração do sistema.

Foi realizada a análise em amostras coletadas no meio do Tanque de Aeração (ponto de maior mistura) e na entrada do Decantador (após passar pelo ponto de menor mistura aparente, na saída do Tanque de Aeração), com a finalidade de verificar se estaria havendo deposição acentuada de sólidos orgânicos próximo à saída do Tanque de Aeração.

Avaliando a diferença entre a DQO do meio do tanque (5.404 mg/L) e a entrada do Decantador (5.411 mg/L) verifica-se que este tanque parece não ter deficiência de mistura significativa neste ponto. Caso isto estivesse ocorrendo, poderia haver uma deficiência significativa de sólidos (filtrado) entre as duas análises.

**Saída do Decantador** – A diferença entre a DQO não filtrada na entrada e saída do decantador, indica que este equipamento está operando com uma eficiência de remoção de Sólidos Suspensos em torno de 90%. O valor de 567 mg/L da fração não filtrada na saída do decantador, sugere o arraste de células de microrganismos de diâmetro menor que o filtro e que se ficassem retidas no decantador ocorreria um aumento da eficiência do processo e assim o parâmetro de lançamento (abaixo de 250 mg/L) poderia ser atingido, pois haveria uma remoção adicional de 347 mg/L (diferença entre 567 mg/L e 220 mg/L).

Já para a fração filtrada, a eficiência de remoção está em torno de 30%. Esta fração pode ser formada por moléculas ou células de microrganismos menores que a gramatura do filtro. Assim, uma parte está ficando retida, por adsorção, nas células de microrganismos que formam as micelas do lodo (ficam no filtro). Isto explica a diferença que, teoricamente, não deveria existir, entre a fração filtrada na entrada (322 mg/L) e na saída (220 mg/L) do decantador.

### **5.1.2 Análise das frações de Nitrogênio**

A forma como o nitrogênio se apresenta nas diversas fases da ETE fornece informações importantes para entender como os microrganismos presentes estão se desenvolvendo.



O Nitrogênio amoniacal refere-se ao Nitrogênio combinado com o Hidrogênio e pode estar presente no meio como resultado do processo industrial ou ser excretado por microrganismos dentro do Ciclo de Nitrogênio, por reversão de nitritos e nitratos a amônia ou amoníaco, ou devido à desnaturação de proteínas endógenas (presentes dentro das células microbianas).

Nitritos e Nitratos são formados no processo denominado Nitrificação, no qual os microrganismos utilizam o Nitrogênio para fixar temporariamente o oxigênio presente no meio, com a finalidade de usar o hidrogênio da amônia para a síntese de proteínas.

O ciclo ideal do nitrogênio em sistemas aerados de tratamento de efluentes líquidos é aquele em que o Nitrogênio Amoniacal seja transformado em Nitritos e Nitratos e, na seqüência, em áreas com ausência de oxigênio livre, seja transformado em Nitrogênio Molecular (gás) que é expelido para a atmosfera.

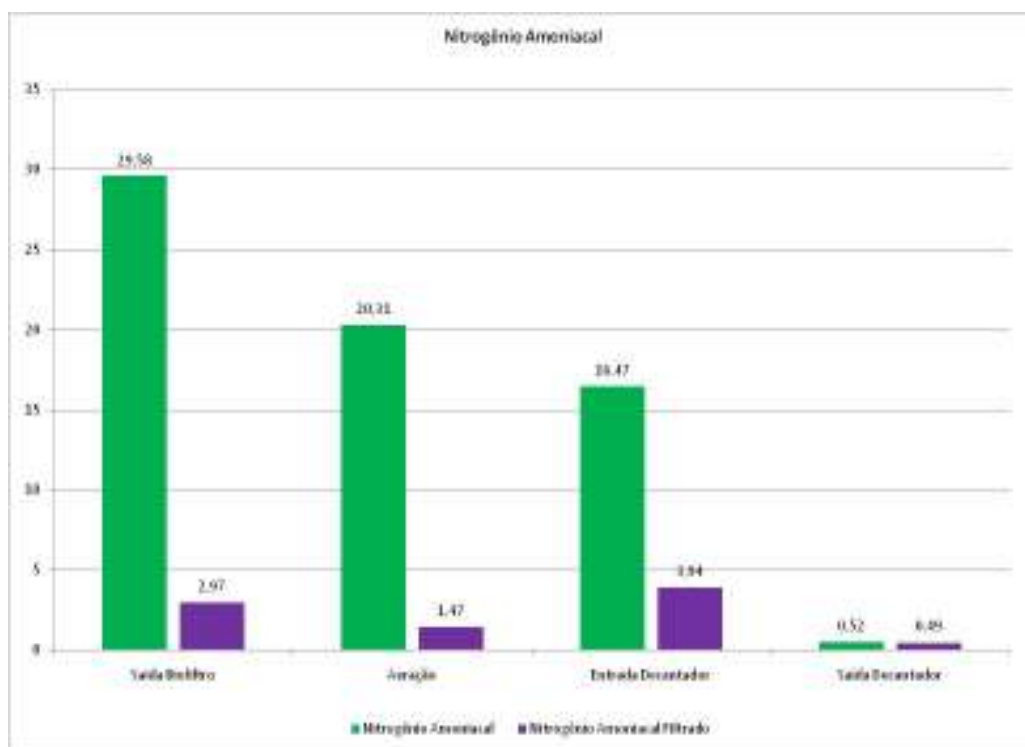
Existe, porém, outra forma de fixação de nitrogênio nas células microbianas, quando o nitrogênio está associado a carbono em compostos orgânicos. Os principais grupos deste tipo presentes são enzimas e proteínas.

Assim, a análise de nitrogênio total fornece todas as frações de nitrogênio presente, seja na forma inorgânica (amônia, nitritos e nitratos) seja na forma orgânica (combinado formando proteínas, enzimas, ésteres, etc).

Somando-se os valores de nitrogênio Amoniacal, nitritos e nitratos e subtraindo-se do resultado de nitrogênio total, verifica-se a indicação da fração de nitrogênio retido nas células de microrganismos na forma de proteínas, enzimas ou outras frações orgânicas nitrogenadas.

Com base nestes comentários, foram realizadas algumas avaliações dos resultados das análises realizadas:

### 5.1.3 - Nitrogênio Amoniacal



**Figura 5.2 - Nitrogênio amoniacal filtrado/não filtrado**

**Saída do Biofiltro:** A maior parte das formas amoniacais está fixada nos sólidos presentes e que ficam retidos no filtro de 0,45 mm. A fração solúvel corresponde a cerca de 10%. Isto indica que há grande disponibilidade de nitrogênio para ser utilizada no tanque de aeração nos processos de nitrificação e desnitrificação.

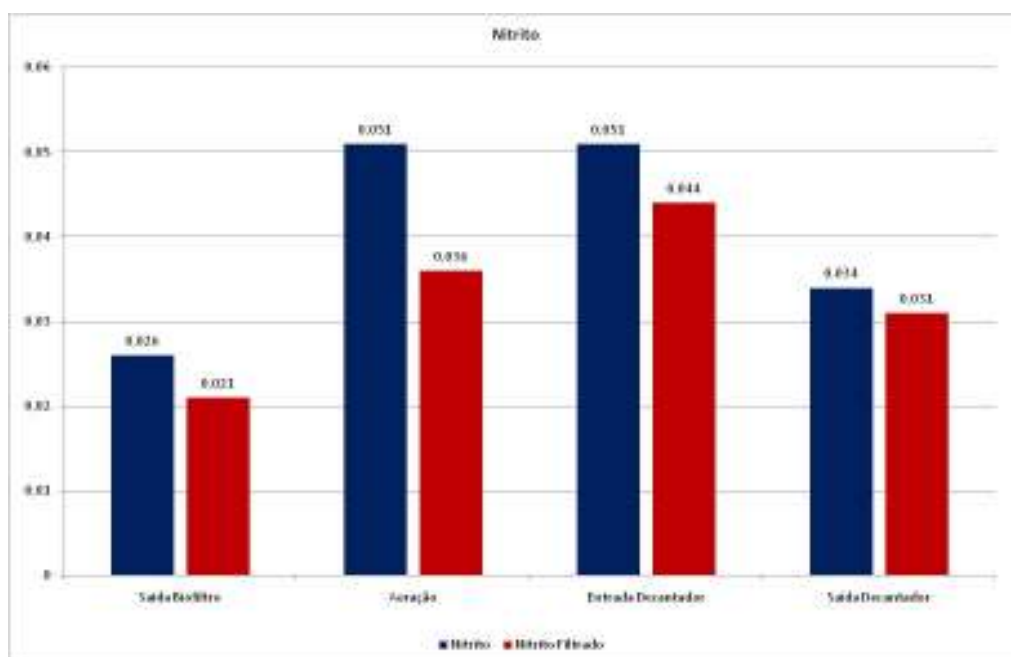
**Tanque de Aeração, Entrada e Saída do Decantador** – A exemplo do que ocorre com a DQO, não há diferença significativa entre as amostras analisadas dentro do tanque e na área perto da saída.

Porém é importante notar que há uma ligeira diminuição do nitrogênio amoniacal em forma (20,31 mg/L para 16,47 mg/L) associado a um ligeiro aumento da amônia solúvel (1,47 mg/L para 3,94 mg/L) que podem ser causados devido à redução de oxigênio disponível nesta área.

Ao chegar ao decantador ocorre uma redução drástica de oxigênio dissolvido criando condições ótimas para o desenvolvimento de linhas bioquímicas anaeróbias. Alguns microrganismos anaeróbios facultativos, especialmente *Clostridium*, *Bacillus* e

*Lactobacillos*, são capazes de utilizar a amônia para a produção de enzimas e proteínas. Alguns desses processos envolvem enzimas capazes de retirar oxigênio de compostos inorgânicos e alcoóis, formando nitratos como aceptores finais de elétrons.

Isto pode explicar a grande redução de Nitrogênio Amoniacal no decantador estando esta fração de nitrogênio igualmente distribuída entre filtrado e solúvel (0,52 mg/L e 0,49 mg/L filtrado). Outro dado importante a reforçar esta conclusão é o valor obtido na análise de Nitratos que apresenta um aumento significativo na passagem pelo decantador.



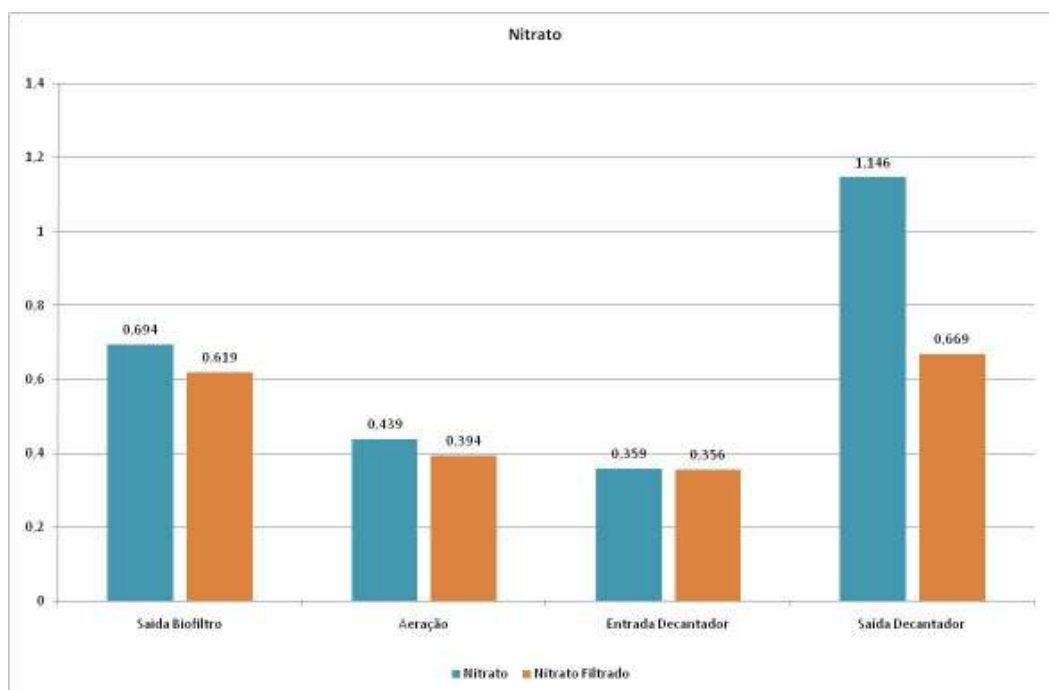
**Figura 5.3 – Nitrito filtrado/não filtrado**

**Saída do Biofiltro e Tanque de Aeração:** Os valores indicam que está ocorrendo nitrificação de pequena parcela da amônia presente. Também a exemplo da DQO não há diferença significativa na área situada próximo à saída do tanque.

**Entrada e Saída do Decantador** – As análises indicam que os valores de nitrito se mantêm praticamente estáveis (0,051 mg/L na entrada para 0,034mg/L na saída).

Os dados indicam que a transformação da amônia presente no efluente bruto não está ocorrendo com base no processo de Nitrificação e Desnitrificação. Embora ocorra uma elevação percentual significativa de Nitrito no Tanque de Aeração, ao se comparar com os dados de Nitrogênio Amoniacal (20,31 mg/L) com Nitrito (0,051 mg/L) observa-se

que a maior parte da amônia não participa do processo de formação de nitritos sugerindo a existência de outros processos de fixação de amônia.



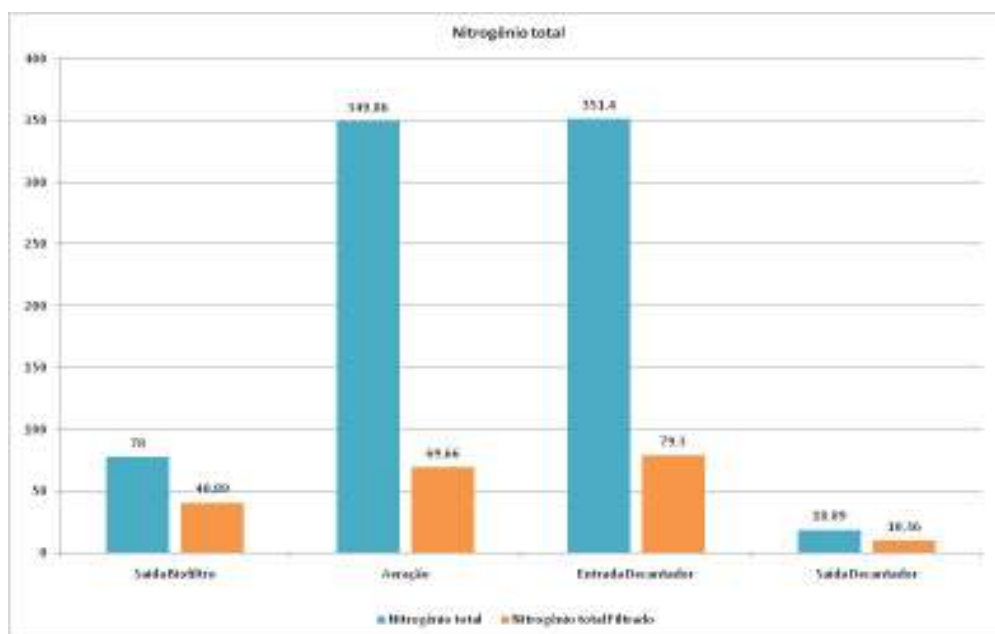
**Figura 5.4 – Nitrito filtrado/não filtrado**

**Saída do Biofiltro e Tanque de Aeração:** Existe um processo muito similar ao que ocorre em relação aos Nitritos. Isto seria de esperar, pois são fenômenos bioquímicos muito semelhantes. A diferença é o que ocorre no decantador.

**Entrada e Saída do Decantador –** A formação de Nitrito no decantador sugere a ocorrência de processos bioquímicos anaeróbios e/ou anóxicos com liberação de Nitrato (aumento da fração solúvel em relação ao Tanque de aeração) e fixação de nitratos em células microbianas (aumento da fração particulada). Este fenômeno é coerente com a hipótese de fixação de amônia em meio anaeróbio por certos microrganismos, conforme nos referido anteriormente.

Porém, similar ao que ocorre com os Nitritos, a formação de Nitrato não é diretamente proporcional à redução da Amônia e do Nitrogênio Total, o que seria de se esperar se o processo de Nitrificação (transformação da amônia em nitrito e nitrato em presença de oxigênio livre) e desnitrificação (transformação dos nitritos e nitratos em nitrogênio molecular, em áreas anóxicas) fosse o principal responsável pela transformação das frações de nitrogênio Total que entram no efluente bruto.

Com base nestes dados verifica-se que é muito provável que esteja ocorrendo um outro processo de transformação das frações de Nitrogênio Total e que este processo estaria fixando nitrogênio em sólidos biológicos (lodo composto de microrganismos) e que isto estaria ocorrendo em meio anaeróbio, anóxico ou micro-aerado.

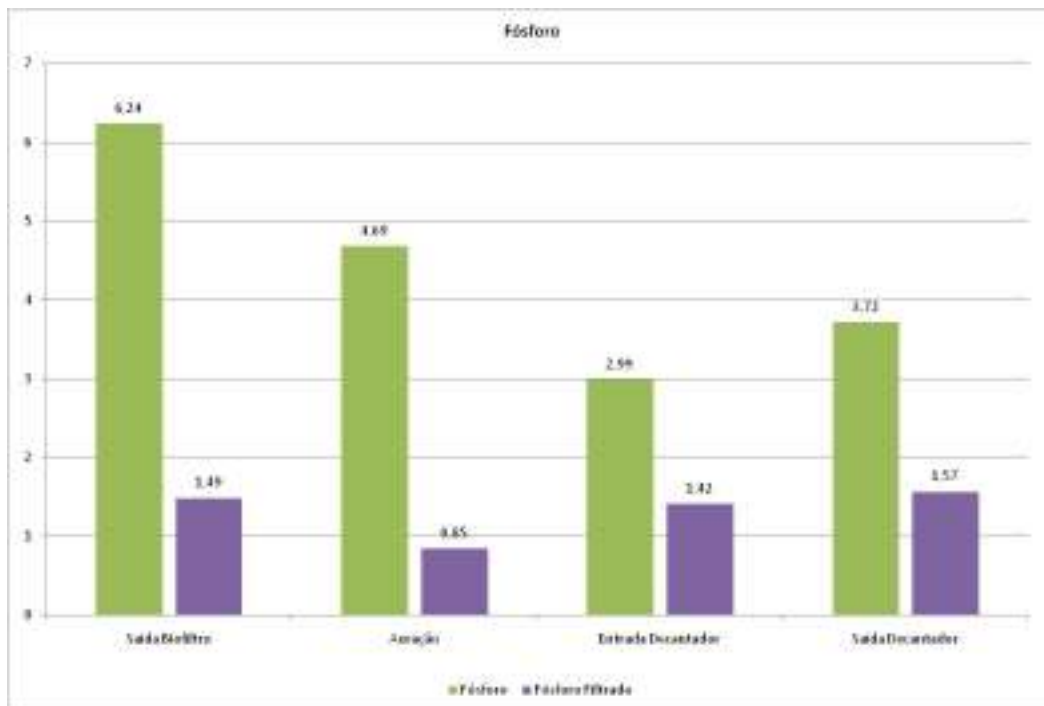


**Figura 5.5 – Nitrogênio total/não filtrado**

**Saída do Biofiltro:** A maior parte do Nitrogênio encontra-se solúvel. Também é importante observar a diferença entre o valor de Nitrogênio Total (78mg/L) e a soma das frações amoniacal, nitritos e nitratos (30,26 mg/L), sugerindo a presença de frações orgânicas praticamente solúveis e particuladas.

**Tanque de Aeração:** Ocorre um aumento significativo do Nitrogênio Total, em sua maior parte na forma particulada. Os resultados de Nitrogênio Amoniacal, Nitritos e Nitratos sugerem outra forma de fixação de nitrogênio e os resultados apresentados na análise de Nitrogênio Total indicam a mesma direção. Verifica-se a diferença entre a soma das frações inorgânicas (20,647 mg/L) e o Nitrogênio Total (349,86 mg/L).

**Saída do Decantador:** Os resultados indicam que a maior parte do Nitrogênio Total esta ficando retida no decantador juntamente com o lodo biológico (células de microrganismos) decantado. Também neste caso parece estar ocorrendo fenômeno similar ao que relatamos nos comentários da DQO, referentes à possibilidade de retenção por adsorção de frações de Nitrogênio solúvel em células de microrganismos.



**Figura 5.6 – Fósforo filtrado/não filtrado**

**Saída do Biofiltro:** A exemplo das frações de nitrogênio e DQO a maior parte do fósforo encontra-se na forma particulada.

**Tanque de Aeração:** A diferença entre a fração total e a solúvel (partículas menores que 0,45 mm) indica fixação de fósforo na fração particulada. Ao contrário do que ocorre com a DQO e o Nitrogênio, nota-se a diferença significativa entre os resultados obtidos no meio do tanque e próximo à saída.

Um dado interessante é o aumento da fração solúvel neste área o que parece sugerir uma “disponibilização” das frações que estariam retidas junto aos flocos de microrganismos por adsorção que tendem a se desprender ao diminuir a energia cinética devido à redução de mistura nesta área que, embora não seja suficiente para decantar os flocos, pode interferir nas forças de atração entre as moléculas de fósforo e os flocos (células) microbianas.

**Saída do Decantador:** A elevação do fósforo comparada aos resultados de DQO e Nitrogênio, associada ao fato de que este fósforo encontra-se principalmente na forma particulada, parece indicar um arraste de células de microrganismos de pequeno diâmetro (menor que 0,45mm) e massa, que não ficam retidas no filtro, e que por apresentarem baixo peso são arrastadas pelo fluxo hidráulico do decantador.

Este é um fenômeno em decantadores que pode ser responsável pela manutenção de índices residuais de fósforo no efluente final. A condição ótima de operação seria um resultado abaixo de 1 mg/L que estaria muito próxima de ser atingida com um ligeiro aumento de fixação ( 1,57 mg/L da parte solúvel seria reduzida para níveis abaixo de 1 mg/L).

## 5.2 DQO de saída

Um fator importante de controle, não só como parâmetro de lançamento, mas também uma variável de controle de não conformidade no processo do SGA é o valor da DQO do efluente tratado.

O gráfico da figura 5.7 indica os resultados de DQO de entrada, saída e o percentual de remoção da ETE no ano de 2008. Verifica-se que a estação apresentou durante todo ano uma remoção em mais de 90% da DQO, exceto o mês de julho que pode ser justificado pela mudança do tensoativo utilizado no processo industrial que provocou um excesso de espuma do tanque de aeração.

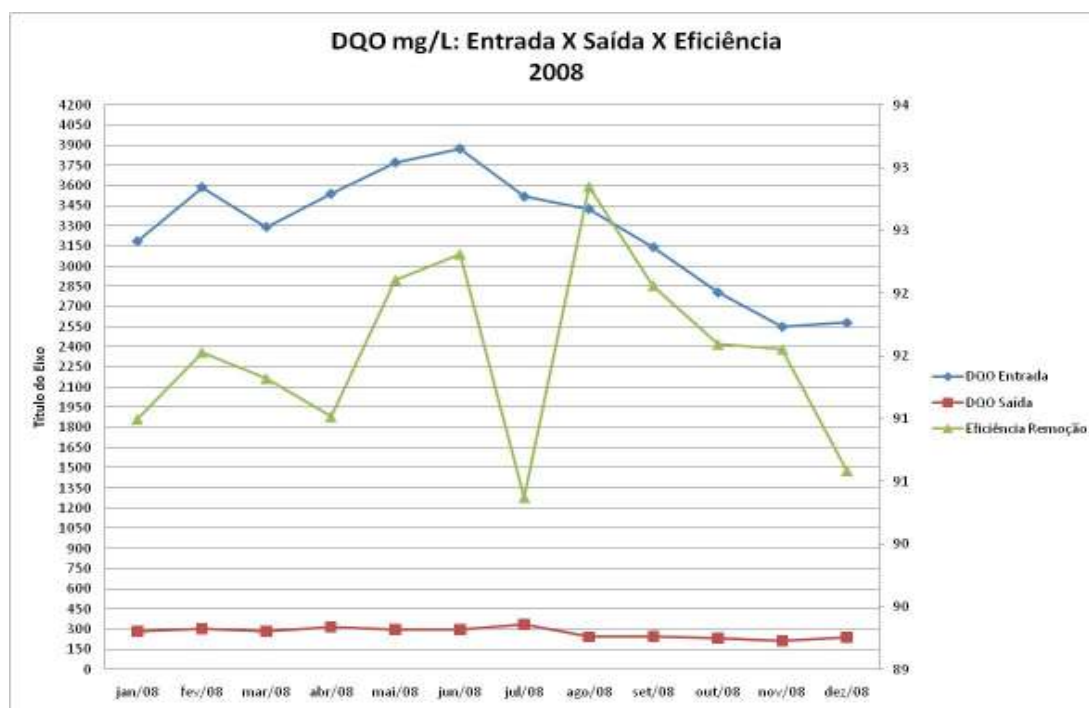


Figura 5.7 - DQO do efluente de saída – média mensal

A DQO do efluente tratado é uma consequência do trabalho eficiente da Estação de Tratamento. Fica muito claro que a situação particular da CEDRO é crítica dentro do segmento têxtil. Devido aos seguintes fatores:

- Pois o efluente bruto da CEDRO contém concentração de DQO em torno de 3.500 – 4.500 mg/l, valor este mais que o dobro da média de DQO de efluente bruto das outras empresas têxteis (1.500 mg/l).
- Com elevado teor de DQO no efluente bruto, para atender a exigência ambiental a ETE/CEDRO deve apresentar uma eficiência média nunca inferior a 92,9% para DQO de 3.500 mg/l e 94,5% para DQO de 4.500mg/l. Para as outras empresas que possuem uma DQO de entrada de 1.500mg/l basta manter uma eficiência de 83,4% que estão atendendo a exigência ambiental.
- Isto significa operar o sistema sempre no limite e com padrões operacionais muito rígidos. E a operação conseguiu manter níveis de eficiência acima de 91% grande parte do tempo apesar da grande oscilação no teor de carga como pode ser observado na Figura 5.7.
- Este aumento necessário de eficiência significa que é necessário manter um custo operacional maior e, ainda, buscar alternativas de alterações estruturais e construtivas para atender o padrão exigido.

## **6.0 CONCLUSÕES**

### ***6.1 Eficiência da Estação de Tratamento de efluentes***

Os resultados indicam que o processo de depuração biológica da matéria orgânica que entra na ETE está sendo feito com base em reações bioquímicas que se desenvolvem em reduzida concentração de oxigênio. Este processo é feito por microrganismos selecionados de forma a permitir a eficiência do processo em pH elevado, temperatura por volta de 40 °C e menor concentração de oxigênio dissolvido (VERAS,2008).

As frações de nitrogênio estão sendo fixadas em células de microrganismos na forma de Nitrogênio Orgânico (enzimas e proteínas) e o processo de Nitrificação/Desnitrificação embora esteja ocorrendo, não é o único responsável pela redução do Nitrogênio Total.

Os valores residuais de carga orgânica (DQO), Nitrogênio (Total e Frações) e Fósforo que saem do decantador sugerem que está havendo arraste de células de microrganismos de baixo diâmetro e peso. Sugere-se que este arraste não esteja devido somente à alta



velocidade de escoamento, mas também devido aos processos bioquímicos que estão ocorrendo no lodo depositado no decantador, especialmente aqueles processos ligados à fixação de nitrogênio em meio anóxico ou anaeróbico (comparação dos resultados de fósforo, nitrato, nitrito e Nitrogênio Total).

## **6.2 Limite de DQO do efluente final**

A partir da publicação da Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH nº 1, de 05 de maio de 2008 ficou definido o limite máximo de DQO em 250 mg/l para o segmento têxtil.

O único segmento industrial que possui uma limitação de lançamento fixa é o têxtil. Todos os outros segmentos têm a possibilidade de apresentar eficiências de remoção de DQO percentual (média anual de 75% eficiência) ou em função da produção para o segmento de papel e celulose.

As legislações anteriores definem:

- **Deliberação Normativa COPAM nº 10, de 16 de dezembro de 1986**

Estabelece em seu Art. 15 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, desde que obedeçam às seguintes condições: h. DQO - no máximo de 90 mg/l .

- **Deliberação Normativa Copam nº 32, de 18 de dezembro de 1998**

Altera a alinea h do Artigo 15 da Deliberação Normativa COPAM nº 10 h. DQO - no máximo de 90 mg/l (este limite só poderá ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora de efluente, em termos de DQO do despejo, em, no mínimo, 90%).

- **Deliberação Normativa COPAM nº 47, de 09 de agosto de 2001.**

Estabelece novo limite de concentração de DQO para lançamentos de efluentes líquidos, gerados pelas indústrias têxteis, direta ou indiretamente nos corpos de água e dá outras providências.

“**Art. 1º** - Fica acrescido o seguinte artigo à Deliberação Normativa nº 10, de 16 de dezembro de 1986:

"**Art. 15 b** - Quanto aos lançamentos de efluentes líquidos gerados por indústrias têxteis realizados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, o parâmetro DQO será de no máximo 250mg/l.

**Parágrafo único** - Aplicam-se aos lançamentos dos efluentes a que se refere o caput desse artigo, as demais condições previstas pelos artigos 15 a 19 desta Deliberação Normativa, especialmente no que se refere à garantia de que os efluentes lançados não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento."

**Art. 2º** - É fixado um prazo máximo de até 5 anos, a contar da publicação desta Deliberação Normativa, para que se proceda a uma nova avaliação do padrão estabelecido pelo artigo 1º desta Deliberação Normativa.

**Parágrafo único** - Se no prazo fixado pelo caput deste artigo não for procedida nova avaliação do padrão, este passará a ser de 90 mg/L.

Pelos artigos supracitados conclui-se que o limite de DQO só poderá ser ultrapassado no caso do sistema de tratamento de águas residuárias reduzir a carga poluidora de efluente, em termos de DQO do despejo, em, no mínimo, 90%" é válido.

A partir da introdução da nova Deliberação Normativa COPAM/CERH –MG nº01 de 05 de maio de 2008 o presente item foi retirado;

- **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1**, de 05 de Maio de 2008

**Art. 29.** Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

VIII - DQO - até 180 mg/L ou:

a) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 55% e média anual igual ou superior a 65% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de aterros sanitários municipais;

b) tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75% para os demais sistemas;

c) Se tratar de efluentes de indústria têxtil, o padrão será de 250 mg/L;e

d) Se tratar de efluentes de fabricação de celulose Kraft branqueada, o padrão será de 15 kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA) para novas unidades ou ampliação.

Para as unidades existentes o padrão será de 20 Kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média diária, e 15Kg de DQO/ tonelada de celulose seca ao ar (tSA), média anual.

O parâmetro se tornou fixo em 180mg/l e por liberalidade foi definido um parâmetro "mais elástico" de 250mg/l ao setor têxtil (até aqui parece que o segmento foi beneficiado), mas para os outros segmentos ficou definido um parâmetro atrelado à eficiência de tratamento com média anual igual ou superior a 75% para indústrias e 65% para esgoto sanitário.

Fazendo uma comparação a carga de efluente lançada em kg de DQO em diversas situações em indústrias no estado de Minas Gerais:

1. Frigorífico com vazão de efluente de 240m<sup>3</sup>/h com eficiência de remoção de 89% em DQO ( DQO entrada 14.000mg/L DQO saída 1.540 mg/L.) lança 369,6 kg de DQO por hora e atende o padrão ambiental de eficiência percentual;
2. Laticínio com vazão de efluente de 120 m<sup>3</sup>/h com eficiência de remoção de 78% em DQO (DQO entrada 6.500 mg/L DQO saída 1.430 mg/L) lança 171,6 kg de DQO por hora e atende o padrão ambiental de eficiência percentual;
3. Empresa Têxtil com vazão de efluente de 130 m<sup>3</sup>/h com eficiência de remoção de 90% em DQO (DQO entrada 3.400 mg/L DQO saída 340 mg/L) lança 44,3 kg DQO por hora e não atende o padrão ambiental de eficiência percentual pois não existe para o segmento têxtil esta opção e não atende o padrão de 250mg/L
4. Empresa Têxtil com vazão de efluente de 80m<sup>3</sup>/h e eficiência de remoção de 80% em DQO (DQO entrada 1.050 mg /L DQO saída 210mg/L) ele lança 16,83 kg DQO por hora e atende o padrão ambiental de 250mg/L

Com a redução do consumo de água na Cedro, seus efluentes saem mais concentrados e ela é penalizada na legislação.

Esta empresa:

- lança muito menos carga poluidora (kg de DQO por hora) que outras empresas que atendem somente o parâmetro % de eficiência;
- tem eficiência percentual de 90% na remoção de DQO muito acima do que exigido para outros segmentos;

## **7.0 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Entende-se que é conveniente avaliar a eficiência de um processo físico-químico com o uso de polímeros e compostos coadjuvantes de floculação para alterar a densidade das partículas a serem retiradas no decantador e definir a conveniência de se implantar um processo terciário de decantação físico-química destinado não só a adequar o efluente final aos parâmetros legais de lançamento mas também estudar a relação custo/benefício de um processo de reutilização de água.

## 8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIT, Associação Brasileira da Indústria Têxtil. Disponível em: [www.abit.org.br/](http://www.abit.org.br/)
- BES-PIÁ, J.A.; MENDOZA-ROCA, M.I.; ALCAINA-MIRANDA, A. Reuse of wastewater of the textile industry after its treatment with a combination of physicochemical treatment and membrane Technologies. *Desalination*, 149, p. 169 – 174, 2002.
- BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W. Manual de tratamento de águas residuárias industriais, São Paulo, Cetesb, 1993, p.328.
- CARLIELL, C. M.; BARCLAY, J.S.; SHAW, J.; The effect of salt used in textile dyeing on microbial decolorisation of a reactive azo-dye. *Environmental Technology*, v. 19, p. 1133 – 1137, 1998.
- EPA, United States Environment Protection Agency (1996). Best management practices for pollution prevention in the textile industry. Washington. Office of compliance. 296p.
- LACERDA, J.P. Estudo de impacto ambiental nos cursos d'água causado pelo lançamento de efluentes de indústrias no município de Itabirito/MG. Dissertação de mestrado. Programa de pós graduação da Universidade Federal de Ouro Preto. 2004. 92p.
- LEÃO, M.M.D et al. Controle ambiental na indústria têxtil: Acabamento de malhas. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica Ltda, 2002. 356 p.
- LEÃO, M.M.D. et al, Projeto Ecotex – Desenvolvimento tecnológico para controle tecnológico controle ambiental na indústria têxtil/malhas: Relatório de avaliação ambiental do setor têxtil/malhas no Estado de Minas Gerais, Projeto Minas Ambiente, Belo Horizonte, 1998.
- LITTLE, L.W.; LAMB, J.C. Acute toxicity of 46 selected dyes to the fathead minnow *Pimephales promelas*, American Dye Manufacturers Institute, 1972.
- LIN, S.H; CHEN, M.L. Purification of textile wastewater effluents by a combined Fenton process and ion exchange. *Desalination*, 109, p.121-130, 1997.
- KIRAN-CILIZ, N. Reduction in resource consumption by process modifications in cotton wet process. *Journal of Cleaner Production*, 11, p. 481-486, 2003.
- McINERNEY, J. Reciclado y Reutilizacion em La Industria Espanola de productora de fibras químicas In: Simposio Europeo sobre efluentes textiles: Reciclado, Reutilizacion e Disminucion de La contaminacion, sept. 1988.
- MENEZES, J.C.S., PIZZOLATO, T.M., SCHNEIDER, I.A.H. Avaliação do processo de coagulação, adsorção e reação de Fenton no tratamento de efluente de uma lavanderia industrial. *Química têxtil*, 79, p.36-48, 2005.
- OLIVEIRA, D.M. Utilização do Reagente de Fenton no pré-tratamento de efluentes têxteis com vistas à melhoria na sua biodegradabilidade. Um estudo de caso. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 75p.
- O'NEILL, C.; HAWKES, F.R.; HAWKES, D.C.; DELLE, W. Colour in textile effluent measurements, discharge consents and simulation: a review. *Journal of chemical technology and biotechnology*. V.74. p. 1009-1018, 1999.

RADA, Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental. Cia. Fiação e Tecidos Cedro Cachoeira, 2007.

RIBEIRO, L.G Introdução à tecnologia têxtil – CETIQT/SENAI, vol I, Rio de Janeiro, 1984.

SANIN, L.B.B. A indústria têxtil e o meio ambiente. Tecnologia e Meio Ambiente. Trabalho apresentado ao XIV congresso da FLAQT. Caracas. P. 13-34, 1997.

SCHOEBERL,P; BRIK,M.;FUCHS,W.Treatment and recycling of textile wastewater – case study and development of a recycling concept. Desalination, 171, p.173-183,2 004.

SOARES, H., Curso 23. Tratamento de efluentes industriais, X Congresso Nacional de estudantes de engenharia química, X CONEEQ. Florianópolis, 2000.

VERAS, A. Pesquisador do laboratório de microbiologia da Ambientech Tecnologia Ambiental – comunicação pessoal, 2008.