

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA E BIOLOGIA  
CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS AMBIENTAIS

CAMILA PEREIRA BRUN RIBEIRO

MARCILÉIA DE FÁTIMA CORRÊA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO DE UMA LAVANDERIA  
INDUSTRIAL ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E  
MICROBIOLÓGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA – PR

2013

CAMILA PEREIRA BRUN RIBEIRO

MARCILÉIA DE FÁTIMA CORRÊA

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO DE UMA LAVANDERIA  
INDUSTRIAL ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E  
MICROBIOLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão II, do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais do Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Real Prado

Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriane Freitas

CURITIBA – PR

2013

**CAMILA PEREIRA BRUN RIBEIRO**  
**MARCILÉIA DE FÁTIMA CORRÊA**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO DE UMA LAVANDERIA  
INDUSTRIAL ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E  
MICROBIOLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial à obtenção do grau de TECNÓLOGO EM PROCESSOS AMBIENTAIS pelo Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI) do Câmpus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela seguinte banca examinadora:

**Membro 1** – Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Claudia Regina Xavier  
Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

**Membro 2** – Prof. Dr. Júlio Cesar Rodrigues de Azevedo  
Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

**Orientador** – Prof. Dr. Marcelo Real Prado  
Departamento Acadêmico de Química e Biologia (UTFPR)

**Coordenadora de Curso** – Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Valma Martins Barbosa

Curitiba, 02 de maio de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por todas as oportunidades concedidas em nossas vidas.

Aos nossos pais, (Haroldo, Vilma e Liria – in memoriam – , Maria Ivone e Joel – in memoriam – pela educação que nos proporcionaram chegar até onde estamos pela paciência e carinho para que não desistíssemos.

As nossas irmãs que nos deram força, repassando um pouco do conhecimento que tiveram em sua carreira acadêmica.

Aos nossos companheiros que sempre nos estimularam e encorajaram a acreditar que poderíamos vencer mais este desafio em nossas vidas.

A Universidade Federal do Paraná e o LABEAM por conceder o laboratório para realizarmos as análises físico-químicas e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná para as análises microbiológicas.

Ao nosso orientador e co-orientadora, Marcelo e Adriane, que transmitiram seus conhecimentos e acreditaram em nosso projeto.

A nossa amizade que sempre se mostrou firme e consistente, apesar das discussões durante o desenvolvimento deste trabalho pela forte personalidade de cada uma, nos mostrando que é possível desenvolver um projeto complexo e obter um bom conhecimento como resultado final.

## RESUMO

As lavanderias industriais constituem um ramo da indústria química que utiliza métodos de degradação biológica para depuração de seu efluente, podendo ser por via aeróbia ou anaeróbia. Neste trabalho abordou-se o sistema de lodos ativados, que consiste em um tanque de aeração mecânica ou difusa fornecendo oxigênio para a microfauna presente no efluente para oxidar bioquimicamente os compostos orgânicos e inorgânicos. Logo, os decantadores secundários localizados após o tanque de aeração, acabam por receber um efluente com menor carga orgânica e conseguem liberar um efluente clarificado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de lodos ativados de uma lavanderia industrial através de análises físico-químicas e microbiológicas visando uma melhoria no tratamento dos despejos. As análises físico-químicas (DBO, DQO, N, P) foram realizadas em conjunto com as análises microbiológicas com o objetivo de caracterizar a composição do lodo ativado. O sistema de tratamento encontra-se em uma lavanderia industrial localizada no município de Almirante Tamandaré, Paraná. Os resultados apresentaram uma elevada carga orgânica e elevado teor de sólidos em suspensão, além de uma diversidade de microrganismos. A elevada vazão de efluentes no tanque e uma aeração ineficiente dificultaram a ação da microfauna em depurar a matéria carbonácea e promover seu desenvolvimento. Com a mudança do fluxograma do tratamento de efluentes no mês de Maio, houve um decréscimo na eficiência da redução da DBO, sendo um dos indicadores para avaliar a eficácia do sistema. Os resultados após a modificação da sequência de tanques – aeração anterior à etapa de equalização – evidenciou a importância em se seguir o modelo de tratamento biológico segundo as referências nesta área. Este estudo comprovou que a caracterização do efluente gerado em uma lavanderia industrial é de extrema importância para um correto monitoramento, visando assim diminuir os riscos e impactos ambientais deste ramo industrial.

Palavras chave: lavanderias industriais, lodos ativados, microfauna de lodos ativados.

## ABSTRACT

Industrial laundries constitute a branch of chemical industry that makes use of biological degradation for effluents depuration, through either an aerobic or anaerobic process. In this paper, the activated sludge system was approached, which consists of a mechanical or diffuse aeration tank that provides oxygen to the micro fauna present at the effluent for the biochemical oxidation of both organic and inorganic compounds. Therefore, the secondary decanters used after the aeration tank, end up receiving an effluent with a milder organic load and is able to release a clarified effluent. The objective of this paper was to evaluate the activated sludge system of a industrial laundry through analyses physicochemical and microbiological having an improvement in treatment. The physicochemical analyses were done together with the microbiological ones in order to characterize the activated sludge composition. The system is in an industrial laundry located in the city of Almirante Tamandaré, Paraná. The results show an addition to a high organic load and high solids in suspension and diversity of microorganisms. The high outflow of effluent to the tank and an inefficient aeration made difficult the work of the micro fauna in debugging the carbonaceous matter and promoting its development. Changing the effluent treatment flowchart on month of May resulted in a decrease of efficiency on the reduction of BOD, one of the indicators that evaluates the effectiveness of the system. The results after the modification in the sequence of tanks – aeration prior to equalization phase – indicate the importance in following the model of biological treatment according to the references in this area. This paper showed that the characterization of the effluent generated at an industrial laundry is extremely important a correct characterization and its monitoring to reduce the risks and impacts of this industry.

Keywords: industrial laundries, activated sludge, activated sludge microfauna.

## LISTAS

### LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de crescimento bacteriano .....	29
Gráfico 2: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Fevereiro .....	49
Gráfico 3: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Março .....	51
Gráfico 4: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Abril .....	53
Gráfico 5: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Maio.....	56
Gráfico 6: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Junho.....	60
Gráfico 7: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Julho.....	63
Gráfico 8: Variação de Sólidos no ponto de Entrada do Tanque de Aeração (mg/L) .....	64
Gráfico 9: Variação de Sólidos no Ponto de Saída do Tanque de Aeração (mg/L).....	64
Gráfico 10: Variação da série de Nitrogênio no ponto de Entrada do Tanque de Aeração (mg/L).....	65
Gráfico 11: Variação da Série de Nitrogênio no ponto de Saída do Tanque de Aeração (mg/L).....	65
Gráfico 12: Variação na DQO nos pontos de Entrada e Saída do Tanque de Aeração (mg/L).....	67

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros típicos de efluentes de lavanderias industriais.....	16
Tabela 2: Equipamentos utilizados durante as análises.....	45
Tabela 3: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Fevereiro .....	48
Tabela 4: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Março .....	50
Tabela 5: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Abril .....	52
Tabela 6: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Maio .....	54

Tabela 7: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Junho .....	58
Tabela 8: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Julho.....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do processo de Lodos Ativados na modalidade convencional ....	19
Figura 2: Divisão do material Orgânico e Inorgânico.....	21
Figura 3: Bactérias filamentosas encontradas entre os flocos .....	31
Figura 4: <i>Vorticella sp</i> (ciliado pedunculado).....	33
Figura 5: Organismo rotífero .....	34
Figura 6: Localização e área da Lavanderia.....	35
Figura 7: Tanque de lodo ativado da lavanderia de estudo.....	36
Figura 8: Fluxograma do processo inicial do estudo .....	37
Figura 9: Tanques separadores de óleos e graxas .....	38
Figura 10: Fluxograma do processo final do estudo.....	39
Figura 11: Característica dos flocos: A) Floco Ideal; B) Floco Pontual e C) Floco Disperso .....	45
Figura 12: Separadores de óleo/graxas da lavanderia industrial.....	57
Figura 13: Decantador secundário no início de operação .....	58
Figura 14: Decantador Secundário no mês de Julh.o .....	62

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Taxa de oxigenação .....	25
Equação 2: Relação Alimento/Microrganismos .....	25
Equação 3: Idade do lodo .....	26
Equação 4: Reações de Nitrificação e Desnitrificação .....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

ANEL – Associação Nacional das Lavanderias do Brasil

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IL – Idade do Lodo

ISO – International Organization for Standardization

IVL – Índice Volumétrico do Lodo

LA – Lodos Ativados

L - Litro

OD – Oxigênio Dissolvido

OHSAS - Occupational Health and Safety Advisory Services

pH – Potencial hidrogeniônico

PQMS-L - Programa da Qualidade, Meio Ambiente e Segurança em Lavanderias

Q – Vazão do efluente

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SSRL – Vazão de sólidos

SSTA – Sólidos Suspensos Voláteis Totais

TA – Tanque de Aeração

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1. Lavanderias no Brasil.....	15
3.2 Características dos efluentes de Lavanderias Industriais .....	15
3.3 Tratamentos de efluentes empregados em lavanderias .....	17
3.4 Tratamento de Lodos Ativados e seus parâmetros físico-químicos .....	18
3.4.1 Oxigênio Dissolvido .....	20
3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	20
3.4.3 Demanda Química de Oxigênio .....	20
3.4.4 Fósforo.....	22
3.4.5 Nitrogênio .....	22
3.4.6 Cor e Turbidez .....	23
3.4.7 Potencial Hidrogeniônico e Alcalinidade .....	23
3.4.8 Sólidos .....	24
3.4.10 Tanque de Aeração .....	25
3.4.11 Relação F/M .....	25
3.4.12 Índice Volumétrico do Lodo .....	26
3.4.13 Idade do Lodo.....	26
3.5 Microbiologia de Lodos Ativados.....	27
3.5.1 Crescimento Microbiano .....	28

3.5.2 Bactérias.....	29
3.5.3 Protozoários.....	32
3.5.5 Rotíferos .....	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1 Localização e estrutura da Lavanderia de estudo.....	35
4.2 Processo industrial e de tratamento de águas residuais.....	36
4.3 Amostragem.....	40
4.3.1 Amostragem de Fevereiro .....	41
4.3.2 Amostragem de Março.....	41
4.3.3 Amostragem de Abril .....	41
4.3.4 Amostragem de Maio.....	42
4.3.5 Amostragem de Junho.....	42
4.3.6 Amostragem de Julho .....	42
4.4 Análises Físico-químicas .....	42
4.5 Equipamentos utilizados para ensaios.....	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
5.1 Resultados de Fevereiro de 2012 .....	47
5.2 Resultados de Março de 2012 .....	50
5.3 Resultados de Abril de 2012 .....	52
5.4 Resultados de Maio de 2012 .....	54
5.5 Resultados de Junho de 2012 .....	58
5.6 Resultados de Julho de 2012.....	61
6 CONCLUSÃO.....	69
7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....	70

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição hídrica ocasionada por vias químicas, biológicas e físicas do setor industrial tem se tornado um problema constante para a sociedade (PEREIRA, 2004). Neste sentido, cabe ressaltar que qualquer alteração nos parâmetros físico, químicos ou biológico do corpo hídrico, que ultrapasse os padrões determinados pelo órgão competente é denominada poluição (GIORDANO et al, 2004)

Atualmente, tem se buscado desenvolver tecnologias sustentáveis e financeiramente viáveis para realizar um tratamento de águas residuais e disposição de resíduos adequados. O sistema de lodos ativados constitui uma das formas biológicas amplamente utilizadas para o tratamento de efluentes, uma vez que se utiliza uma pequena área para um processo de eficiência elevada (BENTO et al, 2005). O sistema baseia-se no consumo de oxigênio pelos microrganismos que visa oxidar a matéria orgânica em suspensão e dissolvida originando gás carbônico, água e flocos biológicos cuja denominação é biomassa (GIORDANO, 2004). A estruturação microbiana no lodo ativado relaciona-se com as condições de depuração e vazão do efluente.

As lavanderias industriais constituem um ramo da indústria química que se beneficia do processo de degradação a partir de comunidades microbianas com a finalidade de atender as exigências do CONAMA 357 sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os efluentes gerados por estas lavanderias são extremamente complexos devido à característica específica dos componentes lançados à estação de tratamento, como surfactantes, corantes e óleos que geram uma série de danos aos recursos hídricos (SALGADO et al, 2009).

Em 2010, a ANEL (Associação Nacional das Lavanderias do Brasil) em parceria com a SINDILAV (Sindicato de Lavanderias e Similares do Município de São Paulo e Região) iniciaram um estudo para promover uma Certificação do setor (industrial, hospitalar e jeans) que faz parte do Programa da Qualidade, Meio Ambiente e Segurança em Lavanderias (PQMS-L). Para obter tal certificado, as empresas terão que passar pelo processo de auditoria com base nas três normas consagradas no mercado

(ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS SAS 18001) e adaptado ao segmento de lavanderia. Após este processo cada empresa obtém um dos três selos, sendo ouro, prata ou bronze. No primeiro caso serão para aqueles que atingirem todos os requisitos exigidos pelo Referencial Normativo PQMS-L. Para o segundo caso, aquelas que atingiram implantar parte dos requisitos, e para o selo bronze, aquelas que obtiveram apenas os requisitos obrigatórios, tais como atendimento a exigência legal, manual de gestão e recursos mínimos para a operação básica de uma lavanderia. Esta preocupação em relação a sustentabilidade já vigora em pauta desde 2004, indicando a importância de uma legislação que atue neste mercado, que muitas vezes é um importante agente poluidor. (Revista TAE, 2011)

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é avaliar o sistema de lodos ativados de uma lavanderia industrial através de análises físico-químicas e microbiológicas visando uma melhoria no tratamento dos despejos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as etapas do sistema atual de tratamento das águas residuais da indústria;
- Avaliar a eficiência do tratamento pelo sistema de lodos ativados;
- Analisar a estrutura dos flocos biológicos atuantes no processo de degradação;
- Avaliar o efeito das mudanças nas características do efluente sobre os microrganismos no sistema de lodos ativados;
- Definir um modelo de procedimento adequado para tratabilidade do sistema.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As informações contidas na literatura acerca de tratamento de águas residuais e efluentes gerados em lavanderias serão apresentadas nesta fundamentação teórica.

#### 3.1. Lavanderias no Brasil

Com a realização de um dos maiores eventos no Brasil, a Copa do Mundo FIFA 2014, deve elevar até 8% de crescimento das lavanderias, segundo a ANEL. Em 2011, já se somavam 9 mil lavanderias, sendo 7,5 para atendimento ao consumidor e as demais distribuídas entre hotéis, hospitais e indústrias. Este mercado é um importante empregador, e segundo Paola Tucunduva, presidente da ANEL e também atuante na Associação Paulista de Apoio à Família, o setor emprega cerca de 300 mil funcionários. (GAZETA DO POVO, 2011)

A problemática das lavanderias industriais além do efluente gerado, rico em carga orgânica e um elevado pH, consiste na quantidade de água utilizada para o seu processo. O consumo deste bem natural é extremamente elevado. De acordo com Menezes (2005), o consumo de água pelo setor de lavanderias é estimado em 10% de toda a água consumida na região urbana. Alguns processos necessitam de diversas lavagens, pois há uma separação de acordo com o material, a origem podendo ser industrial, hoteleira, comércio, entre outros.

#### 3.2 Características dos efluentes de Lavanderias Industriais

A composição dos efluentes de lavanderias industriais depende dos compostos impregnados nas peças, o volume comportado pela lavanderia além dos insumos químicos utilizados no processo de lavagem. Os uniformes industriais apresentam substâncias contaminantes, logo os produtos empregados na lavagem devem conter propriedades mais agressivas (MENEZES, 2005). Outros insumos utilizados como

removedores de manchas, alvejantes e amaciantes contribuem para o aumento da carga orgânica do processo, sendo que os efeitos toxicológicos destes compostos e sua remoção ainda não estão bem esclarecidos.

A carga poluidora de lavanderias apresenta diversos corantes, alguns deles são considerados recalcitrantes e poluentes sendo, além disso, tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos para seres vivos (KUNZ et al.;2002). As águas residuais geradas na etapa da lavagem são compostas por frações de óleos e graxas, resíduos de corantes, solventes, desinfetantes, surfactantes, entre outros que originam altos teores de matéria orgânica e sólidos em suspensão e dissolvidos (SILVA, 2006). Os surfactantes quando presentes em meio aquoso são capazes de formar aglomerados a partir de uma determinada concentração. Esse grupo de colóides é denominado de micelas. Menezes (2005) cita que efluentes de lavanderias apresentam uma DBO de 2 a 5 vezes maior que a apresentada por esgotos domésticos. A lavagem desprende fibras de diversos tamanhos que juntamente aos detergentes e sabões produzem uma suspensão estável. A partir de certa estagnação do efluente ocorre uma decomposição por bactérias ocasionando mau cheiro.

Na Tabela 1 são apresentados os principais parâmetros analisados para fins de controle e monitoramento de efluentes de lavanderias industriais.

Tabela 1: Parâmetros típicos de efluentes de lavanderias industriais

Parâmetro	Concentração
pH	8 a 11
Sólidos Totais	> 1000 mg/L
Sólidos em Suspensão	30 a 300 mg/L
Alcalinidade Total	300 a 900 mg/L
DBO <sub>5</sub>	200 a 600 mg/L
DQO	500 a 2000 mg/L
Cromo Total	Maior que 3,0 mg/L (nos efluentes com tingimento)
Vazão	120 a 380 m <sup>3</sup> por 1000 m de tecido processado
Turbidez	Coloidal acinzentada
Cor Aparente	Depende do corante usado com predominância

### 3.3 Tratamentos de efluentes empregados em lavanderias

O tratamento das águas residuais de processos industriais é realizado para atender padrões específicos da legislação. Diversas etapas são empregadas com o intuito de melhorar a qualidade do efluente para que o corpo receptor não seja poluído além de questões de cunho legislativo e financeiro. Porém, poucas lavanderias possuem um sistema de tratamento de efluentes e as que o fazem não conseguem atingir a eficiência adequada devido aos sistemas simplificados que utilizam para cumprir tal objetivo (MENEZES, 2005).

Há uma série de estágios pelos quais o efluente é submetido, como:

- Pré-tratamento ou tratamento preliminar: Remoção do material grosseiro com o uso de grades ou peneiras.
- Primário: Remoção de parte dos sólidos suspensos e matéria orgânica através de processos físico-químicos.
- Secundário: Remoção de matéria orgânica suspensa ou dissolvida, nitrogênio, fósforo e outros poluentes através de processos biológicos.
- Terciário ou avançado: Remoção de sólidos residuais por meio de membranas, adsorção ou outro tratamento biológico, como lagoas. Nesta etapa enquadra-se a desinfecção e, em alguns tratamentos, a remoção de nutrientes.

Os métodos mais utilizados para o tratamento de efluentes de uma lavanderia são os tratamentos físicos, através de gradeamento seguido de caixas desarenadoras, e enfim o tratamento químico com uso de produtos químicos em processos de equalização do efluente (BARCELOS et al, 2005). O processo de coagulação-floculação, seguido de flotação ou filtração são utilizados para efetuar a separação do sólido-líquido. A etapa terciária é geralmente realizada por lagoas de estabilização ou outros processos biológicos, sendo o volume de lodo gerado um dos inconvenientes desse processo (MENEZES, 2005).

### 3.4 Tratamento de Lodos Ativados e seus parâmetros físico-químicos

Os processos de tratamento de efluentes no setor têxtil são iniciados geralmente por operações físico-químicas seguido de sistemas biológicos, sendo comumente empregado o processo por lodos ativados. Este sistema iniciou-se em 1897, na Inglaterra, denominado inicialmente de filtro biológico. Seu funcionamento era baseado na recirculação de esgotos em um tanque contendo pedregulhos, e na época, correlacionava-se a depuração deste esgoto com a formação de limo. Porém, a denominação de filtro biológico foi errônea, pois o conjunto de pedras comportava-se como suporte para aderência da massa microbiana e esta realizava oxidação bioquímica (CHAGAS, 2000).

Com o decorrer do tempo essas unidades tornaram-se muito limitadas devido à operação descontínua, o rápido preenchimento do tanque e seu ciclo operacional. A partir da evolução nos mecanismos de fluxo e distribuição de efluente o sistema passou a ser amplamente utilizado (CHAGAS, 2000).

Os lodos ativados usuais são constituídos por um tanque de aeração, também denominado de reator biológico, e decantadores secundários. O fluxo de entrada do efluente procede pelo tanque de aeração cujo objetivo é introduzir oxigênio de modo a garantir a sobrevivência da microfauna para que seja realizada a depuração do material. Os decantadores tem a função de separar os sólidos em suspensão permitindo a saída do efluente clarificado e promover o adensamento dos mesmos retornando-os para o reator. O papel dos decantadores secundários é extremamente importante visto que é a última etapa de todo tratamento.

Após o efluente passar pelo decantador secundário, parte do lodo retorna para o tanque biológico a fim aumentar a população microbiana, já que neste lodo existem bactérias ainda ativas capazes de remover a matéria orgânica. Partindo do princípio de que quanto maior a concentração da biomassa, maior a quantidade de substrato e, portanto maior carga de DBO será removida. De acordo com Von Sperling (2002), o modelo correto para o tratamento é descrito na Figura 1.

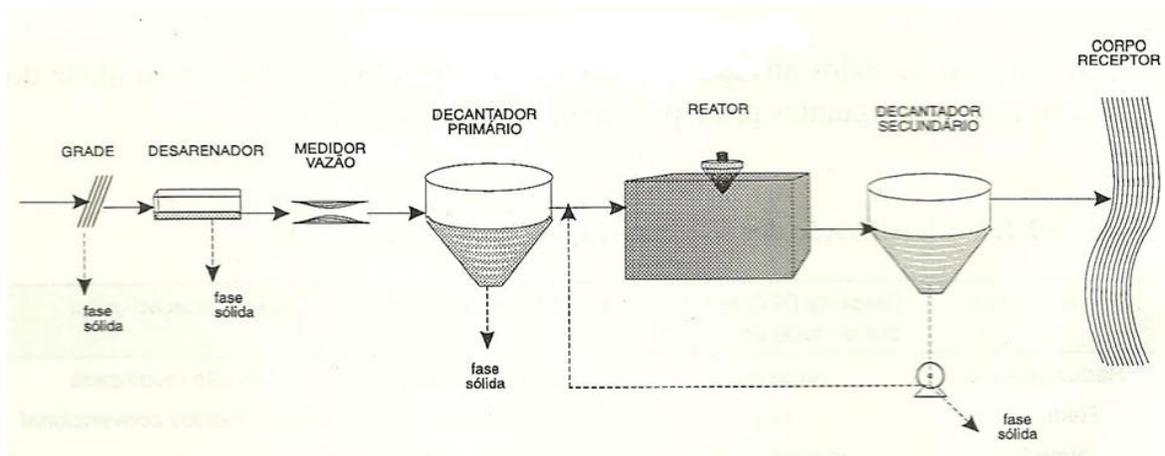


Figura 1: Fluxograma do processo de Lodos Ativos na modalidade convencional

A quantidade de matéria orgânica presente em uma estação de tratamento é uma das características para se determinar o teor de oxigênio dissolvido no sistema. Os organismos presentes em tratamentos biológicos consomem oxigênio para realizar seus processos metabólicos e assim estabilizar a carga orgânica, sendo os principais componentes desta biomassa as proteínas, carboidratos, óleos e gorduras.

Como há uma grande diversidade de microrganismos neste ambiente, muitas vezes acaba sendo difícil determinar os diversos componentes da matéria orgânica. Para isto, são utilizados métodos indiretos para quantificar esta carga orgânica por seu potencial poluidor, como a medição da Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio e Carbono Orgânico Total. Para estas análises são utilizados os sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos provenientes de matéria orgânica animal e vegetal juntamente com os microrganismos (VON SPERLING, 2002), além dos nutrientes que a microfauna necessita para o seu metabolismo a fim de desempenhar seu papel de depurar o efluente em questão, para então lançar aos corpos d'água.

Quando a fonte de alimento (substrato) torna-se um fator limitante, as bactérias acabam por utilizar suas reservas intracelulares ou respiração endógena. Em consequência deste fato, tem-se um decréscimo de oxigênio no meio. Porém, a situação adversa, onde há um aumento de oxigênio além do que as bactérias podem consumir, ocorre à predominância de organismos filamentosos. Segundo Nunes (2012) tais organismos diminuem a densidade do lodo.

Para melhor entendimento dos parâmetros citados, segue uma breve explicação dos próprios no tratamento de lodo ativado (JORDÃO, 2009).

#### 3.4.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é um elemento de extrema importância em um tratamento de efluente aeróbio. É necessário fornecer oxigênio ao processo seja por absorção pela atmosfera ou por meios mecânicos como injeção de ar, modalidade usual em sistemas de tratamento (JORDÃO, 2009).

A aeração insuficiente em sistemas de ar difuso é notada pelas áreas sem agitação na superfície do líquido provocadas pelo entupimento dos poros ou pela distribuição desigual do ar. A ineficiência de oxigênio dissolvido também é observada no decantador secundário quando há presença de flocos sob a superfície. Essa situação demonstra uma condição de anaerobiose, seja pela deficiência de retirada do lodo ou escassez de oxigênio no tanque de aeração (JORDÃO, 2009).

#### 3.4.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A DBO é um parâmetro para indicar o grau de matéria orgânica presente no sistema biodegradável. Ela mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidar bioquimicamente a matéria orgânica presente na amostra, após certo tempo (como padrão utiliza-se um período de 5 dias – DBO<sub>5</sub>) em uma temperatura padrão de 20°C (NUNES, 2012).

#### 3.4.3 Demanda Química de Oxigênio

A DQO é utilizada para quantificar o oxigênio necessário para degradar a matéria orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato

de potássio em solução ácida. Este teste é normalmente utilizado para caracterizar um efluente por possuir um tempo de reposta menor, sendo de 2h. (HAANDEL, 1999)

Segundo Jordão (2009) a DQO é subdividida em 4 frações como ilustrado na Figura 2:

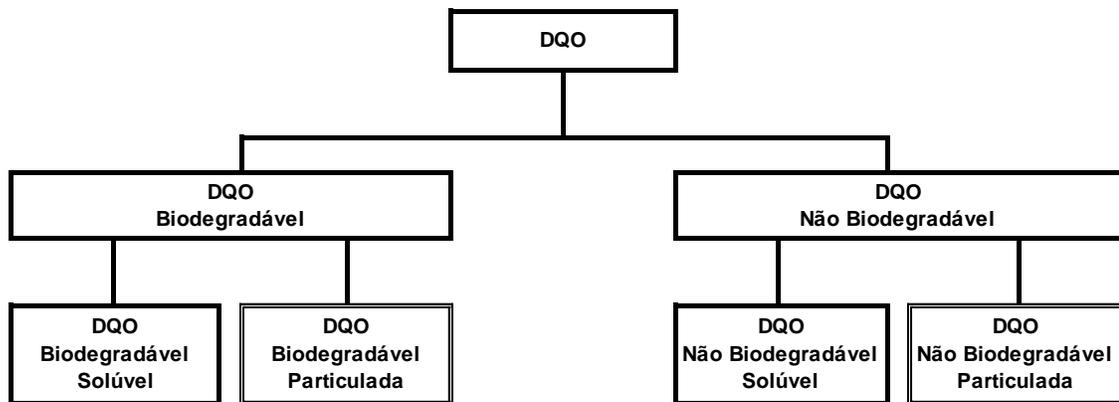


Figura 2: Divisão do material Orgânico e Inorgânico

Fonte: Jordão, 2005

Os microrganismos assimilam a matéria orgânica biodegradável solúvel através da penetração dos substratos pela parede celular das bactérias, sendo assim rapidamente consumida. Porém, a matéria orgânica biodegradável particulada deve formar primeiramente os flocos para que os microrganismos possam aderir aos mesmos. Posteriormente, este material particulado é hidrolisado e solubilizado para o metabolismo microbiano.

A DQO biodegradável é metabolizada por processos químicos e bioquímicos pelos microrganismos, utilizando substâncias orgânicas e pode ser dividida em solúvel e particulada. A primeira é metabolizada na parede celular das bactérias enquanto a segunda ocorre inicialmente uma floculação seguida de adsorção à superfície dos flocos de microrganismos, sendo apenas uma parcela metabolizada. A estes dois tipos de degradação denomina-se o lodo ativo. A DQO não biodegradável pode seguir dois caminhos diferentes, sendo a fração solúvel que irá se solubilizar no efluente e não

sofrer metabolização e a particulada que irá flocular e constituir o lodo inerte. (JORDÃO, 2009).

#### 3.4.4 Fósforo

Este parâmetro é necessário para que o sistema de lodos ativados consiga realizar os processos biológicos aeróbios. Para este sistema a condição ótima de nutrientes encontra-se na proporção de 100:5:1 que corresponde a DBO:N:P. O fósforo em excesso causa um processo chamado de eutrofização, ou seja, um crescimento acelerado de algas que desencadeia um aumento nos consumidores primários e conseqüentemente os próximos níveis da cadeia alimentar. Com o crescimento excessivo da população local, o oxigênio dissolvido torna-se escasso e os organismos mais sensíveis a essa variação não conseguem sobreviver e, portanto, entram em decomposição gerando poluição e má qualidade da água local. (JORDÃO, 2009)

#### 3.4.5 Nitrogênio

O nitrogênio pode estar presente em um sistema de diversas formas, tais como, amônia, gás nitrogênio, nitrato ou nitrito.

O nitrogênio orgânico presente em aminoácidos e proteínas é transformado em nitrogênio amoniacal através das bactérias presentes no lodo durante a oxidação biológica. A amônia é então transformada em nitrito na presença de oxigênio e bactérias denominadas *Nitrossomas*. Este nitrito é então oxidado a nitrato sem o auxílio do oxigênio e com a presença das bactérias do gênero *Nitrobacter*. A presença do nitrito no lodo ativado é pequena, pois sendo este muito instável, oxida-se rapidamente a nitrato. Logo, os nitratos tornam-se a forma final já estabilizada. Quando há falta de oxigênio para que as bactérias consumam o nitrato, ocorre a morte destas e então gera novamente o nitrogênio amoniacal, o que completa o ciclo do nitrogênio (HAANDEL, 1999).

A falta de oxigênio dissolvido no efluente obriga as bactérias a utilizarem o nitrato como oxidante alternativo (HAANDEL, 1999).

#### 3.4.6 Cor e Turbidez

A cor é definida pelo teor de matéria orgânica presente no ambiente aquático, enquanto a turbidez é caracterizada pela quantidade de matéria em suspensão. Segundo Jordão (2009) é comum utilizar de resultados de turbidez para determinar a dosagem de reagente para a coagulação química.

A coloração pode ser utilizada como um parâmetro para se analisar a qualidade do efluente, podendo ser fresco, velho, com maiores cargas de despejo de indústrias, por exemplo. O efluente com uma coloração mais acinzentada é típico de um ambiente fresco. A coloração preta a de um efluente velho e com pouca decomposição, ou em casos de efluente de indústrias têxtil podem ser de acordo com o corante em maior presença.

#### 3.4.7 Potencial Hidrogeniônico e Alcalinidade

O pH de uma amostra determina o logaritmo negativo da concentração de íon hidrogênio. Este parâmetro é de extrema importância na digestão anaeróbia e processos oxidativos.

A alcalinidade é um parâmetro que indica a capacidade da água em resistir às mudanças de pH.. A adição de coagulantes químicos no processo de tratamento de efluentes depende do teor de alcalinidade no efluente. A alcalinidade está relacionada com a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (JORDÃO, 2009). Em meio ácido, há a tendência da proliferação de fungos resultando em um lodo filamentososo, ou seja, com baixa sedimentabilidade.

### 3.4.8 Sólidos

Em um sistema de tratamento de efluentes, o sólido consiste em um problema ao ser retirado do tanque de lodo ativado, pois seu tratamento ou correta destinação possui implicações ambientais. Os sólidos podem ser divididos em diversas frações de solo presentes na água. Por exemplo, podem ser em função das partículas presentes (suspensão, coloidais e dissolvidos), em função da sedimentabilidade (sedimentáveis, flutuantes e não sedimentáveis), em função da secagem (fixos e voláteis) e em função da secagem em temperatura média (totais, suspensão totais e dissolvidos totais). Em linhas gerais sofrem o processo de secagem, calcinação e filtração sendo divididos em: totais, dissolvidos, em suspensão, fixos e voláteis. (APHA; 1998).

Os sólidos sedimentáveis representam o material em suspensão que possui a capacidade de sedimentar, sendo importante quando se pretende verificar as dimensões apropriadas para o tanque de aeração. Se o dimensionamento atribuir um valor pequeno ao TA e o efluente conter um teor de sólidos considerável, o tanque de aeração apresentará zonas anaeróbicas gerando maus odores com a decomposição da matéria orgânica através das bactérias. (VON SPERLING, 2002).

Os sólidos em suspensão são utilizados para expressar a unidade de massa das células microbianas. Entretanto nem toda esta matéria participa da conversão do substrato orgânico, sendo uma parte inorgânica considerada inativa devida sua atuação no processo biológico. A parte orgânica, fração ativa que estabiliza o substrato, é denominada de sólidos em suspensão voláteis. Esta última constitui a fração orgânica da biomassa, por obter a propriedade de ser volatilizada e produzir gás durante o processo de oxidação. A massa orgânica ainda é dividida em biodegradável e não biodegradável (VON SPERLING, 2002).

Segundo o Manual da Acqua Engenharia (2010) algumas relações são de fundamental importância para a análise do efluente gerado em um tanque de lodo ativado. Será descrito a seguir algumas dessas relações que devem ser levadas em consideração para avaliar o tanque de LA, baseado neste manual.

### 3.4.10 Tanque de Aeração

A taxa de oxigenação é a relação entre quanto de oxigênio está presente no tanque, de acordo com o que o sistema fornece, e a carga orgânica de entrada do tanque, ou quanto de matéria orgânica. É expressa em kg O<sub>2</sub>/ kg DBO :

Equação 1: Taxa de oxigenação

$$Ta = \frac{CA \text{ (kg O}_2\text{/d)}}{CO \text{ (kg DBO/d)}}$$

Onde:

Ta = Taxa de oxigenação

CA = Capacidade de aeração

CO = Carga Orgânica de Entrada

### 3.4.11 Relação F/M

Esta relação indica a quantidade de alimento que está presente no sistema pela população de organismos. É usualmente expresso em DBO e é utilizado para verificar a condição em que o LA está operando e se o processo está sendo satisfatório ou insatisfatório. Para calcular esta relação utilizamos os seguintes parâmetros:

Equação 2: Relação Alimento/Microrganismos

$$F/M = \frac{CO_e \text{ (kg DBO/d)}}{V \text{ (m}^3\text{)} \times SSTA \text{ (g/L)}}$$

Onde:

CO<sub>e</sub> = Carga orgânica de entrada;

V: Volume do tanque de aeração;

SSTA: Sólidos suspensos voláteis quantificando a massa microbiana presente.

### 3.4.12 Índice Volumétrico do Lodo

O IVL tem como objetivo quantificar o volume em mililitros que é ocupado por um grama de sólidos em suspensão após uma sedimentação de 30 minutos e indicar qualitativamente os padrões de sedimentabilidade do lodo. (JORDÃO, 2009).

Algumas interferências importantes podem ser notadas no ensaio de IVL que influenciam nas condições reais de sedimentação. O cone graduado denominado Cone Imhoff é utilizado para o teste de decantação. Apresenta paredes estreitas e a fabricação é feita em vidro ou plástico e pode afetar a sedimentação. Caso a concentração de sólidos no tanque de aeração seja crescente, a tendência do IVL é maximizada. Porém, a partir de uma determinada concentração, o IVL tende a diminuir apresentando assim boas condições de sedimentabilidade. Mas a situação real é de um lodo que sedimenta rapidamente no teste Imhoff e que, depois de certo tempo, tende a flocular e subir para a superfície novamente (JORDÃO, 2009).

### 3.4.13 Idade do Lodo

Conhecer qual a idade do lodo é de fundamental importância, pois representa o tempo médio em que a massa de lodo permanece no sistema. Pode ser expresso dividindo-se o valor encontrado de lodo seco presente no tanque, os sólidos suspensos voláteis (SSTA), pela quantidade retirada por dia do sistema dito, ou seja, os sólidos presentes na vazão do efluente que retorna (SSRL). Este lodo é chamado de lodo de excesso. Para obter esta relação utilizamos a seguinte expressão:

Equação 3: Idade do lodo

$$IL \text{ (dias)} = \frac{\text{Vol. Do Tq. de Aeração (m}^3\text{) x SSTA (g/L)}}{\text{Vazão de Lodo em Excesso (m}^3\text{/d) x SSRL (g/L)}}$$

#### 3.4.14 Inventário de sólidos

Expressa a quantidade de organismos presente no tanque de aeração. Segundo a equação abaixo (ABTCP, 1994):

Equação 4: Inventários de sólidos

$$IV = \frac{\text{Volume do tanque (m}^3\text{)} \times \text{SSTA (mg/L)}}{1000}$$

#### 3.5 Microbiologia de Lodos Ativados

A comunidade microbiana existente em lodos ativados apresenta características específicas devido às peculiaridades do ambiente como turbidez, aeração forçada e turbulência, cuja influência é percebida no desenvolvimento dos microrganismos. A massa biológica presente nesses processos é então denominada microfauna (VAZOLLER et al, 1989). As bactérias filamentosas são as principais responsáveis pela formação da biomassa, porém a microfauna mantém o equilíbrio do sistema agindo na floculação, na demanda bioquímica de oxigênio e na remoção de *Escherichia coli*. As modificações ocorrentes no meio impactam diretamente na eficiência do processo visto que a microfauna é extremamente sensível a alterações nas condições físico-químicas e ambientais (BENTO et al, 2005).

Os processos biológicos para degradação de componentes orgânicos em efluentes dão suporte para o crescimento de diversos microrganismos que indicam a qualidade do sistema. A partir das condições que o lodo ativado oferece, alguns grupos microbianos tendem a se destacar pela eficiência do seu metabolismo em assimilar os nutrientes. Porém, a turbulência é um fator adverso à biodiversidade da microfauna, pois não permite que o meio se estabilize para o desenvolvimento de microrganismos maiores. Um meio turbulento apresenta dificuldades em desenvolver algas devido à re-

suspensão de sólidos e, como consequência, provocando a turbidez (Acqua Engenharia; 2010).

As análises microbiológicas de lodos aerados visam fornecer informações acerca da eficiência do sistema. Tal método é uma ferramenta de controle de remoção e sobrecarga da carga orgânica, da sedimentação do lodo, da aeração adequada para os microrganismos, que podem gerar ações imediatas para que o desempenho do lodo ativado seja constante (Acqua Engenharia; 2010). Há grandes grupos que dominam o sistema de lodos ativados sendo eles, as bactérias e protozoários (VAZOLLÉR, 1989).

### 3.5.1 Crescimento Microbiano

O crescimento microbiano é observado em quatro fases distintas. Em sistemas biológicos, com alimentação contínua, todas as etapas descritas abaixo ocorrem simultaneamente (VAZÓLLER, 1989).

3.5.1.1. Fase Lag: Considerada a fase de adaptação dos microrganismos às condições do meio e a quantidade de substrato para seu desenvolvimento enzimático.

3.5.1.2. Fase de crescimento exponencial: Com a adaptação já realizada e os substratos assimilados, a divisão das células tende a se multiplicar atingindo o crescimento máximo.

3.5.1.3. Fase estacionária: O meio torna-se escasso devido ao consumo exponencial de substrato. A comunidade microbiana é estabilizada, pois a síntese de novas células torna-se igual à morte de células vivas.

3.5.1.4 Fase de endógena (declínio): Há uma minimização na quantidade de microrganismos em face da limitação de nutrientes que se reduz ao mínimo. Neste período, os organismos passam a utilizar suas próprias reservas protoplasmáticas, como consequência, parte dos organismos morre ou sofre uma lise.

Tais fases mencionadas acima podem ser ilustradas conforme o gráfico 1 abaixo:



Gráfico 1: Curva de crescimento bacteriano

Fonte: <http://caseoliveiraambientalista/microbiologia>

### 3.5.2 Bactérias

As bactérias são organismos procariontes unicelulares com tamanho variável entre 0,5 e 6,0 milímetros. Apresentam-se em diversas formas no microscópio como bastonetes, cocos, espirais entre outras. Os sólidos do efluente são adsorvidos pelas bactérias e estas geram enzimas para degradá-los em frações menores para que as células possam assimilar. Esse conteúdo energético é absorvido pela bactéria a fim de promover seu crescimento. (ROSA, 2009)

A composição da célula bacteriana apresenta carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre considerados os principais elementos para a síntese e manutenção da estrutura celular. Os ditos microelementos como cálcio, ferro, magnésio e sódio e os elementos traços como Manganês, Níquel e Zinco também são utilizados pelas bactérias, contudo em escalas inferiores aos macro elementos (COSTA; 2009).

### 3.5.2.1. Bactérias formadoras de flocos

As principais funções realizadas pelas bactérias formadoras de flocos incluem a remoção da matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e sólidos finos. A formação dos flocos é inicialmente gerada pelas bactérias formadoras de flocos, porém ocorre-se num processo espontâneo com o aumento do tempo de retenção. A partir do desenvolvimento dos flocos, há a geração dos protozoários ciliados, rotíferos, entre outros que aumentam a eficiência do sistema biológico (COSTA, 2009)

Os flocos ideais são originados a partir do equilíbrio entre organismos filamentosos e formadores de flocos. O sobrenadante encontrado deve ser claro e o IVL baixo (JORDÃO, 2009).

### 3.5.2.2. Bactérias Filamentosas

O grupo das filamentosas, além das bactérias, contem os fungos filamentosos e algas, mas que se apresentam como frações minoritárias. (COSTA, 2009). Para a formação do floco biológico, as bactérias filamentosas unem-se às outras bactérias formando um aglomerado. Deste modo, protozoários e ciliados pedunculados se fixam nestes ambientes, enquanto ciliados livres-nadantes, por não precisarem de um meio estático, movimentam-se de forma livre (Acqua Engenharia; 2010).

O crescimento excessivo das bactérias filamentosas é capaz de ocasionar o intumescimento do lodo ou bulking. Esse fenômeno é originado pela má sedimentação do lodo no decantador secundário derivado do aumento de filamentosos e escassez de substratos. Alguns fatores propiciam a formação de bulking no sistema como, por exemplo, a deficiência de oxigênio dissolvido e nutriente, presença de compostos reduzidos de enxofre e baixa F/M (COSTA, 2009). Porém, quando o desenvolvimento de tais bactérias é falho ou baixo, os flocos originados são pequenos e, portanto, não apresentam as características básicas para a sedimentação ocorrendo o pin-point. Esse processo também ocorre com o aumento de fungos filamentosos (VAZÓLLER; 1991).

A figura 3 ilustra um grupo de bactérias filamentosas encontradas em sistemas de lodos ativados.

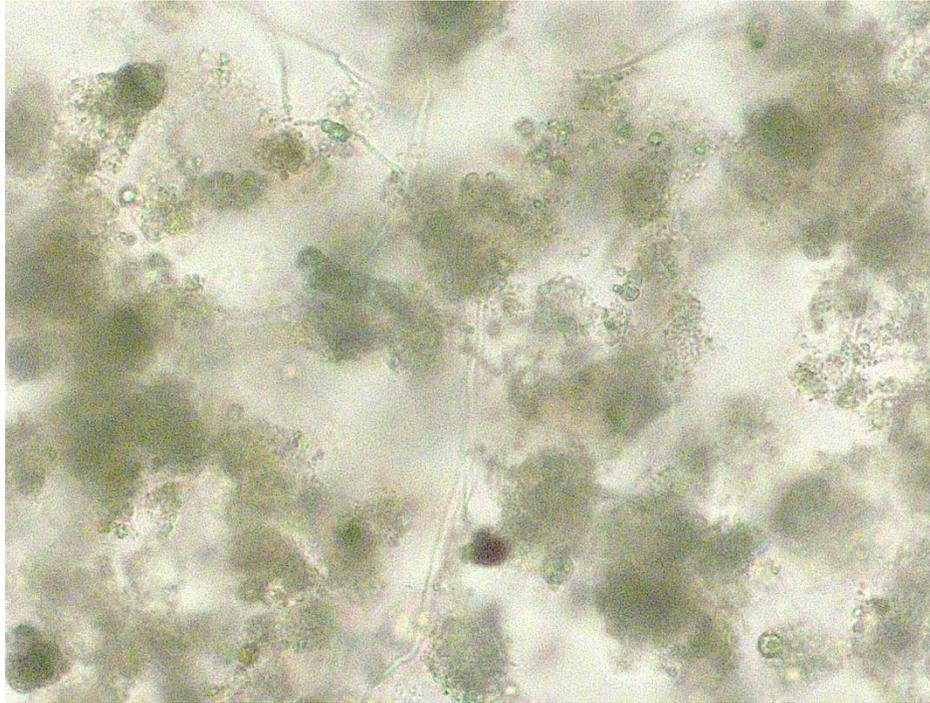


Figura 3: Bactérias filamentosas encontradas entre os flocos

As bactérias filamentosas em conjunto com quantidades significativas de sólidos acarretam na geração de espuma de forma excessiva tanto em área superficial quanto em espessura em tanques de aeração. Essa combinação afeta a eficiência do sistema devido às características como má distribuição e/ou insuficiência de oxigênio além de sobrecarga na estação (JORDÃO, 2009).

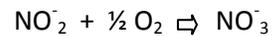
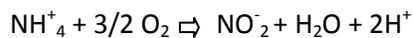
Os Fungos são eucariontes, heterotróficos, uni ou pluricelulares e apresentam a capacidade de crescer em meios com baixo teor de umidade. A maioria se desenvolve em pH baixo e participam da decomposição da matéria orgânica. Em lodos ativados, os fungos formam uma rede de filamentos que, em excesso, contribuem o bulking filamentoso cuja característica principal é a dificuldade de sedimentação dos flocos. Desta forma, a claridade e qualidade do efluente é comprometida e, geralmente, está associada ao baixo pH em que tais organismos atuam. (BITTON, 2011)

### 3.5.2.3. Bactérias Nitrificantes

As bactérias nitrificantes do gênero *Nitrosomas* são responsáveis pela nitrificação – oxidação da amônia à nitrito – seguida da desnitrificação – redução do nitrato à nitrogênio gasoso – ocasionado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*.

As reações de nitrificação e desnitrificação são apresentadas na equação 4.

Equação 4: Reações de Nitrificação e Desnitrificação



As reações que reduzem o nível de amônia são realizadas pelos gêneros descritos acima e ocorrem somente na presença de oxigênio dissolvido. (OLIVEIRA, et al; 2006).

As bactérias desnitrificantes conseguem utilizar o nitrogênio, em suas diversas formas, para oxidar a matéria orgânica com a finalidade de obter energia e carbono. Apesar das possibilidades de metabolização advindas do Nitrogênio, sua preferência é pelo oxigênio molecular livre que promove um crescimento mais acelerado e libera maior quantidade de energia para as células (COSTA, 2009)

### 3.5.3 Protozoários

Os protozoários são organismos unicelulares, eucariontes e heterotróficos que apresentam organelas para locomoção e captura de substrato. As bactérias, algas e componentes orgânicos são fontes de nutrientes para estes organismos que possuem a função de manter o equilíbrio e ajudar a purificar o meio.

Em lodos ativados, os protozoários ciliados pedunculados e livres nadantes demonstram um lodo bem depurado, enquanto o predomínio de flagelados indica uma

aeração de baixa eficiência com má depuração do lodo além da sobrecarga orgânica. O subgrupo de protozoários mais importantes são os ciliados, pois sua estrutura ciliada permite uma rápida movimentação e captura de matéria orgânica. Nunes (2012) afirma que a presença de *Vorticella* – ciliado pedunculado – e baixa concentração de ciliados livres indica um efluente de má qualidade, porém a predominância somente de ciliados livres indica nitrificação do meio. Este organismo pode ser visualizado na figura 4.



Figura 4: *Vorticella* sp (ciliado pedunculado)

Fonte: <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Ciliophora/Vorticella>

No grupo dos protozoários encontram-se também os rizópodes. São organismos pseudópodes, por apresentarem falsos meios de locomoção (pés), e podem ser divididos em amebas e tecamebas. Juntamente com flagelados e ciliados, contribuem significativamente para a redução da DBO, sólidos em suspensão e diminuem o número de bactérias, inclusive as de cunho patogênico.

Bitton (2011) afirma que há uma relação inversa entre o número de protozoários e o carbono orgânico / concentração de sólidos suspensos. Sendo assim, grande quantidade de ciliados unidos à rotíferos indicam uma baixa DBO. Qualquer mudança ocasionada na estação é percebida na relação F/M, nitrificação ou oxigênio dissolvido entre outros fatores que afetam o processo de lodo ativado.

### 3.5.5 Rotíferos

Organismos rotíferos são aeróbios, multicelulares e heterotróficos caracterizados pelos cílios encontrados ao redor da cabeça que servem para locomoção e captura de alimento. Consomem bactérias, algas e material orgânico e os principais exemplos são: *Rotaria citrinus*, *Philodina roseolla*, *Philodinavus paradoxus* entre outros. São organismos que não contribuem consideravelmente para a estabilização da matéria orgânica (JORDÃO, 2009).

Rotíferos são indicadores de boas condições de aeração e depuração da matéria orgânica presente no lodo. Na figura 5 é possível visualizar este microrganismo.



Figura 5: Organismo rotífero

Fonte: <http://catusaeg.blogspot.com.br/2010>

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização e estrutura da Lavanderia de estudo

A Lavanderia de estudo situa-se na cidade de Almirante Tamandaré, no estado do Paraná, abrangendo uma área de 8.900 m<sup>2</sup> como demonstra a Figura 6.



Figura 6: Localização e área da Lavanderia

Fonte: <http://maps.google.com.br> - 2013

De acordo com o Cadastro Industrial do Instituto Ambiental do Paraná – IAP – a lavanderia localiza-se na Bacia Hidrográfica do Iguaçu sendo o corpo receptor do efluente tratado um córrego afluente do rio Barigui.

O Tanque de aeração, onde as coletas foram realizadas, apresenta as dimensões de 22m de comprimento x 10m largura x 6,3m de profundidade, totalizando um volume de 1386 m<sup>3</sup>, conforme pode ser visualizado na Figura 7. A vazão é variável em vista da procura pelos serviços da lavanderia, porém possui em média 100 m<sup>3</sup>/d, considerando que o período de funcionamento da empresa é de 17 horas diárias. O tempo de retenção do efluente no tanque de aeração é de aproximadamente 72 horas conforme relata o técnico de segurança e meio ambiente da empresa.



Figura 7: Tanque de lodo ativado da lavanderia de estudo

#### 4.2 Processo industrial e de tratamento de águas residuais

O processo industrial da lavanderia apresenta as seguintes etapas: separação dos materiais de acordo com a forma de higienização; lavagem; centrifugação; secagem; acabamento (etapa referente somente a produtos têxteis); embalagem e entrega para o cliente.

A lavanderia possui duas linhas de tratamento de suas águas residuais durante a caracterização do efluente. A geração de efluente principal é oriunda da higienização de materiais como toalhas industriais e toalhas contínuas, uniformes em geral, tapetes, limpeza dos ambientes internos, entre outros. A segunda linha de geração é pertinente ao efluente doméstico, sendo composta por águas residuais de banheiros e refeitório, com o objetivo de aumentar a fauna microbológica.

Inicialmente, o esgoto doméstico era direcionado para o tanque de equalização a fim de obter um efluente com maior estabilidade de sólidos para, em seguida, ser lançado no tanque de aeração. Portanto, o fluxograma apresentado na Figura 8 condiz com as análises realizadas entre Fevereiro e Abril de 2012 e retrata o percurso do efluente durante o seu tratamento, sendo denominado um sistema de lodo ativado do modo convencional:

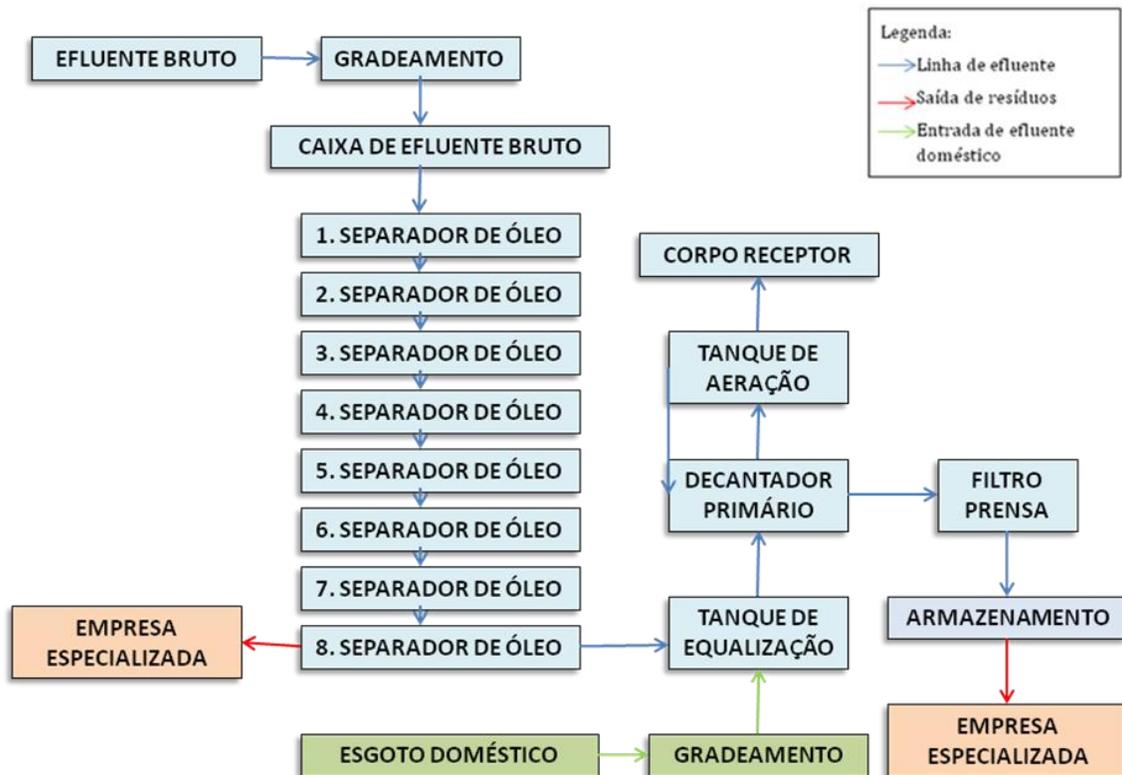


Figura 8: Fluxograma do processo inicial do estudo

O processo de tratamento inclui separadores de óleos e graxas, conforme Figura 9, devido ao grande número de peças (têxteis, equipamento de proteção individual, entre outros) da indústria mecânica, petroquímica e siderúrgica. Logo, para que o tratamento biológico seja efetivo, o teor dessas substâncias orgânicas deve ser minimizado para que ocorram as trocas gasosas na interface ar/efluente (SÃO PAULO; 2007)



Figura 9: Tanques separadores de óleos e graxas

Diante da dificuldade em retirar a maior quantidade possível de óleos e graxas que seguem para o tratamento biológico, o técnico seguindo instruções de empresas especializadas em tratamento, instalou uma centrífuga antes da lavagem com a finalidade de que tais componentes sejam retidos no início do processo.

Neste novo modelo, o esgoto doméstico é lançado diretamente no tanque de aeração como uma forma de maximizar a microfauna. As coletas dos meses de Maio à Julho de 2012 foram realizadas de acordo com o fluxograma apresentado na figura 10:

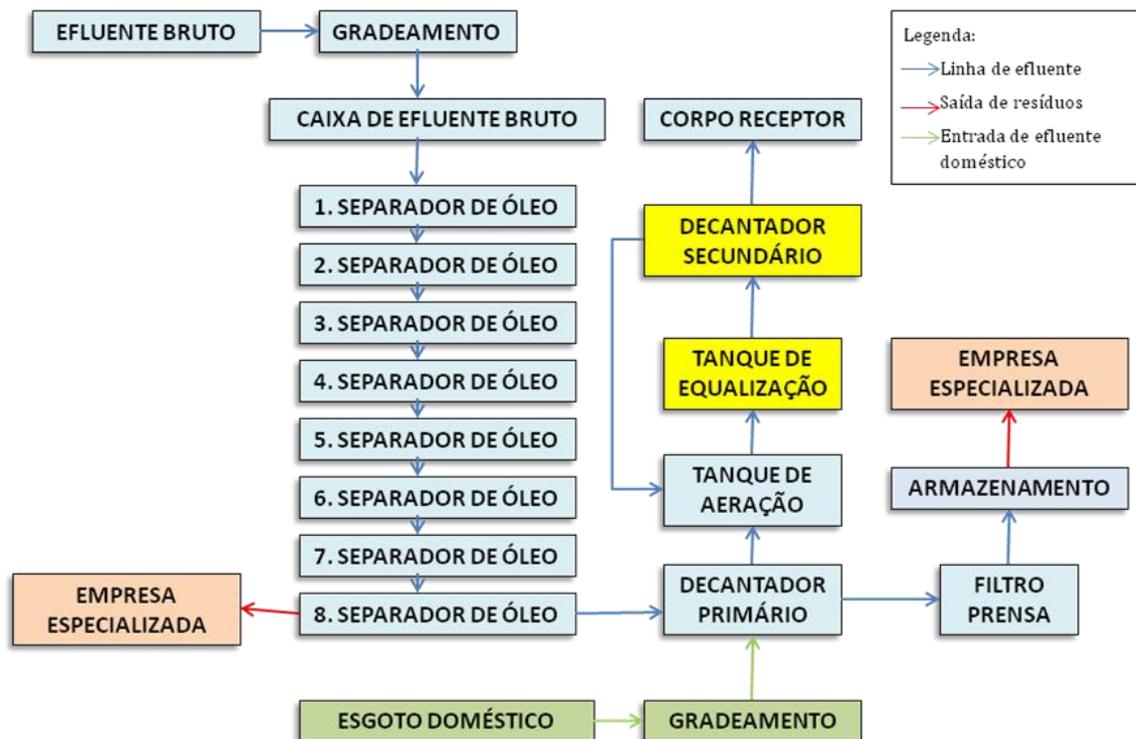


Figura 10: Fluxograma do processo final do estudo

Para o tratamento deste efluente são utilizados alguns insumos para a higienização diária, como: neutralizantes (60 litros); detergentes (60 litros); amaciantes (20 litros) e alvejantes (60L). Tais substâncias surfactantes provocam a formação de espuma em corpos hídricos, dificultam a transferência de oxigênio além de alterarem a sedimentação dos sólidos em suspensão (RAMOS; G. R.; 2002).

Portanto, para este estudo foi dividido em 2 partes, sendo o fluxograma 1 referente aos meses de Fevereiro a Abril e o fluxograma 2 referente aos meses de Maio a Julho.

### 4.3 Amostragem

As coletas foram realizadas de acordo com o manual da Acqua Engenharia (2010), o qual afirma que os pontos estratégicos para a coleta são próximos ao meio do tanque e próximos à saída, a fim de analisar a eficiência de depuração da matéria orgânica em um ponto próximo a saída em relação ao efluente no meio do tanque, que já passou por um processo de homogeneização. O ponto denominado P1 refere-se ao efluente coletado aproximadamente à 1m da entrada, ou seja, no ponto de entrada. Enquanto, o ponto P2 refere-se ao efluente coletado adjacente à saída, ou seja, ponto de saída. Por medidas de segurança, o ponto P1 não pode ser efetuado conforme o manual em virtude da extensão do tanque de aeração.

Utilizaram-se frascos de polipropileno estéril para o acondicionamento das amostras e em seguida foram colocadas em isopor para aclimatização. Realizaram-se duas amostragens para cada ponto – no mesmo local – cada qual para um destino específico: análises físico-químicas e microbiológicas. Para este último ensaio, a quantidade de amostra não ultrapassou a metade da capacidade da embalagem visando manter o oxigênio necessário até o momento da análise. Desta forma, a microfauna não foi comprometida devido à falta de oxigenação do meio.

A amostragem de Dezembro ficou comprometida devido às obras que a empresa estava realizando em seu estabelecimento. Por normas de segurança, o técnico de segurança/meio ambiente efetuou a coleta em um local diferente do tanque de aeração e simulou o sistema de LA realizando a equalização no momento da coleta, portanto a amostra foi desconsiderada. No mês seguinte – Janeiro – a empresa ainda estava em obras e a estação de tratamento biológico recebia temporariamente a demanda de efluente total. Com essa situação, o efluente era submetido a elevadas dosagens químicas por se tratar de materiais de ordem biológica. A coleta foi realizada e o efluente apresentava características visivelmente diferentes das que seriam amostradas no tanque de aeração.

Os seguintes parâmetros foram analisados na amostra *in natura*: temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade. Essa medida foi adotada a fim de verificar as propriedades originais do tanque de lodo ativado.

#### 4.3.1 Amostragem de Fevereiro

A coleta ocorreu no dia 15 de Fevereiro de 2012, no período da tarde com temperatura em torno de 25°C, sendo esta a média de temperatura durante a semana. Não houve indício de precipitações. O fluxograma em vigência, que consta na Figura 8, apresentava apenas três difusores de ar em atividade que não operavam com toda sua eficiência e o efluente era caracterizado por sua coloração acinzentada.

#### 4.3.2 Amostragem de Março

O clima estava seco, porém o dia da coleta foi chuvoso depois de duas semanas sem quaisquer precipitações. A coleta ocorreu no dia 16 de Março de 2012, no período da tarde e a temperatura encontrava-se em torno de 25°C. O modelo em vigência do sistema de tratamento consta na Figura 8. As condições foram bem similares às amostragens de Fevereiro, exceto pela aparente melhoria na aeração do tanque de lodo ativado.

#### 4.3.3 Amostragem de Abril

Nesta coleta, houve a mudança no processo de tratamento que consta na Figura 10. A instalação da centrífuga para melhorar a eficiência do tratamento biológico ocorreu no final de Março, portanto as consequências serão observadas a partir de Abril. As amostragens ocorreram no dia 18 de Abril de 2012 com uma temperatura de 24°C no momento, sendo que a semana anterior havia apresentado precipitações frequentes.

#### 4.3.4 Amostragem de Maio

A amostragem deste mês ocorreu no dia 15 de Maio de 2012, em condições nubladas e chuviscos durante a semana. A temperatura verificada estava em torno de 23,6°C. No início do mês de Maio, quatro difusores entraram em funcionamento totalizando sete difusores como ilustrado na Figura 10. A turbulência ocasionada pelos equipamentos gerou uma espuma densa sobre o efluente.

#### 4.3.5 Amostragem de Junho

A coleta realizada no dia 12 de Junho de 2012 apresentou sol entre nuvens com temperatura de 24°C, porém temperaturas baixas e precipitações foram registradas durante a semana anterior. O processo de tratamento em vigência durante esta amostragem encontra-se na figura 10. Neste modelo, o tratamento biológico é disposto anterior à etapa da equalização com sulfato de alumínio.

#### 4.3.6 Amostragem de Julho

A temperatura ambiente encontrava-se em torno de 24°C no dia 03 de Julho de 2012. Não houve mudanças bruscas nas condições ambientais e o modelo do processo em vigência permanece o mesmo do mês anterior.

### 4.4 Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas descritas abaixo foram realizadas *in situ* na lavanderia industrial com os equipamentos fornecidos pela Universidade Federal do Paraná (UFPR):

- Temperatura do Lodo

- pH
- Oxigênio Dissolvido
- Condutividade
- Turbidez
- Vazão de entrada

Para a determinação dos parâmetros abaixo foram seguidas metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (APHA; 1998) e suas análises foram realizadas no laboratório da UFPR, em triplicatas.

- Resíduo Sedimentável;
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Carbono Orgânico Total (TOC);
- Série de Sólidos abrangendo Sólidos Totais, suspensos, voláteis,;
- Nitrito;
- Nitrato;
- Nitrogênio Amoniacal
- Nitrogênio Total;
- Nitrogênio Orgânico Total;
- Fósforo Total;

#### 4.5. Análises microbiológicas

As análises Microbiológicas foram apenas qualitativas sendo baseadas de acordo com o Manual de Lodos Ativados da CETESB (VAZOLLÉR; 1989). A análise inicial promove a descrição do estado dos flocos biológicos, assim como a presença de bactérias, protozoários, entre outros microrganismos que indiquem a eficiência do sistema de lodo ativado. As características de flocos, presença de organismos

filamentosos bem como demais microrganismos foram registradas e analisadas de modo subjetivo (VAZOLLER, 1989).

Para a análise do efluente foram utilizadas três alíquotas – cada alíquota inferior a 01 ml – para cada ponto visando à qualificação em microscópio. Sendo assim, lâminas e lamínulas foram devidamente preparadas e visualizadas em aumento de 40 vezes. Todos os materiais vinculados às análises de microbiologia encontravam-se estéreis. Os equipamentos (lâmilas, lamínulas, pipetas, Microscópio Zeiss - Primo Star) utilizados neste trabalho pertencem ao laboratório de Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A escala utilizada nos gráficos microbiológicos demonstra a variância da quantidade de microrganismos pertencentes a um grupo de acordo com as considerações abaixo:

- Escala 2: Predomínio do grupo
- Escala 1: Quantidade mediana de espécies
- Escala 0,5: Baixa quantidade de espécies
- Escala 0: Não encontrado

A estrutura dos flocos foi qualificada baseada na escala abaixo e de acordo com a Figura 11 (JORDÃO, 2005):

- Escala 2: Flocos grandes
- Escala 1: Flocos ideais
- Escala 0: Flocos dispersos

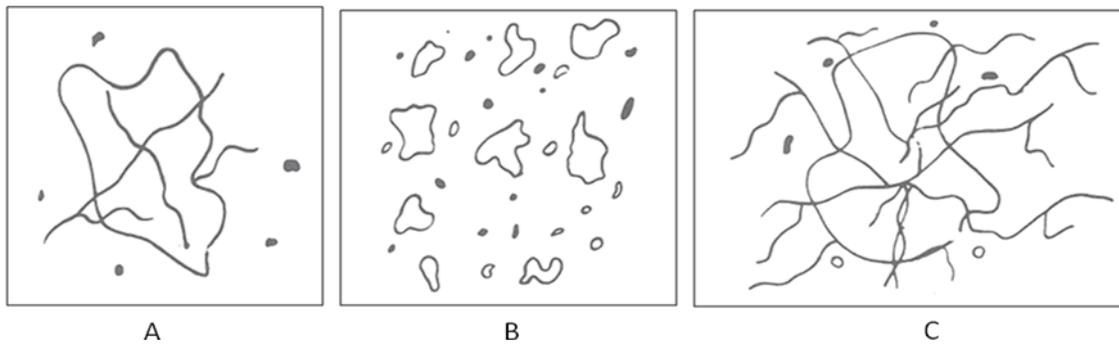


Figura11: Característica dos flocos: A) Floco Ideal; B) Floco Pontual e C) Floco Disperso

Escalas intermediárias apresentam algumas observações que serão detalhadas nas discussões dos resultados. A partir da análise dos resultados físico-químicos obtidos há uma correlação com o predomínio de grupos de microrganismos assim como de bactérias filamentosas.

#### 4.5 Equipamentos utilizados para ensaios

Na Tabela 2 são retratados todos os equipamentos utilizados durante as análises.

Tabela 2: Equipamentos utilizados durante as análises

<b>Análise</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamento utilizado</b>
DBO <sub>5</sub>	Incubação por 5 dias à 20°C	
OD	Winkler modificado pela azida sódica	Incubadora de DBO 411D – ETHIKTECHNOLOGY
DQO	Refluxo Fechado – colorimétrico	Digestor de DQO fechado drb200 – HACH / Espectrofotômetro uv1601pc – SHIMADZU
Série de sólidos	Gravimétrico	Banho Maria – NOVA ETICA / Mufla – FORNITEC
Nitrito	Sulfanilamida / N-1 Naftil	Espectrofotômetro uv1601pc – SHIMADZU /
Nitrato	Coluna de Cd-Cu	Espectrofotômetro uv1601pc – SHIMADZU

Nitrogênio Amoniacal	Fenato / azul indofenol	Espectrofotômetro uv1601pc – SHIMADZU
Nitrogênio Total	Digestão por persulfato de potássio	Digestor de DQO fechado drb200 – HACH
Fósforo Total	Digestão ácida & Método do Ácido ascórbico	Digestor de DQO fechado drb200 – HACH / Espectrofotômetro uv1601pc – SHIMADZU
Alcalinidade	Titulação Cl <sup>-</sup>	Chapa aquecedora – QUIMIS / Centrífuga Is3plus – CELM
Microbiológica	Qualitativo / CETESB (1989)	Microscópio Zeiss - Primo Star

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão discutidos de acordo com o mês da coleta devido às diversas condições de operação na estação de tratamento. As mudanças ocorridas no processo provocaram uma série de consequências das quais não torna possível a correlação contínua de um parâmetro.

Segundo Von Sperlling (1989), o tanque de equalização deve permanecer antes do tanque de LA, pois este tem como função tornar o efluente com uma vazão constante e homogeneizada. Com esta mudança do fluxograma 1 para o 2 no mês de Abril, uma grande quantidade de sólidos acabou por ser arrastada para o tanque biológico e conseqüentemente para o decantador secundário. A grande vazão de carga que o LA recebe diariamente e constantemente faz com que a idade do lodo seja baixa, pois para que o tanque não receba mais efluente do que comporta, a vazão que entra deve sair para o tanque não transbordar. Isto gera um prejuízo no desenvolvimento do sistema biológico, pois os microrganismos não conseguem desenvolver sua função de assimilar a biomassa e os flocos também não conseguem se desenvolver de maneira satisfatória.

Analisando a eficiência do sistema, no mês de Julho observou-se a melhor relação DBO/DQO, em torno de 1,2 - 1,8. Esta relação é importante por evidenciar a melhor forma de tratamento de acordo com o efluente gerado. Para valores em torno de 2, o efluente indica boa biodegradabilidade, ou seja, facilidade em estabilizar a matéria orgânica para auxiliar no processo de clarificação e tornar o sistema mais eficiente.

### 5.1 Resultados de Fevereiro de 2012

Os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos para o mês de Fevereiro encontram-se descritos na Tabela 3. Lembrando que o ponto denominado P1

refere-se ao efluente coletado aproximadamente à 1m da entrada, enquanto o ponto P2 refere-se ao efluente coletado adjacente à saída.

Tabela 3: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Fevereiro

<b>FEVEREIRO</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DQO	11184,8	3411,2	mg/L
O.D	0,5	0,0	mg/L
Turbidez	1000,0	1000,0	UNT
Condutividade	593,0	618,0	µS/cm
Temperatura	28,5	28,0	°C
Nitrogênio total	3,1	4,1	mg/L
Nitrogênio amoniacal	0,1	0,0	mg/L
Nitrito	5,0	4,6	mg/L
Nitrato	0,0	0,0	mg/L
Fósforo Total	46,9	47,9	mg/L
Alcalinidade	1267,5	1275	mg/L
pH	8,0	8,2	-
TOC	168,3	338,0	mg/L
Sólidos Totais	3970,0	4157,0	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos	3532,5	3132,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	437,5	1025,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	250,0	250,0	mg/L
IVL	572,0	244,0	ml/g
F/M	1,8	1,3	d <sup>1</sup>

A DBO nesta amostragem não pode ser quantificada, pois a metodologia segundo o Standart Methods, após 5 dias em uma temperatura controlada de 20°C, faz-se a leitura do oxigênio dissolvido. Quando esta leitura foi realizada, não havia oxigênio no meio, inviabilizando os cálculos para verificar a DBO, o que indica que o sistema estava com uma DBO extremamente alta pois houve a extrapolação da curva.

De acordo com Jordão (2009), IVL's acima de 200 ml/g indicam lodos de qualidade inferior com baixa sedimentabilidade, verificado pela baixa quantidade de sólidos sedimentáveis na amostragem de Fevereiro.

O baixo teor de nitrogênio amoniacal e nitrato pode se interpretar que há o consumo do primeiro para a formação de nitrito consumindo o pouco oxigênio disponível. A falta de nitrato no tanque em conjunto com um baixo teor de oxigênio provavelmente indica que as bactérias presentes no tanque utilizaram daquele composto como agente oxidante.

Apesar das baixas condições de depuração apresentada no tanque, de acordo com os valores da Tabela 3, a relação F/M é nula, o que indica que o sistema apresenta condições de desenvolvimento para as bactérias do ponto de vista de quantidade de alimentos. Ou seja, o sistema inicialmente possui quantidade suficiente de material inorgânico para assimilação. Para esta análise, foi utilizado a DQO ao invés da DBO, pois utilizando este segundo parâmetro, encontra-se baixos valores próximos a nulo, e inviabiliza uma análise de dados.

Na qualificação microbiológica, houve um predomínio do grupo de protozoários do gênero flagelados, conforme gráfico 2. Tais microrganismos indicam sobrecarga orgânica e má depuração (BENTO et al, 2005). Em conjunto com rizópodes tem-se um lodo jovem característico de início de processo. Os flocos se apresentavam com estrutura dispersa em ambos os pontos observados.

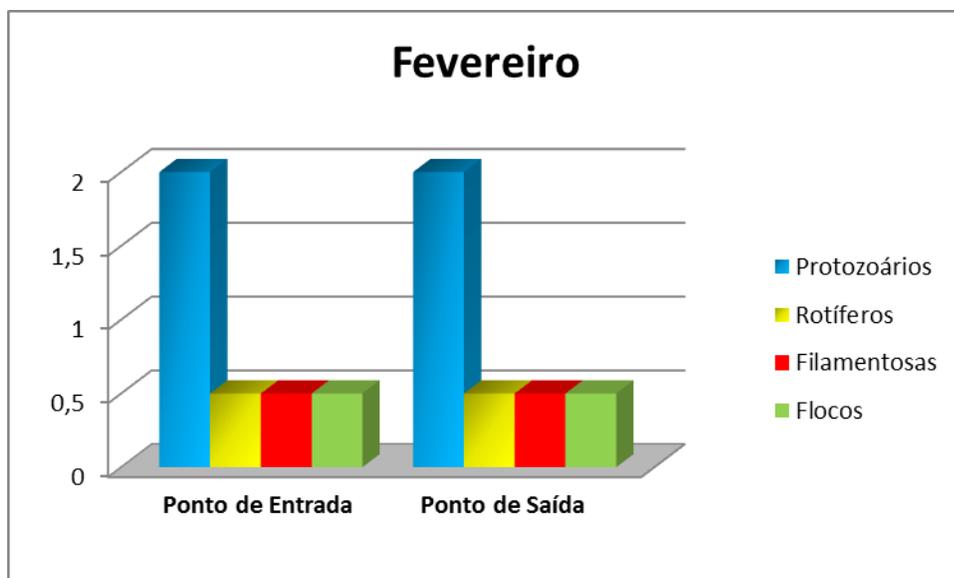


Gráfico 2: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Fevereiro

As bactérias filamentosas foram observadas em baixas quantidades apresentando filamentos curtos e flocos pequenos e dispersas. Esse fenômeno é caracterizado como floco pontual (Pin-Point). São assim denominados por apresentarem maior quantidade de bactérias formadoras de flocos sem filamentos para sustentação (JORDÃO, 2009). Os flocos podem ser facilmente rompidos pela turbulência do meio e o efluente apresenta altos valores de sólidos em suspensão como demonstrado na tabela 3.

## 5.2 Resultados de Março de 2012

A condição da coleta anterior – Fevereiro – ainda prevalece nas características do efluente, pois a lavanderia não havia efetuado nenhuma modificação física no tratamento de efluentes. Os resultados físico-químicos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Março

<b>MARÇO</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DBO	300,0	720,0	mg/L
DQO	18812,5	18054,2	mg/L
O.D	0,6	0,6	mg/L
Turbidez	1000,0	618,0	UNT
Condutividade	0,3	0,5	µS/cm
Temperatura	25,0	25,0	°C
Nitrogênio total	1,1	1,1	mg/L
Nitrogênio amoniacal	0,0	0,2	mg/L
Nitrito	8,0	2,7	mg/L
Nitrato	2,5	2,3	mg/L
Fósforo Total	100,3	120,1	mg/L
Alcalinidade	1417,5	1335,0	mg/L
pH	8,6	8,4	
Sólidos Totais	20050,0	24677,0	mg/L

Sólidos Suspensos Fixos	345,0	581,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	19605,0	12578,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	550,0	425,0	mg/L
IVL	28,1	22,5	ml/g
Relação DQO/DBO	62,0	25,0	

Neste mês, novamente foi observado baixos níveis de oxigênio e possivelmente a utilização do nitrato pelos microrganismos como fonte secundária de oxigênio visando oxidar a matéria orgânica. A quantidade de óleo observada em meio aos flocos demonstra que o sistema, para desfazer a emulsão oleosa utilizando ácido sulfúrico, estava ineficiente.

Na avaliação microbiológica notou-se grande concentração de óleo nos flocos tanto no ponto de entrada quanto no ponto de saída. Os resultados microbiológicos encontram-se no gráfico 3.

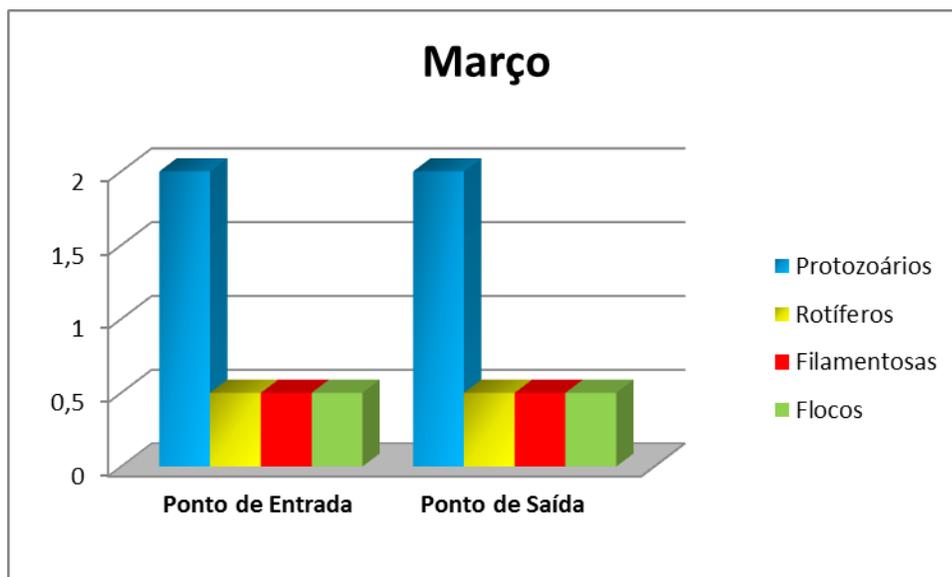


Gráfico 3: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Março

Os organismos situavam-se em locais com menor concentração de óleos, sendo que os flocos estavam dispersos e apresentam estrutura pequena. O predomínio

de flagelos foi observado nos dois pontos, mas no P1, além do protozoário, também foram verificadas a presença de amebas e ciliados.

### 5.3 Resultados de Abril de 2012

Os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos para o mês de Abril encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Abril

<b>ABRIL</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DBO	550,0	990,0	mg/L
DQO	4577,0	3677,0	mg/L
OD	1,8	4,0	mg/L
Turbidez	3306,5	3314,0	UNT
Condutividade	188,1	185,5	µS/cm
Temperatura	24,0	24,0	°C
Nitrogênio total	6,6	4,9	mg/L
Nitrogênio amoniacal	3,7	3,7	mg/L
Nitrito	1,2	1,8	mg/L
Nitrato	0,1	0,3	mg/L
Fósforo Total	31,5	38,8	mg/L
Alcalinidade	1392,5	1287,5	mg/L
pH	8,7	8,7	
TOC	177,9	187,0	mg/L
Sólidos Totais	7525,0	7515,0	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos	2867,5	2925,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	4657,5	4590,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	220,0	220,0	mg/L
IVL	47,2	47,9	mL/g
Relação DQO/DBO	8,0	3,0	

A relação DBO/DQO nesta coleta encontra-se em 3,7 no ponto de saída indicando que ainda assim há uma predominância de material inorgânico. É notado na

relação DBO/N/P – 100/5/1 – que existe um desequilíbrio entre os nutrientes ofertados e material orgânico no efluente. Desta forma, apesar da quantidade de oxigênio alimentada ao sistema terem evoluído proporcionando um ambiente aeróbio, as condições físico-químicas impedem que a degradação seja efetiva. De acordo com Nunes (2012) o processo de lodo ativado pode levar aproximadamente 3 meses para estabilização. De acordo Jordão (2009) e com a presença majoritária de ciliados observada no gráfico 4 (Grupo Protozoários) há boas condições de depuração no tanque de aeração, o que foi observado no ponto de entrada.

Na amostragem de Abril, o ponto de entrada e saída apresentaram características bem distintas, conforme podem ser visualizadas no Gráfico 4. Foram observados no P1 flocos pequenos, dispersos e pouco concentrados de material orgânico. Os protozoários ciliados foram encontrados em maior quantidade quando comparado a outros grupos. Porém, no P2 os flocos estavam maiores apresentando uma coloração escura. A diversidade de organismos era notável contemplando ciliados, flagelados, amebas e *Vorticellas* de estrutura bem formada.

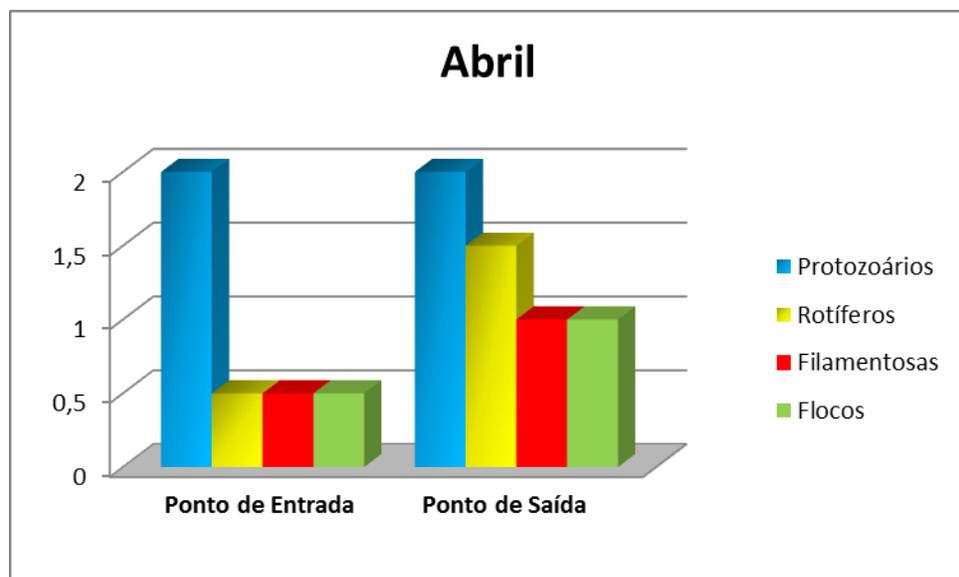


Gráfico 4: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Abril

A variabilidade de microrganismos encontradas no P2 correlaciona-se diretamente com a maior disponibilidade de oxigênio. A partir da instalação da

centrífuga, grande quantidade de óleo/graxa deixou de atingir o lodo ativado e possibilitou o surgimento de microrganismos que utilizam do floco como suporte para seu desenvolvimento.

#### 5.4 Resultados de Maio de 2012

A partir desta amostragem, houve uma mudança na estação de tratamento com a construção do decantador secundário. Porém, as etapas do tratamento de efluentes também foram alteradas, seguindo o fluxograma 2. Os resultados físico-químicos obtidos para o mês de Maio encontram-se descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Maio

<b>MAIO</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DBO	2397,8	2957,3	mg/L
DQO	21990,8	14657,5	mg/L
O.D	0,6	0,7	mg/L
Turbidez	3287,5	3292,5	UNT
Condutividade	8	14,9	µS/cm
Temperatura	23,6	23,6	°C
Nitrogênio total	4,7	6,0	mg/L
Nitrogênio amoniacal	4,1	3,3	mg/L
Nitrito	3,7	3,7	mg/L
Nitrato	0,0	0,0	mg/L
Fósforo Total	180,3	191,8	mg/L
Alcalinidade	1122,5	1140	mg/L
pH	8,5	8,5	
TOC	203,7	286,0	mg/L
Sólidos Totais	18607,5	17552,0	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos	6942,5	6757,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	11665,0	10795,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	500,0	420,0	mg/L
IVL	42,8	38,9	mL/g
Relação DQO/DBO	9,0	4,9	

Esta mudança gerou inicialmente uma baixa remoção do fósforo, pois observa-se um elevado teor deste nutriente em relação ao mês anterior. Segundo Jordão (2009), a elevada porcentagem de fósforo também contribui para um ambiente pobre em oxigênio, pois este nutriente presente em grandes quantidades gera o processo de eutrofização. Para o desenvolvimento de bactérias é necessário o consumo de oxigênio, portanto retiram este composto do tanque de aeração e o tornam indisponível para organismos mais sensíveis à essas variações. A remoção de fósforo requer uma zona aeróbia com concentração de, no mínimo, 1,5 mg/L de oxigênio e uma zona anaeróbia, segundo Von Sperlling (1989). Sendo esta uma condição ideal não apresentada no tanque de aeração na maior parte dos meses estudados, tem-se assim uma dificuldade na remoção deste nutriente.

A partir da mudança ocasionada no processo de tratamento no final de Abril, em Maio percebeu-se que com a retirada do tanque de equalização do seu local inicial e inserido posterior ao tratamento de lodos ativados, houve um grande choque de carga no processo biológico. Assim que o efluente atinge o tanque de aeração ainda apresenta condições de depuração porque não está aclimatizado junto à carga orgânica contida no tanque. Com o passar do tempo e a mistura ocasionada pela turbulência a tendência do sistema é decair, ou seja, a DBO tende a aumentar pois o sistema não apresenta as condições necessárias para a depuração. Segundo Jordão (2009) a não estabilização da matéria orgânica faz com que a DBO aumente indicando que a eficiência do tratamento é baixa.

Na amostragem de Maio, no P1 foi observada novamente a presença de Vorticella com predomínio de protozoários – flagelados e ciliados – sendo os flagelados com tamanhos pequenos em relação às outras amostragens, conforme Gráfico 5. Notou-se também grande quantidade espiroquetas e amebas bem estruturadas, assim como a presença de rotíferos. Os flocos estavam escuros e apresentavam-se grandes, mas poucos filamentos oriundos das bactérias filamentosas foram observados. Segundo Nunes (2012) estas bactérias em baixa quantidade não oferecem suporte para estruturação dos flocos de maneira correta. A partir deste fato é possível constatar que estes apesar de grandes não são resistentes, pois não apresentam uma rede que

os agreguem. No P2 os protozoários também obtiveram destaque e as espiroquetas eram frequentemente visualizadas no microscópio mesmo com estrutura reduzida. Na saída, grande parte dos flocos estava disperso, enquanto a minoria encontrava-se compactado.

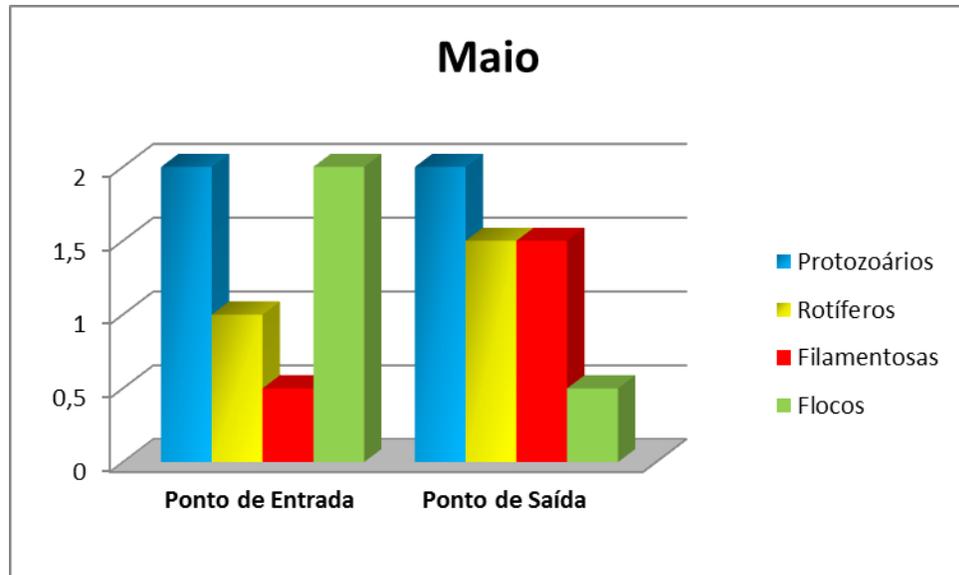


Gráfico 5: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Maio

. Nesta amostragem, todos os aeradores se encontravam em funcionamento ocasionando muita turbulência no tanque de aeração. Portanto, os flocos na amostra da saída, por não possuírem filamentos que ofereçam sustentação tendem a se romper e gerar flocos pin-point.

O sistema de retirada de óleo não apresentava a mesma eficiência da coleta anterior, mas ainda operava de maneira satisfatória. A Figura 12 mostra os separadores de óleo/graxas que antecedem o lodo ativado.



Figura 12: Separadores de óleo/graxas da lavanderia industrial

No novo modelo, as etapas físico-químicas não foram concluídas antes de desaguarem no tanque biológico, o que pode prejudicar a demanda biológica. O tanque de equalização foi situado depois do lodo ativado gerando uma sobrecarga no tanque de aeração visualizado pela espuma densa sobre a superfície. Segundo o manual da Acqua Engenharia (2010), a espuma marrom escura indica condições anaeróbias e/ou resíduos industriais lançados que contenham tintas ou corantes.

O decantador secundário foi posicionado na última etapa do tratamento visando remover os sólidos excedentes e clarificar o sobrenadante. A Figura 13 demonstra como era a condição inicial de operação do equipamento, conforme fluxograma 1 apresentado nos três primeiros meses de estudo.



Figura 13: Decantador secundário no início de operação

A cor do efluente demonstra uma eutrofização provocada pelo excesso de nutrientes visto que a relação DBO/N/P não apresentou equilíbrio novamente, o que pode ser visualizado na Tabela 6.

### 5.5 Resultados de Junho de 2012

Os resultados físico-químicos obtidos para o mês de Junho encontram-se descritos na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Junho

<b>JUNHO</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DBO	1838,3	1898,3	mg/L
DQO	10813,1	9618,6	mg/L
O.D	1,1	1,1	mg/L

Turbidez	3322,0	3319,0	UNT
Condutividade	4,2	4,0	$\mu\text{S/cm}$
Temperatura	24,0	24,0	$^{\circ}\text{C}$
Nitrogênio total	11,2	10,2	mg/L
Nitrogênio amoniacal	7,8	8,5	mg/L
Nitrito	2,9	2,7	mg/L
Nitrato	0,0	0,0	mg/L
Fósforo Total	76,2	81,6	mg/L
Alcalinidade	902,5	900,0	mg/L
pH	8,6	8,5	
Sólidos Totais	12650,0	13310,0	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos	1972,5	8537,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	10677,5	4772,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	300,0	300,0	mg/L
IVL	28,1	62,9	mL/g
Relação DQO/DBO	10,0	5,0	
F/M	0,0	0,14	d <sup>1</sup>

A mudança ocorrida no fluxograma gerou um decréscimo de sólidos em suspensão no sistema, porém aumentou a relação DQO/DBO, pois os flocos são submetidos a um excesso de turbulência e, portanto, tem uma maior dificuldade em desenvolver seu papel de formar uma rede de sustentação com as bactérias formadoras de flocos e assimilar a matéria orgânica para a depuração. A Tabela 7 mostra que houve um acréscimo de oxigênio dissolvido devido ao aumento de aeradores, porém a relação F/M ainda não se encontra próxima do ideal no ponto 1, que seria em torno de 0,2 como relata Jordão (2009), por conter um grande volume de sólidos voláteis.

Com a presença de um ambiente anaeróbio nas zonas mais profundas e aeróbias na superfície, houve uma assimilação do fósforo pelas bactérias presentes do tanque, justificando um decaimento deste nutriente no meio. A adição do composto NPK (fertilizante contendo nitrogênio, fósforo e potássio), gerou um aumento no teor de nitrogênio total, e conseqüentemente a porcentagem de nitrogênio amoniacal, visto que

as bactérias utilizam daquele para a formação deste. Porém, a presença do oxigênio inibiu razoavelmente a formação do nitrito.

Em Junho, notou-se no P1 a maior concentração de filamentosas durante o processo e também foram visualizados ciliados, flagelados de pequeno porte e amebas. Já no P2, havia o predomínio de ciliados. Em ambos os pontos foram observados flocos dispersos em meio a flocos mais estruturados. O Gráfico 6 demonstra os resultados apresentados no mês de Junho.

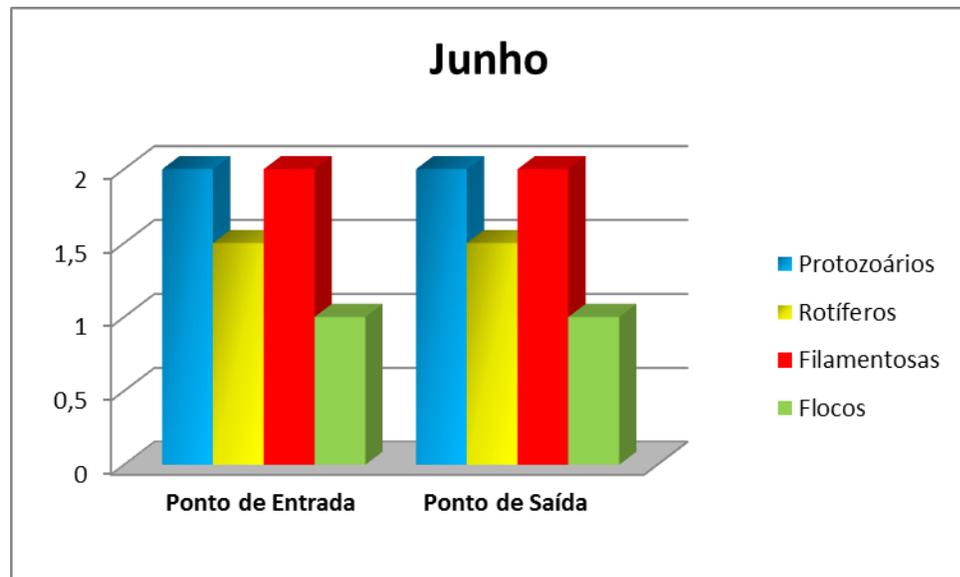


Gráfico 6: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Junho

O acréscimo de oxigênio proporcionou maior desenvolvimento da microfauna e de bactérias filamentosas. Este fato, segundo Jordão (2009) possibilita notar que os flocos encontram-se da forma ideal apresentando uma rede de sustentação junto às bactérias formadoras de flocos. De acordo com Bitton (2011) a presença de rizópodes verificado no gráfico 6, como sendo entre intermediária tendendo à um predomínio, junto a ciliados indica uma baixa remoção DBO.

## 5.6 Resultados de Julho de 2012

Os resultados físico-químicos obtidos para o mês de Julho encontram-se descritos na Tabela 8.

Tabela 8: Resultados físicos e químicos referentes à amostragem de Julho

<b>JULHO</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>Ponto de Entrada</b>	<b>Ponto de Saída</b>	<b>Unidades</b>
DBO	1198,9	1198,7	mg/L
DQO	1517,9	1469,0	mg/L
O.D	1,1	1,1	mg/L
Turbidez	3327,0	3322,0	UNT
Condutividade	8,5	6,4	µS/cm
Temperatura	24,0	24,0	°C
Nitrogênio total	11,1	12,1	mg/L
Nitrogênio amoniacal	15,0	14,6	mg/L
Nitrito	5,3	6,9	mg/L
Nitrato	0,0	0,0	mg/L
Fósforo Total	97,8	64,2	mg/L
Alcalinidade	1150,0	1005,0	mg/L
pH	8,2	8,1	
TOC	348,0	343,0	mg/L
Sólidos Totais	20435,0	19937,0	mg/L
Sólidos Suspensos Fixos	7545,0	7475,0	mg/L
Sólidos Suspensos Voláteis	12890,0	12462,0	mg/L
Sólidos Sedimentáveis	580,0	610,0	mg/L
IVL	45,0	48,9	mL/g
Relação DQO/DBO	1,2	1,2	

Em Julho, pode-se observar uma condição próxima ao esperado de um LA em bom funcionamento, de acordo com a relação DQO/DBO, sendo próxima de 2 o que justifica a necessidade de um tratamento biológico. Percebe-se que o IVL baixou consideravelmente em relação aos primeiros meses, o que indica um lodo de boa

qualidade ao ser notado que as bactérias filamentosas participam da composição dos flocos. Jordão (2009) afirma que um IVL entre 40 e 150 ml/g aponta um lodo com boas características de sedimentabilidade.

Porém, de acordo com a Figura 14, é verificado um grande arraste de sólidos das etapas biológicas e de equalização para o decantador secundário. A partir do novo fluxograma de tratamento, é possível afirmar que o decantador secundário apresenta uma sobrecarga de sólidos para o qual não foi projetado, conforme pode ser visualizado na Figura 14 em relação a Figura 13. Com isto, a clarificação do efluente para posterior descarte torna-se ineficiente, arrastando consigo um alto teor de sólidos, além de substâncias químicas, excesso de nutrientes e outros fatores que alteram as características do corpo receptor.



Figura 14: Decantador Secundário no mês de Julho

O baixo nível de oxigênio, a redução de sólidos e o excesso de turbulência do sistema, acarretaram em uma redução significativa na eficiência da remoção da DBO.

O gráfico 7 demonstra que a presença de óleo em meio aos flocos dispersos em ambos os pontos, mas as filamentosas se destacaram no P2. A diversidade de microrganismos foi relevante tanto no P1 quanto no P2, prevalecendo o predomínio de rotíferos. A espécie de protozoários também foi observada com a presença das amebas além de espiroquetas.

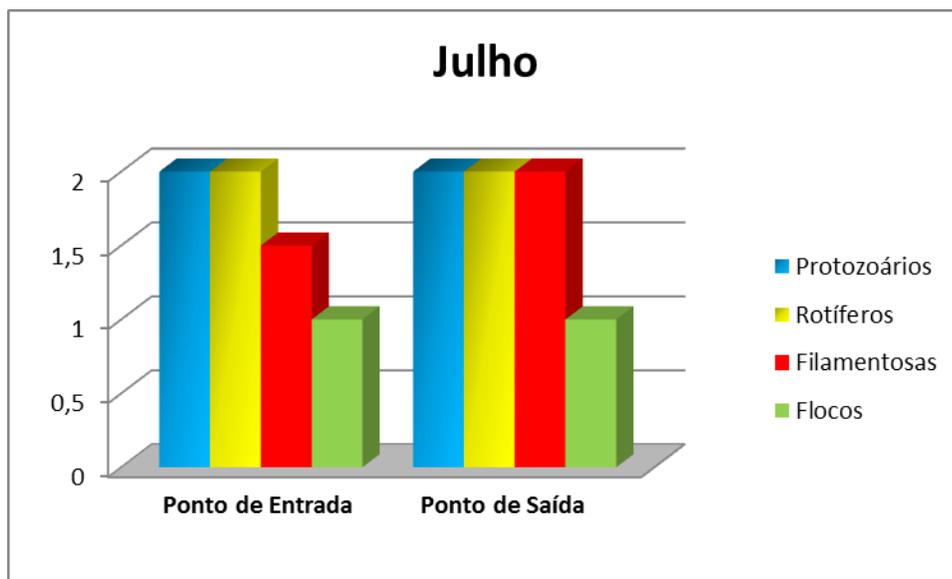


Gráfico 7: Resultados qualitativos da fração microbiológica de Julho

A mudança no fluxograma - a partir de Abril - visivelmente gerou um acréscimo de sólidos em suspensão voláteis, que são responsáveis por notificar a quantidade de biomassa presente no sistema, como pode ser visualizado nos Gráficos 8 e 9.

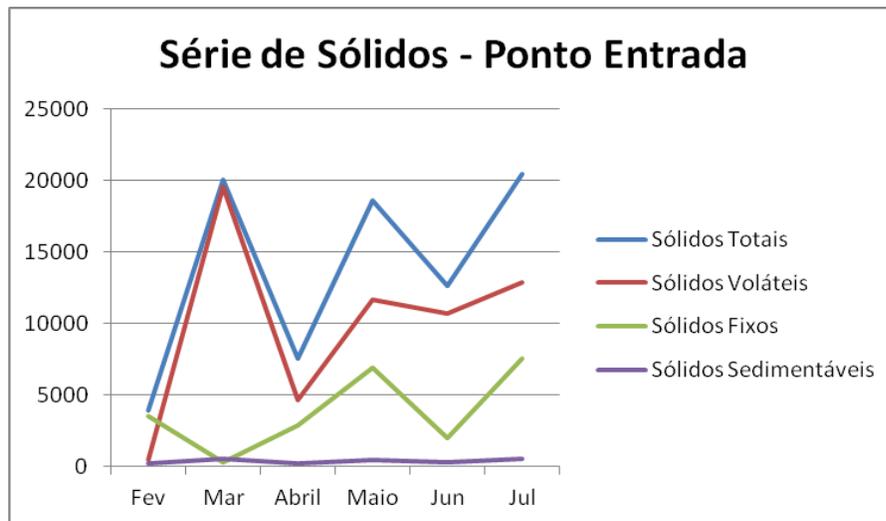


Gráfico 8: Variação de Sólidos no ponto de Entrada do Tanque de Aeração (mg/L)

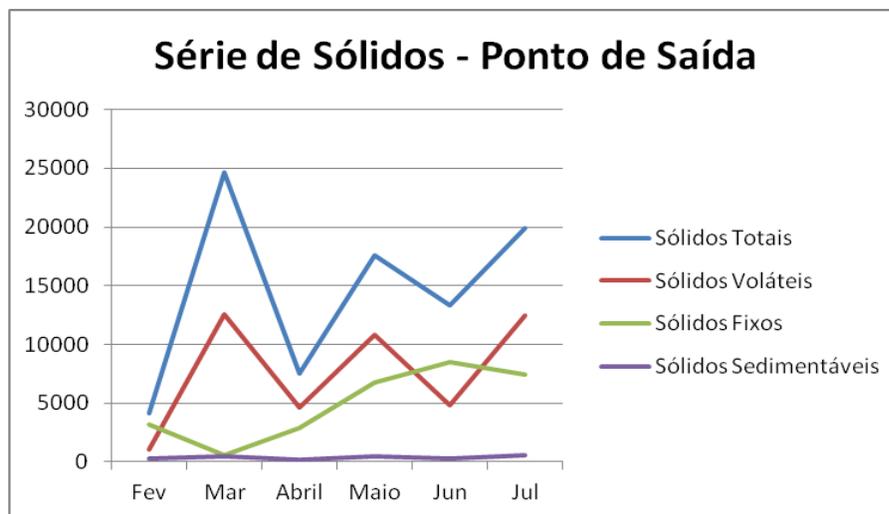


Gráfico 9: Variação de Sólidos no Ponto de Saída do Tanque de Aeração (mg/L)

Como o teor de oxigênio dissolvido presente no tanque é extremamente baixo, tais microrganismos sensíveis à falta deste composto acabam por apresentarem dificuldades em assimilar a biomassa e então estabilizar o lodo para não sobrecarregar o decantador secundário. Podem-se notar este fato levando em consideração a eficiência da remoção da DBO no sistema a qual também decresceu nos últimos meses, e a baixa relação F/M em alguns meses, em que relata um baixo teor de matéria orgânica (food) assimilável para uma infinidade de microrganismos.

O aumento de nitrogênio é notado a partir do terceiro mês devido à adição do nutriente NPK – fertilizante a base de fósforo, nitrogênio e potássio - aumentando o teor de nitrogênio total no tanque de aeração. É possível verificar que, durante os meses de estudo, percebeu-se um acréscimo de nitrogênio amoniacal e, conseqüentemente, um acréscimo de nitritos, possivelmente gerados a partir de bactérias. Porém, o nitrato encontrado no lodo é insignificante, como pode ser visualizado nos Gráficos 10 e 11.

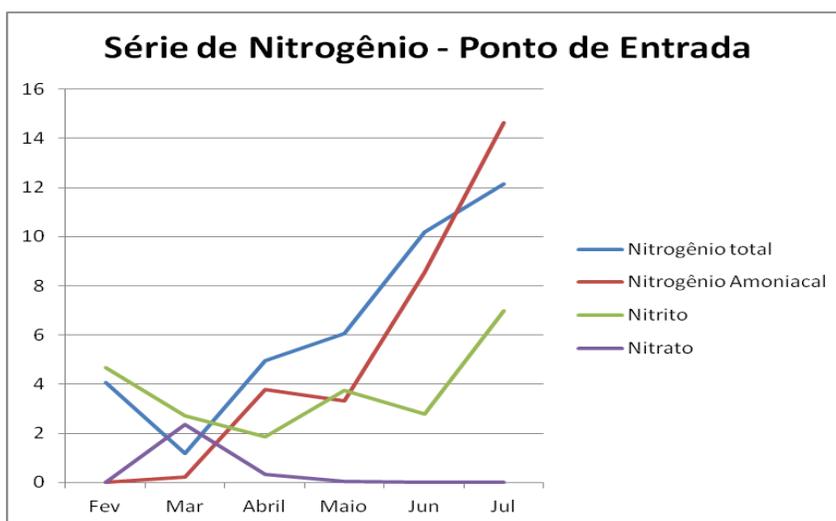


Gráfico 10: Variação da série de Nitrogênio no ponto de Entrada do Tanque de Aeração (mg/L)

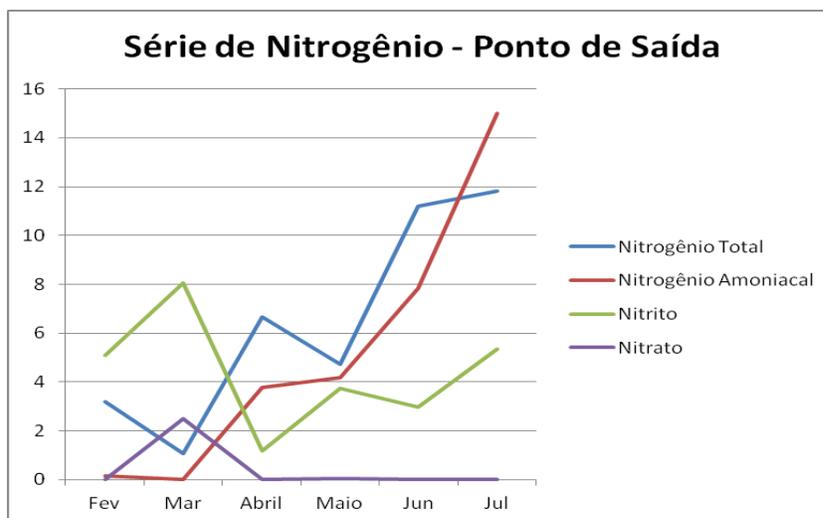


Gráfico 11: Variação da Série de Nitrogênio no ponto de Saída do Tanque de Aeração (mg/L)

Sendo assim, conclui-se que o ciclo do nitrogênio não se completa neste ambiente pela falta de oxigênio e excesso de sólidos em suspensão. Tais sólidos tornam ineficiente a produção de nitrato. Com a falta de oxigênio dissolvido no meio, as bactérias são obrigadas a utilizarem também do nitrato como oxidante alternativo, diminuindo a concentração deste composto a níveis extremamente baixos.

A existência de microrganismos advindos do efluente doméstico é verificada no lodo ativado, mas há uma baixa eficiência na degradação da massa orgânica. A maioria dos quesitos físicos e químicos impede que a degradação seja eficiente. A turbulência do tanque de aeração compromete a estrutura dos flocos e, conseqüentemente, o suporte de fixação de alguns protozoários além dos filamentos mal formados por bactérias (JORDÃO, 2009). A aeração é extremamente inadequada para o dimensionamento do tanque, visto que na maior parte do estudo, o local encontrou-se como anaeróbio. A relação F/M demonstra que há falta de nutrientes assimiláveis para os microrganismos, sendo que a DBO/DQO indica um elevado teor de substâncias inorgânicas que não são passíveis de degradação microbiológica.

A perda de biomassa que foi verificada em todos os meses, pode ser explicada por diversos fatores tais como o baixo teor de oxigênio, alta relação DQO/DBO em cinco dos seis meses de amostra, alto tempo de detenção e o não cumprimento de manter a relação DBO:N:P em 100:5:1. A falta de oxigênio em um sistema biológico compromete o desenvolvimento dos microrganismos gerando alta mortalidade. O alto tempo de detenção proporciona um sistema com lodo velho e com baixa capacidade de degradação, o que prejudica o desenvolvimento do efluente novo gerado diariamente pela lavanderia.

A análise da DQO foi utilizada não somente para mensurar a relação F/M, mas também como parâmetro de avaliação, visto que a DBO manteve-se em valores altíssimos em vista de que o sistema sendo biológico em boas condições de funcionamento, oxida a biomassa, e deveria ter valores menores, principalmente no P2, sendo o ponto de saída. O tempo de retenção de acordo com as referências na lavanderia seria de 72 horas. Uma vez que a coleta nos pontos de entrada e saída foram realizadas simultaneamente, o intervalo para que o mesmo efluente fosse

submetido ao tratamento e coletado ao final não foi respeitado. Deste modo, os valores maiores da saída correspondem a vazões com maiores cargas orgânicas. Deste modo, os valores maiores da saída correspondem a vazões com maiores cargas orgânicas quando comparadas com os valores de entrada

Para visualizarmos melhor a DQO de todo o sistema, o Gráfico 12 ilustra a variação ocorrida durante o tempo de análise:

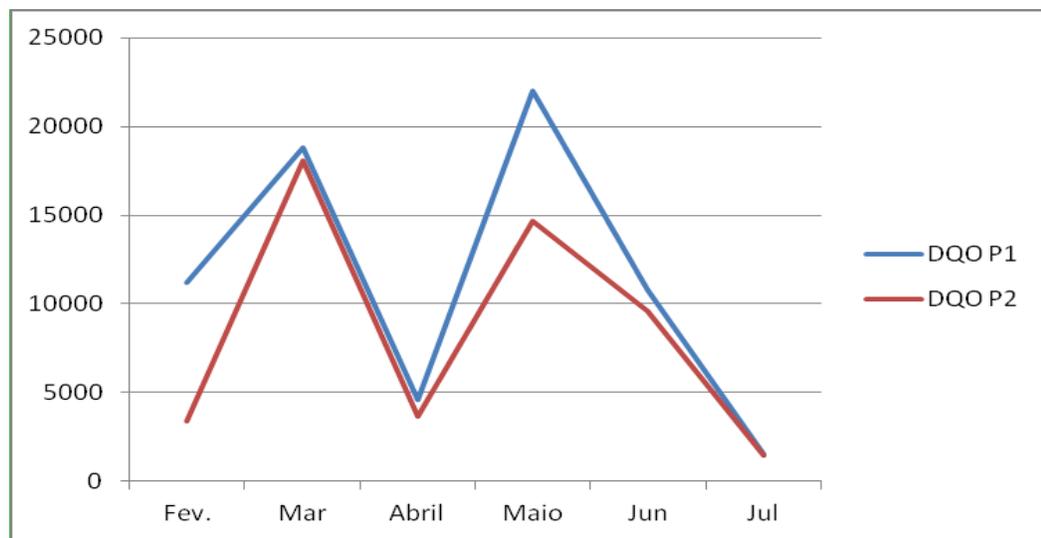


Gráfico 12: Variação na DQO nos pontos de Entrada e Saida do Tanque de Aeração (mg/L)

O alto teor deste parâmetro indica uma carga muito maior de material inorgânico do que orgânico. Sendo um sistema biológico, a presença desta carga prejudica a eficiência do tratamento, pois as bactérias encontradas em um sistema de LA não conseguem depurar a biomassa já que encontram baixos níveis de oxigênio, materiais de difícil degradação, excesso de nutrientes, entre outros. Lembrando que um efluente de lavanderia industrial, conforme a Tabela, contém uma DQO entre 500 a 2000mg/L.

O efluente da lavanderia industrial apresenta uma grande variação em seus parâmetros como pode ser notado na apresentação dos resultados e o volume pode

sofrer variação de acordo com a demanda da empresa. Em consequência, a tratabilidade do despejo torna-se complexa, pois, além dos fatos citados acima, há uma gama de materiais orgânicos presentes no efluente que não são mensuráveis e contribuem com a variedade de produtos químicos oriundos da lavagem. As técnicas de tratamento devem ser variadas e eficientes capazes de remover altas cargas de DQO, remoção de sólidos, corantes entre outros visando também diminuir a toxicidade do despejo no corpo receptor. Porém, o tratamento assertivo deverá ser alinhado com o custo acessível à empresa de forma que a própria tenha o controle de seu efluente e operação da planta de tratamento.

## 6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir primeiramente que o sistema encontrado nesta lavanderia não é de Lodos Ativados, pela permanência de um ambiente praticamente anóxico, com baixa eficiência de remoção de DBO e desequilíbrio da relação DBO:N:P e elevado teor de sólidos voláteis ou de biomassa do sistema. Portanto, para tornar este sistema um Lodo Ativado, é necessário que os tratamentos primário e secundário estejam na ordem correta conforme a figura 1 apresentada em materiais e métodos.

Sendo assim, o tanque de equalização deve situar-se como uma etapa anterior ao decantador primário e ao tratamento biológico. Após a coagulação e floculação, parte dos sólidos deverá permanecer retida no decantador primário para não saturar o tanque de aeração. A partir desta mudança, o teor de oxigênio deverá ser monitorado periodicamente, assim como verificar a real demanda do sistema. Essa medida demonstrará o grau de depuração a partir da comunidade microbiana presente no lodo ativado.

Para trabalhos futuros, faz-se necessário a avaliação do uso de fertilizantes e outros compostos para os microrganismos, com uma breve análise de nutrientes. Desta forma, o meio não será prejudicado pela eutrofização.

É preciso avaliar também o sistema de aeração para maximizar a eficiência do tratamento de efluente devido aos baixos teores de oxigênio dissolvido. Sugere-se que estudos sejam feitos a fim de reduzir o tempo de detenção para que apenas o lodo com boas condições de depuração possam permanecer no sistema. Por fim, realizar análises dos compostos tóxicos que venham a prejudicar o desenvolvimento dos microrganismos tais como solventes, óleos e graxas.

## 7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ACQUA ENGENHARIA. **Manual de Operação Lodos Ativados**. Pirassununga, São Paulo. 2010.

APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>th</sup> Ed., 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Curso de controle de processo no tratamento de efluentes por lodos ativados: operação de sistema de tratamento biológico de efluentes industriais "In company"**. São Paulo. ABTCP, 1994.

BARCELOS, Ricardo de T.; FERREIRA, Osmar M.. **Os impactos do lançamento dos efluentes das lavanderias no córrego Barro Preto do município de Trindade – GO**. Artigo Técnico. Universidade Católica de Goiás.

BELTRAME, Leocádia T. C.. **Caracterização do efluente têxtil e proposta de tratamento**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

BENTO, Alessandra P.; SEZERINO, Pablo H.; PHILIPPI, Luiz S.; REGINATTO, Valéria; LAPOLLI, Flavio R.. **Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: um instrumento de avaliação e controle de processo**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol 10, Nº 4. Dezembro, 2005.

BITTON; Gabriel. **Wasterwater Microbiology**. 4ª Edição. Florida, Estados Unidos. Wiley Blackwell, 2011.

CHAGAS, Wellington F.; **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do**

**governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro.** Tese de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro; 2000.

CONAMA 357. **Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente.** Diário Oficial da União, 2005.

COSTA, Andréa F. de S.; **Aplicação de tratamentos biológico e físico-químico em efluente de lavanderia industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco.** Tese de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2008.

COSTA; Victor S. L., **Avaliação da toxicidade utilizando método de respirometria em lodos ativados.** Tese de Mestrado em engenharia de Processos e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

GAZETA DO POVO. **Lavanderias preveem crescimento de 8% ao ano até 2016.** Maringá, 2011. Acessado dia 05 de Maio de 2013 em: <http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?id=1131192>.

GIORDANO, Ghandi. **Tratamento e controle de efluentes indústrias.** Apostila da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso, 2004.

HAANDEL, Andrianus C. van. **O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operação.** Epgraf. Campina Grande: 1999.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSOA, Constantino A.; **Tratamento de esgotos domésticos.** ABES. Rio de Janeiro. 2009.

KUNZ, Airton; ZAMORA, Patrício P.; MORAES, Sandra G.; DURÁN, Nelson. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis.** Química Nova, volume 25, nº 1, pág 78-82. Campinas, 2002.

MENEZES, Jean C. S. dos S.; PIZZOLATO, Tânia M.; SCHNEIDER, Ivo A. H. **Avaliação dos processos de coagulação/floculação, adsorção e Reação de Fenton no tratamento do efluente de uma lavanderia industrial.** Química têxtil, nº 79. Junho, 2005.

MENEZES, Jean C. S. dos S. **Tratamento e reciclagem de uma lavanderia industrial.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

NUNES, José Alves; **Tratamento biológico de águas residuárias.** Editora J. Andrade. Aracaju, 2012.

NUNES, José Alves; **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais.** Editora J. Andrade. Aracaju, 1996.

OLIVEIRA; Simone S.; WASIELESKY, Wilson Jr.; BALLESTER, Eduardo L.C.; ABREU, Paulo C.; **Caracterização da Assembléia de Bactérias Nitrificantes pelo método “fluorescent in situ Hybridization” (FISH) no biofilme e água de larvicultura do camarão-rosa *Farfantepenaeus Paulensis*.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande. 2006.

PEREIRA, Régis da S.; **Poluição Hídrica: causas e consequências.** Artigo do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pelotas, 2004.

RAMOS; Renato G.; **Remoção de surfactantes no pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando filtro biológico percolador.** Universidade de Campinas. Campinas; 2002.

REVISTA TAE ONLINE; **Especializada em tratamento de efluentes;** 2011. Acessada em: <http://www.revistatae.com.br>; no dia 16 de Fevereiro de 2013.

RODRIGUES, Maria R. M. **Tratabilidade do lixiviado efluente da lagoa facultativa do aterro de Curitiba por lodos ativados.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

SALGADO, Bruno C. B.; NOGUEIRA, Maria I. C.; RODRIGUES, Kelly A.; SAMPAIO, Glória M. M. S.; BUARQUE, Hugo L. B.; ARAÚJO, Rinaldo S. **Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e foto-assistidos (UV e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).** Revista Engenharia Sanitária Ambiental. Nota técnica. Fortaleza, 2009.

SILVA, Alessandra C.; **Degradação de corantes em meio salino por ozonização.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

Superintendência de Abastecimento de Água do Estado de São Paulo. **Efeitos de óleos e graxas para a tratabilidade de esgotos e poluição difusa.** São Paulo; 2007.

UNISUL. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e do Complexo Lagunar.** Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 1998.

VAZÓLLER, R. Filomena; GARCIA, Maria de los A. R.; JUNIOR, Alcidez D. G.; CONCEIÇÃO NETO, José. **Microbiologia de Lodos Ativados. Série Manuais.** CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. São Paulo, 1989.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG; SEGRAC. Belo Horizonte; 2005

VON SPERLING, Marcos. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 2ª Edição, Volume 4, SEGRAC. Belo Horizonte; 2002.