

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MONITORAMENTO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO ATRAVÉS  
DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROSCÓPICAS

Júlia Gavião Bilibio

PALOTINA  
2020

Orientadora: Prof. Dra. Eliane Hermes - UFPR

Co-orientadora: Karla Gabriella Simadon – UFPR

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

## Resumo

A produção e industrialização brasileira de carne de peixe e frango se destaca mundialmente e vem crescendo a cada ano. A água é essencial nessa produção sendo consumida em grande quantidade, gerando efluentes que devem ser tratados de maneira correta antes do lançamento no ambiente. Para isso são utilizados tratamentos preliminares, primários, secundários e terciários. Inserido no nível secundário está o sistema de lodos ativados muito utilizado por indústrias que consiste em associação de diferentes microrganismos que oxidam a matéria orgânica presente no efluente. Assim o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de um sistema de lodo ativado de uma agroindústria do oeste paranaense e juntamente observar a microfauna presente no mesmo. Foram coletadas semanalmente amostras no sistema, mais precisamente na entrada da lagoa anóxica, saída do reator biológico e saída do decantador e através dessas amostras foram analisados os parâmetros de pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio e fósforo. Já as análises dos microrganismos foram feitas através de microscopia. Os parâmetros avaliados demonstraram valores finais (pós tratamento) menores que os iniciais (efluente bruto) como o pH que inicialmente variava de 6,85 a 7,23 e pós tratamento passou a ser de 4,87 a 7,07, DQO obteve uma remoção média de 87,73% e a DBO de 91,98%. Para os nutrientes o tratamento removeu 61,73% de nitrogênio e 15,54% do fósforo, sendo eficiente na remoção de matéria orgânica. A microfauna do sistema apresentou grande número e diversidade de microrganismos, demonstrando boa qualidade do sistema em operação.

Palavras-chave: Diversidade Microbiana. Efluente Agroindustrial. Matéria Orgânica.

## Abstract

### *MONITORING OF ACTIVATED SLUDGE SYSTEM THROUGH PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS*

The Brazilian production and industrialization of fish and chicken meat stands out worldwide and has been growing every year. Water is essential in this production being consumed in large quantities, generating effluents that must be treated correctly before being released into the environment. There are preliminary, primary, secondary and tertiary treatments for that. Inserted at the secondary level is the activated sludge process, widely used by industries. It consists of the association of different microorganisms that oxidize the organic matter present in the effluent. This study aimed to evaluate the effectiveness of an activated sludge process in an agribusiness in western Paraná, as well as to observe the microfauna present in it. In order to achieve that, samples were collected weekly in the system, more precisely at the entrance of the anoxic lagoon, at the exits of the biological reactor and the decanter. Through these samples, parameters such as pH, COD, BOD, nitrogen and phosphorus were analyzed. The analyzes of the microorganisms were made once a week, through microscopy. The evaluated parameters showed final values (post treatment) lower than the initial ones (raw effluent) as the pH that initially varied from 6.85 to 7.23 and after treatment it changed from 4.87 to 7.07, COD obtained a removal of 87.73% and BOD 91.98%. For nutrients, the treatment removed 61.73% nitrogen and 15.54% phosphorus, being efficient in removing organic matter. The

system's microfauna showed a large number and diversity of microorganisms, demonstrating good quality of the system in operation.

Keywords: Microbial Diversity. Agro-industrial Effluent. Organic Matter.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que se destaca na produção e industrialização de carnes de frango e peixe. Essa produção que vem crescendo, contribui para a elevação do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro gerando empregos, renda e desenvolvimento para o país.

Essas indústrias utilizam água em seus processos produtivos, assim os resíduos gerados têm sua composição dependente do ramo de atuação da indústria. Na industrialização de aves e peixes grandes volumes de água são utilizados, havendo uma grande geração de efluentes os quais são muito prejudiciais ao meio ambiente por possuírem uma alta carga de matéria orgânica em sua composição, por isso as indústrias estão investindo em estações de tratamento de efluentes. Esses tratamentos submetem o efluente a processos físicos, químicos e biológicos para tratar a água de maneira correta e devolver ao ambiente de acordo com padrões exigidos (BENTO et al., 2005).

O efluente industrial passa por alguns passos durante o tratamento, sendo tratamento preliminar que remove os efluentes sólidos grosseiros, o tratamento primário que remove sólidos suspensos e material flutuante, tratamento secundário que transforma matéria orgânica em gases e o tratamento terciário que remove nutrientes e sólidos inorgânicos dissolvidos ou em suspensão.

Inserido no tratamento secundário está o sistema de lodo ativado amplamente utilizado para o tratamento de despejos domésticos e industriais em que é necessária uma elevada qualidade do efluente. Este consiste em um tratamento de associação de microrganismos como bactérias, protozoários, fungos e metazoários que oxidam compostos orgânicos (BENTO et al., 2005; DAVIES, 2005).

Para atingir o funcionamento ideal e eficaz, o sistema de lodo ativado deve ser monitorado constantemente durante a operação. Deve-se avaliar parâmetros como DQO, DBO, pH, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido e oferta de matéria orgânica biodegradável, com isso a comunidade de microrganismos presente no sistema irá ter as condições ideais para trabalhar em prol ao sistema de tratamento.

Buscando complementar estudos sobre o sistema de lodo ativado, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de lodo ativado instalado em uma agroindústria da região oeste do Paraná, bem como observar os microrganismos presentes neste tratamento.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Produção e Abate de Aves e Peixes**

O Brasil é o segundo maior produtor de carne de frango do mundo ficando atrás apenas dos Estados Unidos, produzindo 12,86 milhões de toneladas de carne no ano de 2018 (ABPA, 2019). Segundo a Confederação Nacional de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2018), a grande produção e exportação geram empregos, renda, desenvolvimento e simbolizam uma significativa parcela do PIB do país. O estado do Paraná se destaca na produção de aves por possuir cooperativas agrícolas formadas por indústrias abatedoras, que o tornam o maior produtor e exportador do país com cerca de 31,92% de toda a produção nacional (HERADA, 2016; MAPA, 2018). Essa alta produção se deve a elevada disponibilidade de matérias-primas principalmente soja e milho e grande presença de cooperativas consolidadas (BELUSSO e HESPANHOL, 2010).

Além da produção de frango, o Brasil é grande produtor de tilápia devido as excelentes condições para a criação, sendo o quarto maior produtor global com 400.280 toneladas em 2018, atrás apenas da China, Indonésia e Egito (PEIXE BR, 2018). A tilápia é a espécie de peixe mais criada no país e em 2017 foi responsável por 58,4% de toda produção nacional da piscicultura, sendo a região Sul a maior produtora com 42% (IBGE, 2017). O estado do Paraná em 2018, aumentou sua produção em 16% devido aos investimentos realizados na área. Foram produzidas no total 129.000 toneladas de peixes, sendo que a produção de tilápia representa 80% desse valor (PEIXE BR, 2019).

Porém juntamente com a alta produtividade se têm um aumento na produção de efluentes oriundos do processamento da carne de frango e peixe. Esses resíduos são altamente poluentes devido a elevada presença de matéria orgânica e carga microbiológica que se descartados de maneira incorreta no ambiente podem ocasionar graves problemas ambientais (SUNADA, 2011). Segundo a Norma Brasileira-NBR 9800 (ABNT, 1987a), efluente líquido é o despejo líquido oriundo das indústrias e seus

processos produtivos e as águas pluviais e esgoto proveniente dos sanitários dos funcionários.

## **2.2 Efluentes de Abatedouro de Aves**

Em abatedouros de aves a quantidade de água residuária oriunda de operações do processamento varia de 20 a 40 L por ave abatida, tendo uma média de aproximadamente 25 L (ERYURUK et al., 2018). O principal poluente presente nos abatedouros é a matéria orgânica, pois a água residuária contém grandes quantidades de gordura, sangue e proteínas (AWANG et al., 2011). Portanto, as indústrias de carne possuem grande preocupação com o tratamento das águas residuárias devido aos altos custos operacionais, procurando alternativas que causem menos impactos e sejam eficientes. Além disso, atualmente os consumidores possuem conhecimento dos impactos ambientais tendo assim o poder de escolha e requisitos legais com mais restrições para a disposição final destes resíduos (COMBATT et al., 2017).

No abate de aves os resíduos sólidos e líquidos são divididos em resíduos gerados fora do processamento e resíduos do abate. Resíduos gerados fora do processo são compostos pelos esgotos sanitários, lodo do sistema de tratamento de água industrial e lixo comum, já os resíduos do abate são conteúdo estomacal, intestinal e resíduos do tanque de purificação de gorduras (SENA, 2005). Resíduos gerados fora do processamento podem ser produzidos pelas lavanderias industriais que consomem uma quantidade extremamente elevada de água, gerando um efluente com elevada carga orgânica e um elevado valor de pH. A composição desse efluente depende dos produtos impregnados nas peças, o volume que a lavanderia suporta e os produtos químicos que são utilizados no processo de lavagem (MENEZES, 2005). O efluente gerado na etapa de lavagem são compostos por óleos e graxas, resíduos de corantes, desinfetantes, surfactantes, e demais que dão origem a altos teores de matéria orgânica e sólidos dissolvidos e em suspensão. (SILVA, 2006).

Os efluentes líquidos dos abatedouros de aves são divididos em cinco linhas do processo produtivo. A primeira linha é a Recepção em que o efluente é oriundo da lavagem dos caminhões, piso da recepção, gaiolas de frangos e água dos boxes de espera, sendo este efluente constituído por areia, fezes e penas. O segundo é a Linha de Penas em que o efluente contém penas e cutículas, vindo da etapa de depenagem, o terceiro é Linha de Vísceras formado pelo efluente de escoamento das vísceras e gorduras. O quarto é

Linha de Ossos em que o efluente é gerado de pré-cozidos e empanados constituído pela água da drenagem e arraste de ossos e por último a Linha de Sangue, efluente proveniente da higienização do setor de sangria (OLIVO, 2006).

Esses efluentes apresentam uma elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), óleos, graxas, alta concentração de sólidos sedimentáveis e suspensos. Contém material flutuante, possuem sólidos grosseiros, microrganismos patogênicos, grande quantidade de sangue, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal e altas concentrações de fósforo total, nitrogênio total e carbono orgânico. Em decorrência da alta concentração de DBO e de carga proteica, os efluentes apresentam uma grande capacidade de decomposição, estando relacionado com a liberação de odores (PARDI et al., 2006; MESS et al., 2013).

Outra área é a de termoprocessados em que o frango em pedaços é encaminhado para mais uma etapa de processamento, que pode ser para o preparo de embutidos ou pratos rápidos. Dessa maneira, acaba-se agregando mais valor ao produto e permite que se inicie um processo de diferenciação do produto através da qualidade associada a marca, uma questão que é de difícil conquistas em mercados competitivos como o do frango *in natura* (MENDES e SALDANHA, 2004; LIBARDI e SCHORR, 2004).

A Tabela 1 traz a caracterização de efluentes de abatedouro de aves a partir de diferentes literaturas.

Tabela 1. Características de efluente de abatedouros de aves

Parâmetro	MOREIRA (2002)	SCHOENHALS (2006)	LUCYK et al. (2015)
pH	-	6,70	6,99
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	1774±190	1020	-
Óleos e Graxas (mg L <sup>-1</sup> )	266±120	430	-
Nitrogênio Amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )	-	11,04	528

Fonte: o autor (2020).

A descarga desses efluentes em corpos hídricos de forma indevida sem o tratamento prévio, significa uma ameaça à saúde pública impossibilitando a utilização do mesmo para outros fins como para usos agrícolas e industriais. Portanto, isso ocorre quando o efluente dispõe de uma alta carga orgânica e que o corpo d'água será incapaz de auto depurar-se (CUNHA, 2015). Além disso o efluente quando não tratado pode ocasionar a proliferação de insetos, agentes infecciosos, emissão de gases que afetam o efeito estufa e causar eutrofização dos cursos d'água (BEUX, 2005). Ademais, o efluente

de abatedouro de aves possui partículas de várias formas, densidades e tamanhos, o que interfere no seu comportamento na água e conseqüentemente na capacidade de serem removidos. Essa remoção de partículas é muito importante, desde que vários contaminantes microbiológicos e químicos presentes no efluente sejam agregados às partículas (SENA, 2005).

### **2.3 Efluentes de Abatedouro de Peixes**

Os efluentes oriundos da indústria de peixes são gerados a partir das etapas de processamento que irão variar de acordo com os derivados produzidos. Estes podem ser originados da recepção do pescado, do processo de condensação que ocorre nas câmaras frias, nos processos de resfriamento, abate, evisceração, filetagem, salmoura, cozimento, autoclavagem e outros. Assim como pode-se gerar efluentes na lavagem de pisos, instalações, equipamentos e utensílios usados durante as fases do processamento (GIORDANO, 2004; LIU, 2007). A água residuária de abatedouro de peixes pode causar problemas ambientais, afetando corpos hídricos promovendo a proliferação de algas, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido, formando toxinas e causando efeitos nocivos à saúde humana (KUMMER, 2011),

Em abatedouros de peixe são gerados efluentes líquidos podendo ser oriundos da lavagem da carne da tilápia processada que gera resíduos com proteínas, ácidos graxos, minerais e demais nutrientes solúveis. São produzidas altas quantidades de efluente em que o volume é diretamente proporcional ao consumo de água na indústria (KIRSCHNIK, 2007; RAMJEAWON, 2000). Segundo SARAIVA (2003), esse efluente é caracterizado pelas altas concentrações de nitrogênio total, gordura, sólidos totais e matéria orgânica, que dificilmente são assimilados ao corpo hídrico sem nenhum tipo de tratamento.

A Tabela 2 traz a caracterização de efluentes de abatedouro de peixes a partir de diferentes literaturas.

Tabela 2. Características de efluente de abatedouros de peixes.

Parâmetro	COSMANN (2012)	BOURSCHEIDT (2014)
pH	7,90±0,50	7,68±0,92
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	1306±387,70	2656±2,07
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	1475±355	1490
Nitrogênio Amoniacal (mg L <sup>-1</sup> )	2,39±2,61	-
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	-	86,10±1,98

Fonte: o autor (2020).

## 2.4 Tratamento de Efluentes Agroindustriais

As estações de tratamento de efluentes recebem a água residuária e a submetem a processos físicos, químicos e biológicos que possuem a finalidade de eliminar a poluição contida na água, permitindo que esta volte para o ambiente com as características sanitárias exigidas (BENTO et al., 2005). A concepção dos processos de tratamento é muito ampla e é utilizada em projetos de otimização destas etapas. Dessa maneira, é muito importante a caracterização do efluente, principalmente os que possuem resíduos industriais sendo necessário a compreensão da natureza das águas residuais o que é de fundamental importância para o projeto e operação do sistema de tratamento (METCALF; EDDY, 2003).

O tratamento de efluentes é formado por etapas de depuração da água sendo eles: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. No tratamento preliminar são removidos efluentes sólidos grosseiros como a areia, utilizando processos físicos como gradeamento, peneiramento e sedimentação (GORGOZINHO, 2010). A remoção da areia é realizada através de desarenadores, por meio da sedimentação, onde os grãos com maior dimensão e densidade vão para o fundo do tanque, ao contrário da matéria orgânica que por ser mais leve permanece na superfície (VON SPERLING, 2005).

No tratamento primário ocorre a remoção de sólidos suspensos e material flotante, é utilizado para o condicionamento de efluente para o tratamento secundário ou para descarga, removendo de 40 a 70% dos sólidos em suspensão e aproximadamente 35% da DQO. Para isto são utilizadas técnicas que permitem remover o material particulado sedimentável presente no efluente como a coagulação/floculação que remove o material coloidal e partículas finas que sedimentam lentamente e a flotação que tem o objetivo de remover as partículas em suspensão de um meio líquido, fazendo com que estas subam a superfície para serem posteriormente removidas (CAMMAROTA, 2011).



O tratamento secundário ou biológico tem o objetivo de transformar a matéria orgânica que está presente no efluente em gases e tecido celular, o chamado lodo biológico (METCALF & EDDY, 2003). Segundo Von Sperling (2005), nessa etapa a remoção da matéria orgânica é feita por microrganismos através de reações bioquímicas que a transformam em gás carbônico, água e material celular. Nesta fase pode haver uma remoção de DBO e coliformes de 60 a 99% e de nutrientes entre 10 a 50% (TELLES; COSTA, 2007). Ainda segundo Telles; Costa (2007) os decantadores secundários fazem parte deste nível de tratamento sendo responsáveis pela separação de sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, possibilitando a saída do efluente clarificado. Como consequência há um aumento de sólidos em suspensão no fundo do decantador.

Todas as etapas do tratamento secundário ocorrem via biológica sendo dividida em dois ambientes: o ambiente aeróbio, que é aplicado a todas as variáveis de lodos ativados e lagoas aeradas em que o oxigênio é inserido de forma artificial, produzindo maior quantidade de lodo do que no ambiente sem oxigênio. No processo anaeróbio há a ação de bactérias que sobrevivem na ausência de oxigênio, produzindo biogás que acaba gerando menor quantidade de lodo, já que parte da matéria orgânica é convertida em gás (TELLES; COSTA, 2007). As bactérias anaeróbias possuem a capacidade de decompor resíduos orgânicos rapidamente, portanto esse tipo de tratamento é aplicado quando a carga de matéria orgânica for elevada (VON SPERLING, 2005).

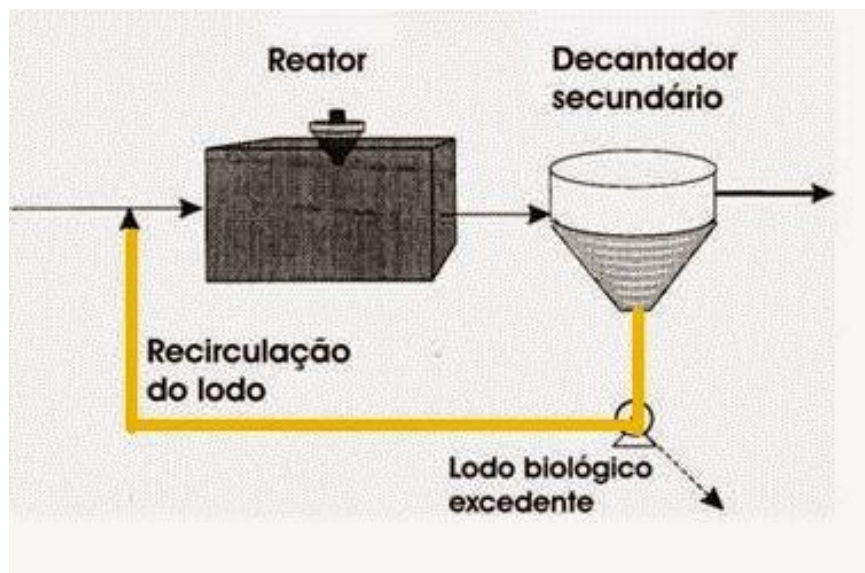
O tratamento terciário é destinado a remoção complementar de poluentes que não foram removidos no tratamento secundário como nutrientes, patógenos, sólidos inorgânicos dissolvidos e em suspensão e de poluentes específicos por processos físico-químicos. Esses processos podem ser filtração, adsorção por carvão, calagem, osmose reversa, dentre outros (MANCUSO e SANTOS, 2003). Além disso, são removidos sólidos suspensos residuais, usualmente por filtros granulares, filtros de pano ou micro telas. Esse tratamento também possui o objetivo de desinfecção e remoção de nutrientes (METCALF e EDDY, 2016).

## **2.5 Sistema de Lodo Ativado**

O sistema de lodo ativado é formado por tanque de aeração, aeradores, decantador secundário e bomba de recirculação. Nesse tratamento uma massa biológica se forma e flocula, sendo constantemente circulada e colocada em contato com a matéria orgânica do despejo líquido do sistema na presença de oxigênio (FERREIRA et al., 2008). Assim,

para a garantia da eficiência do processo é preciso uma alta taxa de oxigenação e oferta de matéria orgânica biodegradável, para que se mantenha uma população microbológica trabalhando em prol do sistema (VON SPERLING, 2002; BENTO et al., 2005). A Figura 1 representa o sistema de lodo ativado, segundo a literatura.

Figura 1. Sistema de lodo ativado



Fonte: VON SPERLING (2002).

O lodo que forma o sistema, se mostra mutável ao longo do tempo quando observado em microscópio, essas mudanças acontecem devido as características variadas do efluente que entra no sistema. Portanto as mudanças da composição da microfauna mostram tendências do processo operacional como a formação de sobrecargas orgânicas, mudanças na disponibilidade de oxigênio, entrada de efluentes tóxicos, alterações de pH e na sedimentabilidade do lodo e estabilidade do processo (BENTO et al., 2005; FERREIRA et al., 2008).

Manter o controle das mudanças que ocorrem no sistema de lodos ativados é importante para a estabilidade de operação. Esse controle deve conter dados físico-químicos e a análise microscópica que é um instrumento rápido e eficiente para controle que proporciona uma avaliação das características ocasionais do sistema (HOFFMANN, 2004).

### 2.5.1 Parâmetros Operacionais do Sistema de Lodo Ativado

Para o bom funcionamento do Sistema de Lodo Ativado alguns parâmetros operacionais devem ser monitorados como a quantidade de oxigênio dissolvido, sendo um fator essencial na qualidade de um corpo hídrico. Quando um efluente com alto teor de matéria orgânica é disposto em um curso d'água os microrganismos naturais do ambiente necessitam desse oxigênio dissolvido para produzirem novas células e degradar substratos. Portanto através da quantidade de oxigênio dissolvido é determinada a quantidade de matéria biológica do sistema (SANT'ANNA JUNIOR, 2013).

Outro parâmetro a ser analisado é a DBO que indica a quantidade de oxigênio necessária para os microrganismos degradarem a matéria orgânica. Pode ser utilizada também para dimensionar equipamentos, verificar a eficiência do processo e indicar se as normas ambientais estão sendo seguidas (JORDÃO; PESSOA, 2009), tendo um valor máximo permitido de  $60 \text{ mg L}^{-1}$  (IAP, 2018). A DQO indica a quantidade necessária para uma espécie química oxidar a matéria orgânica presente no efluente. Também pode medir a quantidade de oxigênio necessária para uma espécie química oxidar compostos orgânicos biodegradáveis e inorgânicos, dessa maneira apresenta valores maiores que a DBO (METCALF; EDDY, 2003). O valor máximo permitido para lançamento é de  $150 \text{ mg L}^{-1}$  (IAP, 2018).

O pH é um parâmetro considerado um bom indicador do estado de decomposição da matéria orgânica, caso haja acidez do lodo é necessário a correção do pH para facilitar a decomposição dos compostos orgânicos (CORREIA, 2009). Se o pH aumenta a atividade microbiana é favorecida elevando a mineralização da matéria orgânica e aumentando a disponibilidade de micronutrientes (CORREIA, 2009). Os valores de pH considerados mais apropriados são de 6,8 a 7,2. (APPELS et al., 2008; OGEJO et al., 2018).

O fósforo é um parâmetro necessário para que o sistema de lodos ativados consiga efetuar os processos biológicos aeróbios. Este em excesso contribui para a eutrofização, ou seja, um crescimento excessivo e rápido de algas que conseqüentemente gera um aumento nos consumidores primários e nos próximos níveis da cadeia alimentar. Com esse crescimento excessivo dos organismos o oxigênio dissolvido se torna escasso e organismos mais sensíveis não sobrevivem, entrando em decomposição gerando poluição e má qualidade da água no ambiente (JORDÃO, 2009).

O nitrogênio é um dos mais importantes contaminantes de efluentes, ocorre em várias formas e estados de oxidação (HULTH et al., 2005). Parte desse nitrogênio chega aos corpos hídricos na forma de amônio, nitrito e nitrato o que gera problemas de toxicidade à flora e fauna aquática, levando a diminuição de oxigênio dissolvido, eutrofização e problemas que afetam a saúde humana. Dessa forma, o nitrogênio vem a ser um parâmetro importante a ser monitorado (HE et al., 2009).

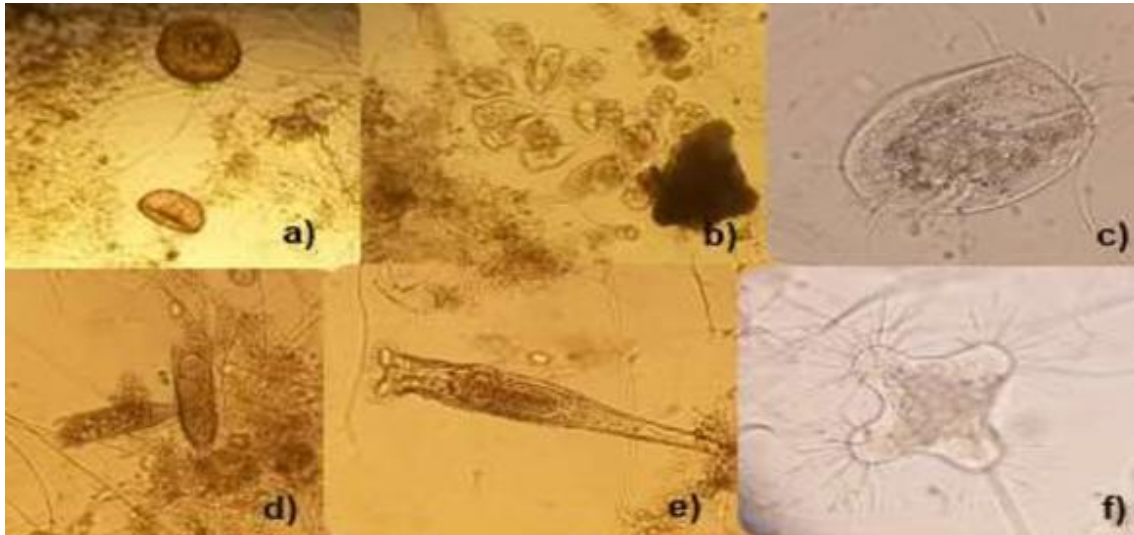
### 2.5.2 Microbiologia do Sistema de Lodo Ativado

O sistema de Lodo Ativado é composto por vários microrganismos sendo as bactérias mais abundantes e divididas em dois grupos. O primeiro compreende as bactérias formadoras de flocos, que se juntam e formam flocos pesados que são de fácil remoção do decantador, elas removem partículas em suspensão, nitrogênio, fósforo, enxofre e matéria orgânica (SAAR, 2015). O outro grupo são as bactérias filamentosas que são estruturas formadas por bactérias, fungos e algas e possuem a função primordial de sustentação do floco, proporcionando estrutura e firmeza, sendo importantes também na clarificação do efluente (HOFFMANN, 2004).

Além das bactérias, os protozoários estão presentes como grupo predominante em sistemas aeróbios e podem ser divididos em quatro subgrupos: Amebas que se dispõem de duas formas, uma sem parede firme característica de sistemas com bastante disponibilidade de alimento e outra envolta em uma casca de proteção, a chamada tecameba, comuns em um lodo com idade elevada, nitrificado e baixa carga orgânica (ROSA; BAZZANELLA, 2009). Os flagelados que possuem flagelos para se locomoverem, sendo comuns na fase inicial de funcionamento do sistema, sendo associados a cargas elevadas e deficiente aeração (ALMEIDA, 2008; SOARES et al., 2014). Os ciliados livres que possuem cílios em todo o corpo, podendo ser diferenciados em nadadores livres que são associados a efluentes com alta concentração de bactérias livres e os rastejantes, que são comuns em um sistema com boas condições operacionais e eficiente remoção da matéria orgânica (RIBEIRO; CORRÊA, 2013; SAAR, 2015). Os ciliados fixos possuem um pedúnculo, o qual é aderido ao floco biológico e quando em excesso são característicos de sistemas com carga altamente elevada (ROSA; BAZZANELLA, 2009). E por fim, os micrometazoários que são organismos mais complexos presentes apenas em lodos de idade elevada, sendo indicadores de baixa toxicidade por serem frágeis a grandes mudanças. Os mais comuns no lodo ativado são os

rotíferos, nematoides, tardígrades e anelídeos (SAAR, 2015). A Figura 2 ilustra os 20 microrganismos comumente presentes no sistema de lodo ativado.

Figura 2. Microrganismos do Lodo Ativado. A) Tecameba, b) Ciliado fixo, *Vorticella*, c) Ciliado livre, *Euplotes* sp, d) Ciliado fixo, *Vagnicola*, e) Micrometazoário, *Rotífero*, f) Ciliado carnívoro, *Acineta*.



Fonte: ROCHA (2016).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do local de estudo

O presente estudo utilizou amostras de efluentes de um abatedouro de aves e de peixes localizado na região oeste do Paraná. O sistema de tratamento de efluentes da indústria é formado por peneiramento, tratamento físico-químico por flotação, lagoas anaeróbias e sistema de lodo ativado composto por lagoa anóxica, reator biológico e decantador secundário.

#### 3.2 Coleta das Amostras de Efluentes

Para a realização das análises do efluente foram coletadas amostras no sistema de lodo ativado da indústria, mais especificamente na entrada da lagoa anóxica, na saída do reator biológico e na saída do decantador (Figura 3).

Figura 3. Sistema de lodo ativado e pontos de coleta.



Fonte: o autor (2020)

Para as análises físico-químicas as amostras foram coletadas semanalmente no período de abril a julho de 2020, totalizando 10 amostras na entrada da lagoa anóxica e na saída do decantador secundário. Posteriormente em parceria com um laboratório externo localizado na cidade de Cascavel-PR foram realizadas as análises de pH, DBO, DQO, nitrogênio e fósforo, segundo APHA (2005) (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros físico-químicos analisados e metodologias utilizadas

Parâmetro	Metodologia	Referência
pH	Potenciometria	APHA (2005)
DBO	Respirométrico	APHA (2005)
DQO	Espectrofotometria	APHA (2005)
Nitrogênio	Kjeldahl	APHA (2005)
Fósforo	Espectrofotometria	APHA (2005)

Fonte: o autor (2020).

As amostras do efluente que foram coletadas uma vez por semana na saída do reator biológico, foram levadas ao Laboratório de Microscopia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Setor Palotina para observações semanais dos microrganismos presentes no sistema de tratamento.

### 3.3 Parâmetros físico-químicos utilizados na caracterização dos efluentes

Na análise do pH foi utilizado o aparelho de pHmêtro corretamente calibrado. Para determinar a DQO total usou-se o seguinte procedimento: Em tubos com tampas rosqueáveis com ajuda de pipeta foram adicionados 2,50 ml de amostra concentrada ou diluída ou 2,50 ml de água destilada ou das soluções de padrão preparadas para a curva de calibração. Segurando o tubo próximo a rosca foi adicionada com dispensadores, 1,50

ml da solução de sulfato de prata em ácido sulfúrico, o tubo foi fechado e agitado por inversão segurando-o pela tampa. Os tubos foram colocados no digestor previamente aquecido à temperatura de 150 °C mantendo-o por 2 h, o espectrofotômetro foi ligado meia hora antes da leitura e fixou-se o comprimento de onda de 620 nm. O equipamento com solução do teste em branco foi zerado e foram lidas as absorvâncias de padrões e amostras, e para a obtenção da reta de calibração, plotou-se as absorvâncias das soluções do padrão no eixo Y contra valores de DQO em mg L<sup>-1</sup> das soluções de ftalato ácido de potássio (KHP) no eixo X e foi determinada a equação da reta obtida.

A análise da DBO consistiu na determinação do oxigênio dissolvido (OD), em uma amostra antes e após um período de incubação de 5 dias, a uma temperatura de 20 ± 5 °C. Para a medição do OD utilizou-se um oxímetro.

Para determinar o nitrogênio usou-se um tubo de digestão sendo adicionado 5 ml de cada amostra com pequena porção de mistura digestora de nitrogênio e 5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Esse tubo foi levado para um bloco digestor em que se aumentou gradativamente a temperatura em 50 °C até chegar à temperatura de 385 °C, mantendo essa temperatura até a amostra atingir a cor de azulado-transparente. Para a destilação, a amostra já digerida foi para o destilador de nitrogênio em que a massa foi aquecida previamente e posteriormente adicionado 25 ml da solução NaOH (40%) em que foi liberado o nitrogênio na forma de gás. O mesmo foi recolhido após passar pelo condensador em 100 ml de ácido bórico 4% e 5 gotas de indicadores verde de bromocresol 0,1% e vermelho de metila 0,2% e assim efetuada a titulação com HCl 0,04794 mol L<sup>-1</sup> e o volume gasto foi anotado após o cálculo.

A concentração de nitrogênio total foi calculada utilizando-se a Equação (1):

$$mgNitrogênio_{(total)} \cdot L^{-1} = \frac{(v_1 - v_2)}{v} \times N_{HCl} \times 14.000 \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

V<sub>1</sub> = Volume de ácido utilizado para titular a amostra (ml);

V<sub>2</sub> = Volume de ácido utilizado para titular o branco (ml);

V = Volume da amostra (ml);

N<sub>HCl</sub> = Concentração do ácido utilizado na titulação;

14.0 = Equivalente grama do nitrogênio contido no NH<sub>4</sub>.

O fósforo foi determinado pelo seguinte procedimento: Preparo da solução saturada de persulfato de potássio. A solução aquosa saturada de persulfato de potássio resultante possui concentração próxima a 20 g L<sup>-1</sup>. Para o preparo do reagente misto adicionou-se 12,5 ml de ácido sulfúrico, 1,25 ml de solução de tartarato de potássio e antimônio, 3,75 ml de solução de molibdato de amônio e 7,5 ml de solução de ácido ascórbico. Já para determinar a concentração do fósforo total transferiu-se 10 ml de amostra, bruta ou diluída, aos tubos de ensaio, adicionou-se 1 ml de solução saturada de persulfato de potássio, fechou-se os tubos de ensaio com tampa de teflon e foi aquecido em autoclave, a 120 °C e pressão de 1 atm, durante 1 hora. Após foi resfriado à temperatura ambiente, adicionado 1 ml de reagente misto, após o desenvolvimento da cor azul, leu-se a absorvância a 882 nm. Em seguida foi preparado dois brancos, com o mesmo procedimento, usando 10 ml de água destilada, sendo determinada a concentração de fósforo total de acordo com a equação da reta obtida com padrões pré-estabelecidos.

A eficiência de remoção de DQO, DBO, nitrogênio e fósforo foi calculada utilizando-se a Equação (2):

$$E = \frac{C1-C2}{C1} * 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

C1 = concentração inicial

C2 = concentração final

### **3.4 Análises microbiológicas do sistema de lodo ativado**

Para as análises utilizou-se a metodologia de Jenkins et al. (2003) em que se utiliza lâminas e lamínulas, uma gota da amostra e microscópio. Para as observações de microscopia de aumento, foram utilizados microscópios modelos NIKON Eclipse E100 com aumento de 100x e 400x.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

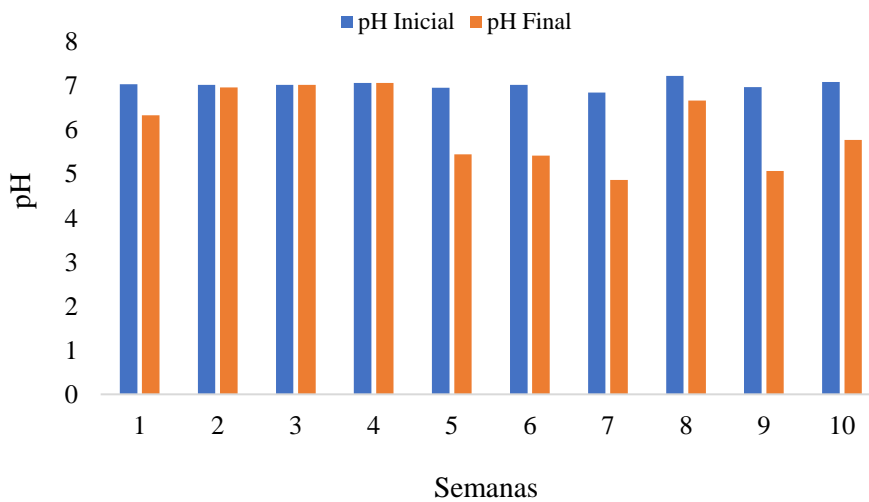
### **4.1 Variação do pH no sistema de lodo ativado**

O pH é um importante parâmetro a ser monitorado dentro do sistema. As bactérias presentes no efluente necessitam de um pH controlado sem muita variação e próximo ao



neutro para crescerem e se alimentar. O pH inicial foi coletado na entrada da lagoa anóxica e o pH final coletado na saída do decantador, esse último dependente do pH que está no reator biológico. Percebe-se que o pH inicial apresentou valor sempre próximo a neutralidade variando entre 6,85 a 7,23. Após o tratamento o pH final apresentou valores menores do que o inicial, entre 4,87 a 7,07, sendo uma variação esperada dos valores de pH (Figura 4).

Figura 4. Valores de pH no início e final do sistema de lodo ativado



Após o tratamento o pH diminui pois durante o processo ocorre a nitrificação que consome alcalinidade, diminuindo assim os valores de pH (ANTILEO et al. 2013).

No trabalho de Cybis et al. (2003) os valores médios de pH inicial e final do sistema de lodo ativado para tratamento de esgoto doméstico se mantiveram os mesmos (7,0), se diferenciando portanto do presente estudo que teve seus valores médios de pH finais menores que os iniciais.

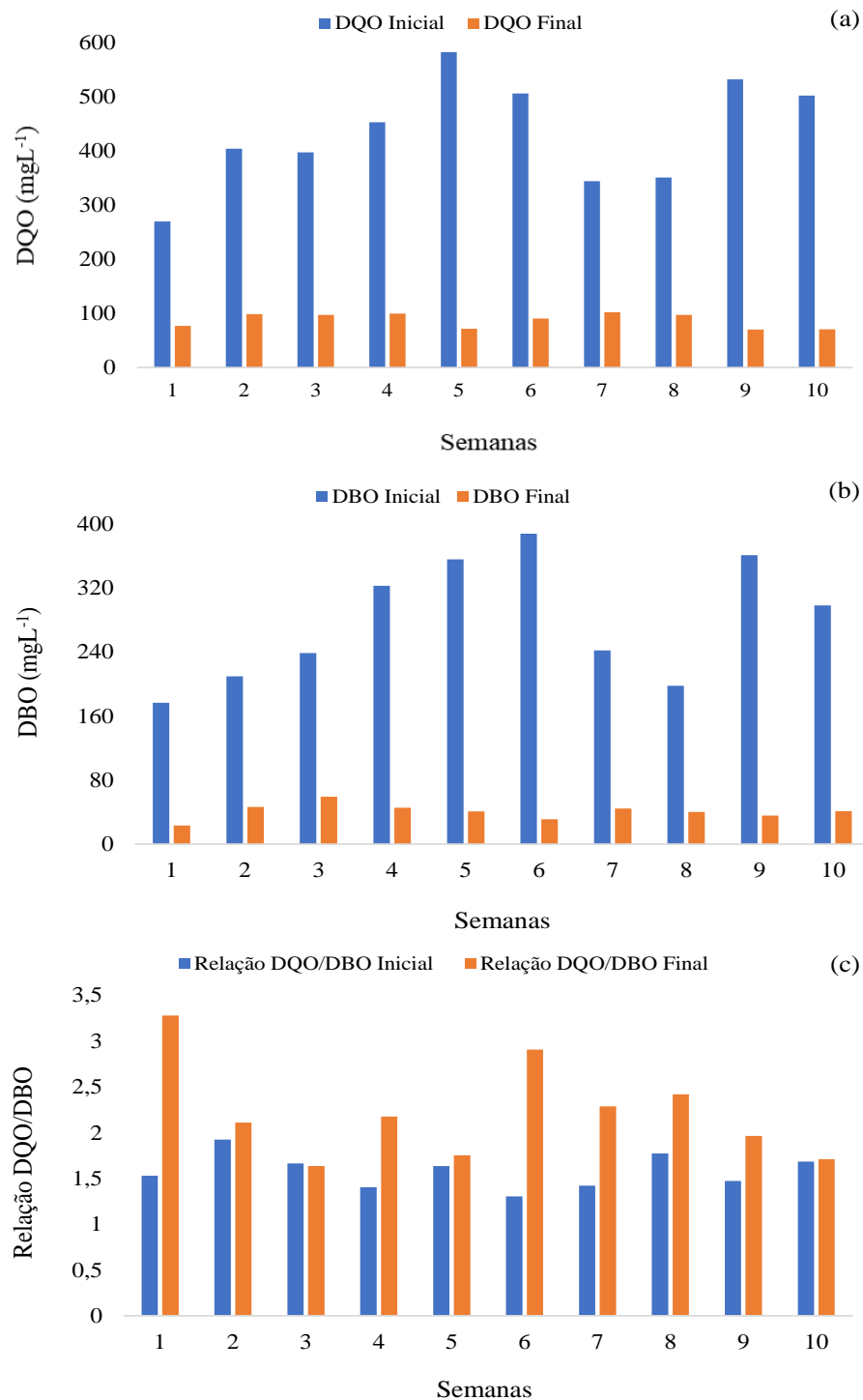
Segundo Andrade (2003), em seu estudo com tratamento de efluentes têxteis através do lodo biológico ele observou que após o tratamento o pH final foi menor que o inicial tendo uma média de 7,23 assim como no presente estudo.

#### 4.2 Remoção da matéria orgânica no sistema de lodo ativado

A DQO indica a quantidade que uma espécie necessita para oxidar a matéria orgânica presente no efluente. A DBO demonstra a quantidade de oxigênio que é necessária para microrganismos degradarem a matéria orgânica. Esses dois parâmetros seguem padrões de lançamento, a DQO é  $150 \text{ mg L}^{-1}$  e a DBO é  $60 \text{ mg L}^{-1}$  (IAP, 2018).

O efluente bruto teve valores de DQO inicial de 269,89 mg L<sup>-1</sup> até 582,49 mg L<sup>-1</sup>, após o tratamento a DQO final apresentou valores de 70 mg L<sup>-1</sup> a 102,02 mg L<sup>-1</sup> (Figura 5a), demonstrando uma redução de carga orgânica significativa de 87,73% e esses valores finais de DBO estão dentro dos padrões de lançamentos exigidos pela legislação.

Figura 5. Valores de DQO (a), DBO (b) e Relação DQO/DBO (c) no início e final do sistema de lodo ativado



Os valores de DBO inicial foram de 176,57 mg L<sup>-1</sup> a 388,17 mg L<sup>-1</sup>, já a DBO final pós tratamento, teve seus valores reduzidos, com valores de 23,39 mg L<sup>-1</sup> até 59,41 mg L<sup>-1</sup> (Figura 5b), comprovando uma remoção eficiente de 91,98% (Tabela 4). A intenção do sistema é reduzir a carga orgânica, sendo assim os valores de saída sempre serão menores, como demonstram os resultados com a redução da DQO e DBO final comprovando a eficiência do sistema em operação conforme a (Tabela 4).

Tabela 4. Análise descritiva da eficiência de remoção de DQO e DBO

Parâmetro	Número de Amostras	Média (%)	Desvio Padrão	Mínimo (%)	Máximo (%)
Remoção de DQO	10	78,62	6,60	70,38	87,73
Remoção de DBO	10	84,36	5,56	75,12	91,98

No estudo de Rocha et al. (2016) em que se monitorou parâmetros físico-químicos de uma agroindústria, as análises de DQO tiveram uma eficiência de 95,56%, sendo um pouco maior do que a eficiência do presente estudo que foi de 87,73%. Já para as análises de DBO a eficiência do tratamento foi de 96,23%, também maior que a do estudo realizado. Amorim et al. (2014) em estudo de tratamento de efluentes por lodo ativado de uma indústria de curtume obtiveram remoção de DQO em 92,45% também maior que a do estudo, porém a eficiência de remoção da DBO foi bem próxima ao presente trabalho com 92,51%.

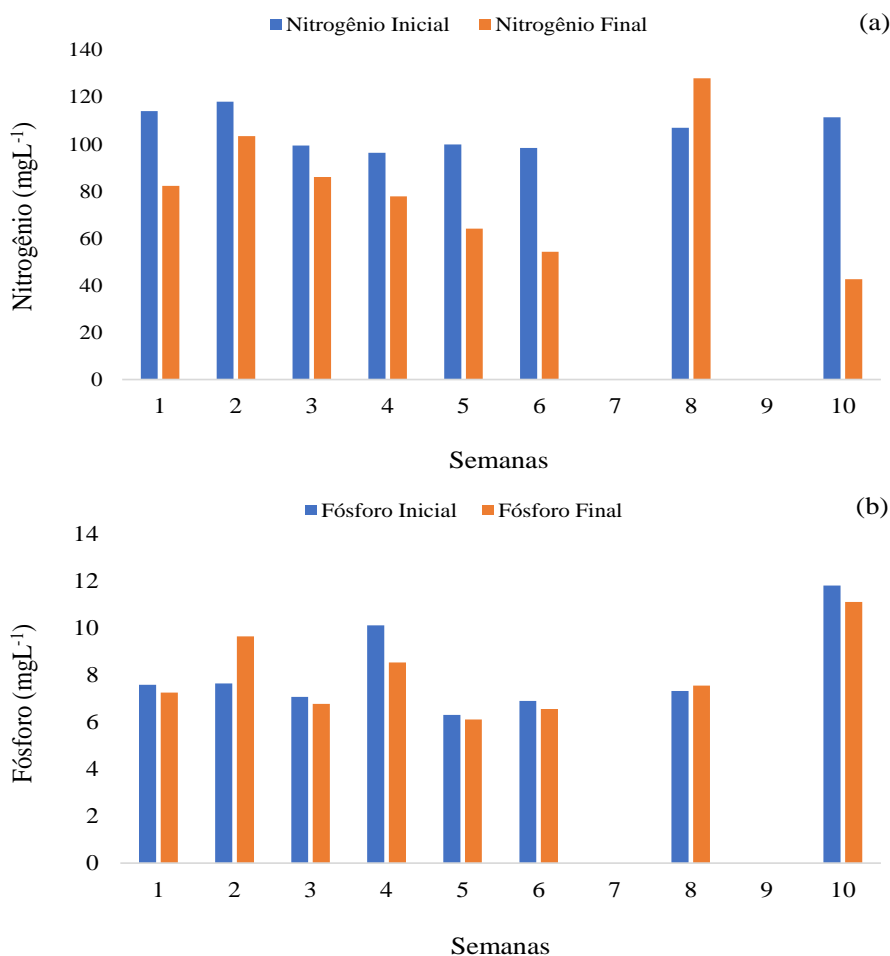
A relação DQO/DBO indica qual o melhor tratamento a ser utilizado sendo químico ou biológico. Para o tratamento ser biológico a relação deve estar abaixo de 2,5 sendo o caso das análises feitas nesse trabalho que possuem uma relação de DQO/DBO inicial média de 1,5 a 2,0 (Figura 5c), com isso deve-se utilizar o tratamento biológico como por exemplo o sistema de lodo ativado. O foco do tratamento biológico é remover matéria orgânica biodegradável, portanto, quanto menor a relação DQO/DBO maior será a biodegradabilidade do efluente (BRAGA et al., 2012).

Analisando a relação DQO/DBO de esgotos com tratamento biológico, Silva et al. (2005) observaram uma relação de 1,67 que também indicou tratamento biológico para o efluente analisado. Em efluente de esgoto sanitário a relação DQO/DBO para Leal (2017) foi de 1,3+/-0,3 indicando também tratamento biológico como visto no trabalho apresentado.

### 4.3 Remoção de nutrientes no sistema de lodo ativado

O nitrogênio é um importante contaminante de efluentes, devido a isso esse parâmetro deve ser monitorado dentro do sistema. As análises demonstraram os seguintes valores para nitrogênio inicial: 96,42 mg L<sup>-1</sup> a 118,15 mg L<sup>-1</sup>, posterior ao tratamento o nitrogênio apresentou valores finais menores de 46,66 mg L<sup>-1</sup> a 103,5 mg L<sup>-1</sup> (Figura 6a).

Figura 6. Valores de Nitrogênio (a) e Fósforo (b) no início e final do sistema de lodo ativado



O fósforo contribui para os processos biológicos aeróbios e eutrofização, devendo também ser monitorado. As análises apresentaram valores de fósforo inicial de 6,3 mg L<sup>-1</sup> a 11,8 mg L<sup>-1</sup>, e após tratamento, fósforo final apresentou valores de 6,1 mg L<sup>-1</sup> até 11,1 mg L<sup>-1</sup> (Figura 6b). O fósforo tem como característica ser agregado ao floco, sua remoção envolve a sua incorporação na biomassa como material celular, assim a retirada do fósforo do sistema se dá através da purga da biomassa (SEDLAK, 1991). O sistema está em fase

inicial de funcionamento e possui a intenção de trabalhar com uma idade alta do lodo, ou seja, a massa biológica fica armazenada no sistema por longos períodos, dessa maneira o descarte do lodo não ocorre com frequência por isso a vazão de descarte é pequena comparado com uma vazão de entrada o que explica a baixa remoção de 15,54% conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Análise descritiva da eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo

Parâmetro	Número de Amostras	Média (%)	Desvio Padrão	Mínimo (%)	Máximo (%)
Remoção de Nitrogênio	8	26,90	19,96	0,00	61,73
Remoção de Fósforo	8	4,77	4,87	0,00	15,54

No trabalho de Rocha et al. (2016) foram feitas análises de eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo. Para nitrogênio total se obteve uma eficiência média de remoção de 78,32%, sendo maior do que o presente estudo. O fósforo teve uma eficiência de 76,30%, sendo bem maior do que o estudo feito, que obteve 15,54% de eficiência.

A remoção de fósforo estudada por Henrique et al. (2010) em uma estação de tratamento biológico de esgoto sanitário teve uma eficiência média de remoção de 80%, sendo bem maior a remoção do que o presente trabalho apresentado. Para o nitrogênio Oliveira et al. (2012) avaliou a eficiência de remoção de uma estação de tratamento de esgoto e obteve como resultado uma eficiência de remoção de 58%, valor próximo ao do presente trabalho que foi de 61,73%.

As análises 7 e 9 não foram feitas por opção da agroindústria, para a redução de custos.

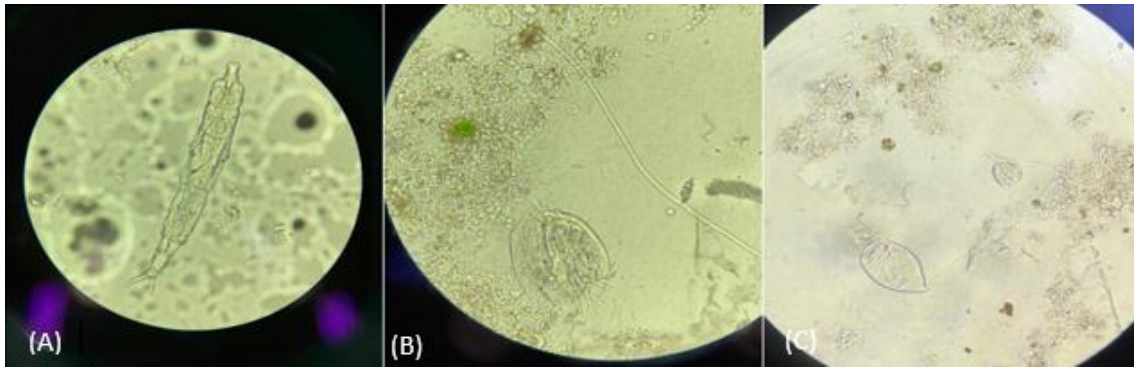
#### 4.4 Microbiologia do sistema de lodo ativado

Os microrganismos são responsáveis por clarificar e baixar a toxicidade do efluente final, sendo importante haver uma diversidade entre eles, porém o organismo que estiver em maior quantidade é o que irá indicar a qualidade do lodo. As sucessões e oscilações que ocorrem podem estar ligadas à idade do lodo, nitrificação, relação alimento/microrganismo e oxigênio dissolvido (GENETICA, 2020).

Nas análises desse trabalho foram vistos microrganismos como Rotífero, Andarilho e Ciliado fixo (Figura 7), os quais indicam uma boa qualidade do lodo. Além

disso, a presença do Andarilho indica a contribuição para a aparência arredondada de um floco bem formado pois se arrastam ao redor dos flocos para se alimentar (ROSA e BAZZANELLA, 2009).

Figura 7. Microrganismos do lodo ativado: Rotífero (A), Andarilho (B) e Ciliado fixo (C)

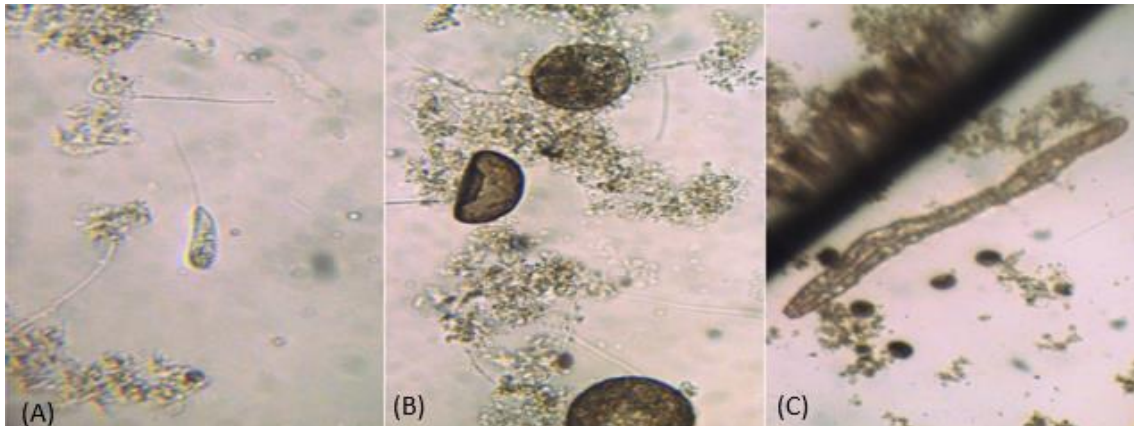


Fonte: o autor (2020).

Além desses citados acima foram vistos muitos flagelados, que indicam riqueza de matéria orgânica, característicos de sistemas em início de operação, quando há muita oferta de alimento, estando presentes em lodos jovens e em todos os lodos ativados de alta carga (CLAAS, 2007).

Muitas Tecamebas estavam presentes em grandes quantidades no lodo com idade avançada indicando um efluente nitrificado com baixa concentração de amônia. Essa grande presença de Tecamebas também foi encontrada no estudo de Bento et al. (2005) em que as mesmas tinham uma frequência de 100% e 91% apresentando maior número de indivíduos na comunidade. Por fim um Aelossoma foi identificado nas amostras, este é raramente visto, pois só está presente no lodo com idade alta e excesso de oxigênio dissolvido (Figura 8).

Figura 8. Microrganismos do lodo ativado: Flagelado (A), Tecamebas (B) e Aelossoma (C)



Fonte: O autor (2020).

No estudo de Soares et al. (2014) realizou-se a caracterização da microfauna de lodos ativados de uma indústria de bebidas. Os microrganismos mais vistos foram Tecamebas e Rotíferos com 100% de frequência, e também houve a presença de Ciliados Fixos e Ciliados Livres-Natantes.

Analisando também a microfauna de lodos ativados de uma indústria de refrigerante, Hermoso et al. (2006) verificaram organismos observados como: Ciliados Livres-Natantes, Ciliados Livres predadores de flocos, Ciliados Sésseis Pedunculados e Rotíferos.

Observando a microfauna de lodos ativados de uma indústria alimentícia, Reis et al. (2018) constataram a presença de Ciliados Livres-Natantes sendo os organismos predominantes, além de Flagelados, Tecamebas, Ciliados, Rotíferos e Nematóides.

## 5 CONCLUSÕES

Através das análises físico-químicas do efluente industrial observou-se que os parâmetros pH, DQO, DBO, Nitrogênio e Fósforo tiveram valores finais menores que os iniciais indicando eficiência de remoção no tratamento utilizado. A relação DQO/DBO aumentou após o tratamento evidenciando que o tratamento biológico por lodo ativado removeu a matéria orgânica biodegradável presente no efluente. A presença de microrganismos no sistema foi alta e com grande variedade, demonstrando que o sistema de lodo ativado vem operando de maneira eficiente atendendo as necessidades atuais da agroindústria.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.800: **critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**, 1987.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual**. 2019. Disponível em: <<http://cleandrodias.com.br/wp-content/uploads/2019/05/RELATO%C3%ACRION-ANUAL-ABPA-2019.pdf>>. Acesso em: 11/03/2020.

ALMEIDA, P. R. M. **Microfauna de Protozoários como Indicador de Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto do Tipo Lodo Ativado**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

AMORIM, L. L. G.; VARGAS, K. P.; JESUS, E. H. A. **Análise de eficiência do sistema de lodo ativado no tratamento de efluentes de um curtume na cidade de Uberlândia-MG**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014.

ANDRADE, F. Renovação de cor de efluentes têxteis com tratamento de lodos ativados e um polieletrólito orgânico. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ANTILEO, C.; MEDINA, H.; BORNHARDT, C.; MUÑOZ, C.; JARAMILLO, F.; PROAL, J. Actuators monitoring system for real-time control of nitrification-denitrification via nitrite on long term operation. **Chemical Engineering Journal**, v. 223, p. 467-478, 2013.

APPELS, L.; BAEYENS, J. DEGRÈVE, J. DEWIL, R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 34, n. 6, p. 755-781, 2008.

ARANA, L. V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura**. Ed. UFSC, 1997. 166 p.

AWANG, Z. B.; BASHIR, M. J. K.; KUTTY, S. R. M.; ISA, M. H. Post-treatment of slaughterhouse wastewater using electrochemical oxidation. **Research Journal of Chemistry and Environment**, v. 15, p. 229–237, 2011.

BELUSSO, D.; HESPANHOL, A. N. A evolução industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percorso - Nemo**, v. 2, p.25-51, 2010.

BENTO, A. P.; SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S.; REGINATTO, V.; LAPOLLI, F. R. Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados: Um instrumento de avaliação e controle do processo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 329-338, 2005.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.



BRAGA, E. A. S.; AQUINO, M. D.; MALVIEIRA, J. Q.; NETO, J. C.; ALEXANDRINO, C. D. Avaliação da biodegradabilidade das águas de lavagens provenientes da etapa de purificação do biodiesel produzido com óleo extraído das vísceras de tilápia. **Rega**, v. 9, p. 35-45, 2012.

CAMMAROTA, M. C. Tratamento de efluentes líquidos. **Engenharia do meio ambiente**, v. 3, p. 1-72, 2011.

CLASS, I. C. **Lodos Ativados: Princípios Teóricos Fundamentais, Operação e Controle**. Ed. Evangraf, Porto Alegre, 2007.

COMBATT, M. P. M.; MENDONÇA, R. C. S.; VALENTE, G. F. S.; SILVA, C. M. Validação do processo de eletrocoagulação e avaliação da eletrodissolução de eletrodos no tratamento de efluentes de abatedouros de aves. **Química Nova**, v. 40, p. 447–453, 2017.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. **Boletins Técnicos**. 2018. Disponível em: < <https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/?tipo-conteudo=boletins%boletinsTecnicos> >. Acesso em: 17.abr.2020.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) Resolução n° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 16 de maio de 2020.

CORREIA, J. E. **Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na Estação de Tratamento de Esgoto Contorno**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

CUNHA, C. C. **Remoção biológica de matéria carbonácea, nitrogenada e fosforada, utilizando biocarvão como meio suporte em reator anaeróbioaeróbio**. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

CYBIS, L. F. A.; SANTOS, A. V.; GEHLING, G. R. Eficiência do reator sequencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa. **Revista de Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 9, p. 260-264, 2003.

DAVIES, P.S. **The biological basis of wastewater treatment**. Glasgow, UK: Strathkelvin Instrument Ltd, 2005.

ERYURUK, K.; UN, U. T.; OGUTVEREN, U. B. Electrochemical treatment of wastewaters from poultry slaughtering and processing by using iron electrodes. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 1089–1095, 2018.

FERREIRA, A. P.; CUNHA, C. L. N.; ROQUE, O. C. C. Avaliação da microfauna no efluente final para monitoramento da qualidade ambiental em estações de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados. **Revista Gaia Scientia**, v. 2, p. 51-59, 2008.

GENETICA. **Álbum da microfauna de lodos ativados**. Disponível em: <<https://www.geneticagroup.com/album-microfauna>>. Acesso em: 17/08/2020.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. **Relatório Técnico**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 1999.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente, UERJ, Rio de Janeiro, 2004.

HE, S.B.; XUE, G.; WANG, B.Z. Factors affecting simultaneous nitrification and denitrification (SND) and its kinetics model in membrane bioreactor. **Journal of Hazardous Materials**, v. 168, p. 704-710. 2009.

HENRIQUE, I. N. Remoção biológica de fósforo em reatores em bateladas sequenciais com diferentes tempos de retenção de sólidos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 15, p. 197-204, 2010.

HERMOSO, A. R.; FERREIRA, S.; SILVA, E. R.; MORAIS, J. L. **Correlação entre a microfauna e parâmetros físico-químicos de um sistema de lodos ativados de uma indústria de refrigerantes**. In: Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 2006.

HOFFMANN, H. **Caracterização do Funcionamento de ETE de Tipo Lodo Ativado Via Imagem Microscópica - Estudo na Região da Grande Florianópolis**. In: 11° SILUBESA, Simpósio. Florianópolis, 2004.

HULTH, S.; ALLER, R. C.; CANFIELD, D. E.; DALSGAARD, T.; ENGSTRÖM, P.; GILBERT, F.; SUNDBÄCK, K.; THAMDRUP, B. Nitrogen removal in marine environments: recent findings and future research challenges. **Marine Chemistry**, v. 94, p. 125-145. 2005.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). **Portaria N° 29 DE 06/02/2018**: Estabelece critérios para o Licenciamento Ambiental de empreendimentos de bovinocultura confinada e semiconfinada de leite e de bovinocultura confinada de corte, com aproveitamento econômico, nos termos que especifica. Paraná: Iap, 2018.

IBGE. **Produção de tilápia no Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41185405/pesquisa-retrata-principais-polos-de-criacao-de-tilapia-do-brasil>>. Acesso em: 20/08/2020.

ISOLDI, L.A.; KOETZ, P.R. **Tratamentos biológicos para remoção de matéria carbonada e nitrogenada**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande, v.12, p.1- 12, 2004.

JENKINS, D., RICHARD, M., DAIGGER, G., 2003. **Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming**. USA. 3. ed. 115p.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2009.

KIRSCHNIK, P.G. **Avaliação da estabilidade de produtos obtidos de carne mecanicamente separada de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)**. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal-SP, 2007.

KUMMER, A. C. B.; ANDRADE, L.; GOMES, S. d.; FAZOLO, A.; HASAN, S. D. M.; MACHADO, Fabiano. Tratamento de efluente de abatedouro de tilápia com adição de manipueira na fase anóxica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, p.150-157, 2011.

LEAL, K. P. **Avaliação da idade do lodo e da relação C/P na biodesfosfatação de esgoto sanitário em reator em bateladas sequenciais em escala real**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

LIBARDI, D.; SHORR, H. **Comercialização de Frangos e Derivados**. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. Produção de Frangos de Corte. Campinas: FACTA, p. 337 a 347, 2004.

LIU, S. X. **Food and agricultural wastewater utilization and treatment**. 2014, v. 2. 255 p.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Ed. Manole, 2003, 579 p.

MEES, J. B. R.; GOMES, S. D.; HASAN, S. D. M.; GOMES, B. M.; VILAS BOAS, M. A. Nitrogen removal in a SBR operated with and without pre-denitrification: effect of the carbon: nitrogen ratio and the cycle time. **Environmental Technology**, v. 35, p. 115-126, 2013.

MENDES, A. A.; SALDANHA, É. S. P. B. **A Cadeia Produtiva de Carne de Aves no Brasil**. In: MENDES, Ariel Antonio; NÄÄS, Irenilza de Alencar; MACARI, Marcos. Produção de Frangos de Corte. Campinas: FACTA, p. 1-22, 2004.

MENEZES, J. C. S. S. **Tratamento e reciclagem de uma lavanderia industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia- Área de Concentração Tecnologia Mineral/Metalúrgica Extrativa), Porto Alegre, 2005.

METCALF & EDDY; **Wastewater Engineering: treatment and reuse**. Ed. McGraw-Hill, 2003, p. 1819.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. McGraw Hill Education, 2016.

OGEJO, J.; IGNOSH, J.; BENDFELDT, E. Biomethane Production Technology. **Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech**, p.1-11, 2018.

OLIVEIRA, Y. F.; FERRAZ, D. M.; ARAÚJO, A. L. C. **Avaliação de ETE Natal Central na remoção de nitrogênio**. In: VII CONNEPI, 2012.

OLIVO, R. **O Mundo do Frango, Cadeia Produtiva da Carne do Frango**. Ed. do Autor, 2006. 680p.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed.; v.1 2006, p. 624.

PEIXE BR. **Brasil, 4º maior produtor global de tilápia**. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/piscicultura-brasileira-produziu-722-560-toneladas-em-2018-segundo-levantamento-da-peixe-br/>>. Acesso em: 22/08/2020.

PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura 2019**. Disponível em: <[file:///C:/Users/ACER/Downloads/AnuarioPeixeBR2019%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/AnuarioPeixeBR2019%20(2).pdf)>. Acesso em: 27/07/2020.

PELISSER, M.; SOARES, H. **Remoção microbiológica de nitrogênio de águas residuárias da indústria frigorífica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2001.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 503–510, 2000.

REIS, A. C. V.; MOREIRA, Y. C.; LIMA, P. O.; BOTTREL, S. E. C.; DIAS, E. H. O. **Análise de sistemas de lodo ativado no tratamento de efluente de indústria alimentícia: tratabilidade e microfauna**. In: III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2018.

RIBEIRO, C. P. B.; CORRÊA, M. F. **Avaliação do Sistema de Lodo Ativado de uma Lavanderia Industrial através da Caracterização Físico-Química e Microbiológica**. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ROCHA, K. M.; SALAMONI, S. P.; SANTOS, R. H.; GOLDBACH, A. Monitoramento e avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de uma estação de tratamento de efluentes com sistema de lodos ativados em uma agroindústria no meio oeste de Santa Catarina. **Revista de Engenharia Civil, IMED**, v. 3, p. 25-36, 2016.

ROSA, S. A. S.; BAZZANELLA, A. **Microbiologia dos Lodos Ativados**. 16 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ciências Biológicas) – UNIASSELV, Itapiranga, 2009.

SANTA CATARINA (Estado). Lei n. 14.675, de 13 de abril de 2009. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Diário Oficial de Santa Catarina, Florianópolis, 13 abr. 2009. Disponível em: <[http://www.sc.gov.br/downloads/Lei\\_14675.pdf](http://www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf)>. Acesso em: 21. maio.2020.

SAAR, J. H. **Microbiologia dos Lodos Ativados: Teoria e aplicações práticas para quem trabalha com processos de tratamento biológico de efluentes industriais e urbanos**. Porto Alegre: Gênese, 196 p, 2015.

SANT'ANNA JUNIOR, Geraldo Lippel. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Interciência, 2013, v. 2.

SARAIVA, E. **Perspectiva da utilização da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nageli no tratamento de efluente da indústria de pescado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2003.

SEDLAK, R. **Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater.** Principles and Practice, 1991. v. 2. 228 p.

SEDLAK, R. **Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater.** New York: Lewis, 1991, 240 p. Apud. SANTOS, M.S. **Pós-tratamento físico-químico e biológico de efluentes da parbolização do arroz tratados em reator UASB.** 2003. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – DCTA, Faem, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

SENA, R. F. **Avaliação da biomassa obtida pela otimização da flotação do efluente da indústria de carnes para geração de energia.** Dissertação (Mestrado em engenharia química) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SILVA, S. V.; PEREIRA, R. A.; PIVELI, R. P.; CRISCUOLO, H. J. **Monitoramento das características dos esgotos como instrumento de otimização do processo de lodos ativados e suas implicações.** In: Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 2005.

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

SOARES, J. F.; ILHA, R.; VASCONCELLOS, N. J. S.; SANTIAGO, M. R. Caracterização do floco biológico e da microfauna em sistema de lodos ativados. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 001-010, 2014.

TELLES, D. A, COSTA, R. H. P. G. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas.** Ed. Blusher, 2007. v.1. 424 p.

VON SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. v.1. 452 p.

VON SPERLING, M. Lodos Ativados: **Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias.** Belo Horizonte: UFMG, 2002. 428 p.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2002. v. 4.