

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

NATÁLIA MARTELOZO SANTOS

**REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL E FÓSFORO DE
EFLUENTE DE ABATEDOURO DE BOVINOS, UTILIZANDO CARVÃO
ATIVADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

NATÁLIA MARTELOZO SANTOS

**REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONÍACAL E FÓSFORO DE
EFLUENTE DE ABATEDOURO DE BOVINOS, UTILIZANDO CARVÃO
ATIVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Ambiental do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, do *Campus* Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental.
Orientadora: Prof. Dra. Morgana Suszek Gonçalves

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

REMOÇÃO DE NITROGÊNIO AMONIAICAL E FÓSFORO DE EFLUENTE DE ABATEDOURO DE BOVINOS, UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO

por

NATÁLIA MARTELOZO SANTOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 24 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof.^a Dr.^a Morgana Suszek Gonçalves

Prof. Dr. José Hilton Bernardino de Araujo

Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

“O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental”.

AGRADECIMENTOS

Nada seria possível sem as mãos de Deus e toda dedicação dos meus pais, á eles todo meu amor e gratidão.

Á minha professora orientadora doutora Morgana Suszek Gonçalves pela confiança no meu trabalho, direção, ensinamentos e atenção durante o tempo em que trabalhamos juntas.

Á todos os professores da coordenação de Engenharia Ambiental por todo o conhecimento transmitido.

Á Elizabeth, Rafael e Morgana, que me deram oportunidades de realizar projetos, que sem dúvidas contribuíram com minha formação.

Á meu namorado e amigo de toda a graduação, Guilherme Sartori, que esteve sempre presente e me apoiando em todos os momentos.

Á minha amiga-irmã, Beatriz Curci, a qual não tem como definir tamanho companheirismo, e capacidade de me entender, as vezes melhor que eu mesma.

Ás minhas amigas maravilhosas, Amanda Sozzo, Camila Blessa, Gabriela Cardoso, Márcia Helena, que sempre estiveram de prontidão em ocasiões boas e ruins, serão com certeza para sempre, de preferência quanto mais perto, melhor.

Á todos meus amigos, do condomínio, Aline Hattori, Bruno Vieira, Evandro Yabushita, Larissa Ciupa, Samuel Almeida, Tábatá Ardengue, que foram minha família em Campo Mourão, sempre estarão no meu coração.

Á Luís Eduardo Nunes que me auxiliou prontamente, e com muita atenção me ajudou no desenvolvimento do trabalho, seu auxílio foi fundamental. Não podendo esquecer de Rafael Sousa, que teve grande contribuição e marcas de sol para me ajudar.

Á minhas companheiras de laboratório C101 por longa data, Thais e Thalita, que faziam as longas horas serem divertidas.

Á Empresa Júnior Habitat que me proporcionou incríveis experiências e a todos os integrantes que sempre me incentivaram.

RESUMO

SANTOS, Natália M. **Remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo de efluente de abatedouro de bovinos, utilizando carvão ativado.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A indústria frigorífica é uma das atividades mais importantes, economicamente, no Brasil, que geram grande quantidade de efluentes que, se não tratados e dispostos de forma adequada podem ocasionar poluição hídrica. Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência do uso de um filtro piloto de carvão ativado no tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos, com o intuito de contribuir e incentivar técnicas simples e de baixo custo para esse tipo de águas residuais. O efluente após tratamento biológico foi submetido a um filtro, tendo como meio filtrante carvão ativado de casca de coco verde, e posteriormente sendo avaliada a remoção dos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo. Os resultados demonstram que houve uma eficiência média de 36,90% para remoção de nitrogênio amoniacal e de 37,69% para fósforo.

Palavras-chave: Efluente. Carvão Ativado. Matadouro.

ABSTRACT

SANTOS, Natália M. **Ammonia nitrogen and phosphorus removal beef slaughterhouse wastewater using activated carbon**. 2016. Course Completion Assignment – Technology Federal University of Paraná. Campo Mourão. 2014.

The meatpacking industry is one of the most important economically activities in Brazil, which generate large amounts of wastewater which, if not treated and properly disposed can result on water pollution. This study aimed to evaluate the efficiency of use of a activated charcoal filter pilot in the treatment of cattle slaughterhouse waste, intending to contribute and encourage simple techniques and low cost for this type of wastewater. The wastewater after biological treatment was subjected to a filter filled of coconut shell activated charcoal and subsequently evaluated the removal of ammoniacal nitrogen and phosphorus parameters. The results show that there was an average efficiency of 36.90% for the removal of ammonia and 37.69% for phosphorus.

Key-words: Wastewater. Activated carbon. Slaughterhouse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema de tratamento da unidade frigorífica.....	20
Figura 2- Filtro sem o material filtrante e filtro com carvão ativado	23
Figura 3 - Filtro montado no T da calha de lançamento do efluente para o Rio.	24
Figura 4 - Amostras coletadas, sendo a primeira de efluente bruto e as demais retiradas sequencialmente do filtro em intervalos pré-estabelecidos.	24
Figura 5 – Ilustração da turbidez das amostras coletadas.	25
Figura 6 - Equipamento e reagentes utilizados na medição de fósforo.	26
Figura 7 - Amostra de efluente coletado antes e após a reação dos reagentes na medição de fósforo.	26
Figura 8 - Valores de Fósforo no Efluente Bruto ao longo do ano de 2015.....	29
Figura 9 - Valores de Fósforo no Efluente Tratado em 2015.....	29
Figura 10 - Valores de Nitrogênio Amoniacal para Efluente Bruto ao decorrer de 2015.	30
Figura 11 - Valores de Nitrogênio Amoniacal de Efluente Tratado no ano de 2015. .	31
Figura 12 - Percentual de Fósforo removido na primeira batelada de amostras após a filtração.....	32
Figura 13 - Percentual de remoção de Nitrogênio Amoniacal para as primeiras amostras depois da filtração.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Especificações do material filtrante, carvão ativado de casca de côco verde	23
Tabela 2 Valores médios de fósforo do efluente bruto e tratado nos primeiros meses de 2016.	29
Tabela 3-Valores médios de Nitrogênio Amoniacal presente no efluente bruto e tratado nos primeiros meses de 2016	30
Tabela 4- Valores encontrados na primeira coleta de amostra	32
Tabela 5- Valores encontrados na segunda coleta das amostras.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE BOVINOS.....	12
3.2 POLUIÇÃO E PROBLEMÁTICA DO EFLUENTE INDUSTRIAL	13
3.3 CARVÃO ATIVADO.....	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE.....	20
4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Poluição é um tema de interesse global, em especial a poluição hídrica, devido a água ser de suma importância à existência dos seres vivos. A preservação de recursos naturais é foco de muitas autoridades e pesquisadores, que tem o intuito de evitar catástrofes ambientais, que estão cada vez mais severas em decorrência dos vários tipos de interferência aos habitats, assim tem-se a pretensão de desenvolver e aplicar tecnologias mais limpas, eficientes e de preferência a baixo custo.

As mudanças em processos industriais são importantes para que benefícios ao ambiente sejam alcançados bem como o cumprimento de leis, portanto é fundamental admitir meios mais efetivos na redução de poluentes. É interessante que possuam bom rendimento e atrativos para a sociedade e esta consiga o disseminar, assim obtendo uma contribuição cada vez maior.

No processamento de carnes, a água é amplamente utilizada, desde a chegada do animal no curral até o produto final, sendo o principal consumo durante o processo de abate. Desta maneira, os principais constituintes do efluente são derivados de uma variedade de componentes orgânicos, primariamente gorduras e proteínas.

Dentre os vários tipos de poluente os orgânicos, a presença de nitrogênio e fósforo em águas residuais é muito comum, todavia se torna um inconveniente quando estes componentes atingem os corpos d'água em concentrações acima do permitido pela legislação ambiental vigente.

O volume de água consumida e o efluente gerado por produto finalizado pode variar substancialmente entre diferentes plantas de processamento. Isto se deve a diferentes níveis de investimentos para minimização de consumo de água com a finalidade de reduzir os custos com tratamento do efluente e também os métodos para tratamento.

A filtração é um método simples, porém bem efetivo para remoção de muitos tipos de poluentes, e juntamente com carvão ativado, esperam-se melhores níveis de tratamento.

Deste modo o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo de um efluente de abatedouro de bovinos, utilizando-se da filtração com leito de carvão ativado da casca de coco verde.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Visando contribuir para pesquisas na utilização de carvão ativado e uma alternativa para o tratamento de efluentes industriais, que minimize seus impactos sobre o meio ambiente, o objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de nitrogênio amoniacal e fósforo de efluente de abatedouro de bovinos, utilizando leito de carvão ativado de casca de coco verde.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir um protótipo de filtro com leito de carvão ativado;
- Submetê-lo a teste de eficiência para redução dos parâmetros: turbidez, nitrogênio amoniacal e fósforo em amostras de efluente de abatedouro de bovinos;
- Comparar os resultados obtidos com a legislação pertinente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE BOVINOS

A cadeia de carne bovina é um ramo notório na economia rural brasileira, esta ocupa cerca de 20% de sua área, são 174 milhões de hectares ocupados por pastagens (ABIEC, 2011) e responde pela geração de empregos e renda de milhões de brasileiros.

Dados do IBGE indicam que o rebanho bovino brasileiro chegou a 212,3 milhões de cabeças em 2014, um acréscimo de 569 mil animais em relação a 2013. Com isso, o Brasil manteve-se como segundo colocado no ranking mundial, atrás apenas da Índia.

O setor cárneo nacional, após alto investimento nos elos da cadeia produtiva, sofreu acelerada expansão na criação e conseqüentemente no aumento do despejo de resíduos provenientes das indústrias de processamento de carne (PACHECO, 2008).

O Brasil possui um dos maiores rebanhos bovinos comerciais do mundo sendo um dos países líderes nas exportações mundiais de carne, correspondendo a 33% deste comércio (ANUALPEC, 2010).

Simultâneo ao desenvolvimento acelerado do setor cárneo houve uma maior produção de efluentes oriundos de seu processamento. Esses efluentes são altamente poluentes, por oferecem elevado conteúdo de matéria orgânica e carga microbiológica, que se dispostos de maneira imprópria no meio ambiente podem desencadear sérios problemas ambientais. De todo modo, o processamento e destinação adequada devem ser dados a todos os subprodutos e resíduos do abate, para atendimento às leis e normas vigentes, sanitárias e ambientais (PARDI *et al.*, 2006).

Por sua composição com carga orgânica muito elevada, esses despejos são altamente putrescíveis, iniciando sua decomposição em poucas horas e formando gases, que podem gerar maus odores aos arredores (PACHECO e WOLFF, 2004).

Nitrogênio e fósforo são nutrientes presentes em ampla quantidade nestes efluentes, estes são essenciais para o desenvolvimento de microrganismos, plantas e animais, contudo em demasia, podem provocar problemas ao ambiente, como o fato da eutrofização, onde há o crescimento exagerado de plantas em lagoas, represas e corpos receptores (FIGUEIRÊDO et al., 2007).

3.2 POLUIÇÃO E PROBLEMÁTICA DO EFLUENTE INDUSTRIAL

É grande o número de pessoas sem saneamento básico e em regiões com insuficiência de água no Brasil, e é visível como a situação tem se agravado no decorrer dos anos, longos períodos de estiagens têm castigado várias regiões, algumas até que não tinham esse problema. Dentro deste contexto, a conservação e preservação tem se tornado fundamental e decorrente em políticas de manejo sustentável.

Poluição pode ser definida como quaisquer mudanças física, química ou biológica que ocasione alteração no ciclo biológico normal, intervindo na composição da fauna e flora, (AGUIAR *et al*, 2002). A poluição aquática por sua vez, interfere na qualidade das águas limitando muitas vezes o seu uso para diversos fins, sobretudo o consumo humano.

A contaminação do ambiente está muito atrelada ao desenvolvimento industrial das últimas décadas, seja por à negligência no tratamento dos seus efluentes ou mesmo em virtude de acidentes cada vez mais frequentes que propiciam o lançamento de muitos poluentes diretamente no meio (PARDI, 2006).

A poluição aquática é consequência do despejo de rejeitos no corpo d'água sob a forma de matéria ou energia, esta que venha a alterar as suas propriedades, prejudicando diretamente ou indiretamente espécies de seres vivos que dela dependam ou tenham contato além de provocar modificações em suas características físico-químicas (FEISTEL, 2011).

O lançamento de efluentes com elevadas cargas de nutrientes pode causar diversos danos ao ambiente aquático e à saúde humana. Considerando os aspectos ambientais, pode-se levar à eutrofização dos corpos d'água, favorecendo o crescimento de fitoplâncton e de macrófitas aquáticas que ocasionam a depleção do oxigênio dissolvido do corpo receptor, mudança na qualidade das águas, alteração da diversidade de espécies, mudanças de pH, floração de cianobactérias, produção de toxinas, entre outros (EPA, 1993; CALIJURI *et al.*, 2006).

Como um bem importante para a manutenção da vida de inúmeros organismos vivos, é fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físicas e químicas adequadas. É necessário conter substâncias essenciais a vida e estar isenta de outras que possam produzir efeitos deletérios aos organismos que compõe as cadeias alimentares. Desta forma, a disponibilidade de água significa que ela esteja presente não somente em quantidade adequada em uma dada região, mas também que sua qualidade seja satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos.

Para a sociedade contemporânea, a contaminação de águas naturais tem sido um grande inconveniente, de tal modo que a economia de água em processos produtivos tem recebido atenção especial devido ao valor agregado que tem sido atribuído a este bem, através de princípios como consumidor-pagador e poluidor-pagador, incorporados na legislação atual (SEGANFREDO, 2007).

Na indústria, de forma generalista a água é matéria prima básica, esta se une a outras para a produção, meio de transporte, agente de limpeza, sistemas de refrigeração, como fonte de vapor e produção de energia (CAVALCANTI e BRAILE, 1993).

Cada vez mais os consumidores estão atentos em consumir produtos provenientes de cadeias produtivas que adotam práticas ambientalmente corretas e socialmente justas. Além do mais a legislação relativa aos limites de descarte e emissão de resíduos tem se tornado cada vez mais rígida, com critérios de remoção de poluentes específicos a serem cumpridos.

Deste modo as indústrias estão cada vez mais interessadas em atingir e demonstrar desempenho ambiental adequado, que seja coesa com a política adotada pela empresa e seus objetivos ambientais por meio do controle dos impactos sobre o meio ambiente de suas atividades, produtos e serviços. Agem assim dentro do contexto da legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas, e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente, e da crescente preocupação das partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável (NBR ISO 14001, 2004).

As leis de proteção ambiental guardam a fauna, flora e a água como os principais bens naturais. A água por obséquio é de grande preocupação a ser preservada devido ser um bem essencial à preservação da vida humana (VALVERDE, 2008).

A indústria frigorífica é uma das atividades mais importantes, economicamente, no Brasil, que geram grande quantidade de efluentes que, se não tratados e dispostos de forma adequada podem ocasionar poluição hídrica.

Aguilar et al. (2002) descreve que os efluentes de matadouros possuem uma elevada vazão e grande carga de sólidos em suspensão, nitrogênio orgânico, além de uma demanda bioquímica de oxigênio - DBO de em média 4.200 mg L^{-1} .

Muito presente nos efluentes de abatedouros, são o nitrogênio e fósforo. Segundo Von Sperling (2005), no meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2) que escapa para a atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); amônia livre (NH_3) e ionizada (NH_4^+); nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Sob o ponto de vista da caracterização de águas residuais brutas e tratadas, os compostos que merecem maior atenção são a amônia, o nitrito e o nitrato.

O fósforo, analogamente ao nitrogênio, é um nutriente muito importante para o crescimento e reprodução de micro-organismos que promovem a estabilização da matéria orgânica, porém o efluente rico em fósforo pode provocar proliferação excessiva de algas no curso d'água receptor (SILVA, 2009).

A eutrofização, um dos principais problemas associados ao alto volume de nitrogênio e fósforo, é um desequilíbrio decorrente do enriquecimento de macronutrientes nos ecossistemas aquáticos, ocasionando um crescimento exagerado de alguns tipos de plantas aquáticas, este aumento de biomassa resulta em uma desarmonia do meio, reduzindo o oxigênio dissolvido e podendo gerar consequências mais sérias, como a morte de organismos da fauna e flora daquele habitat. CAMMAROTA (2013) acrescenta que esses nutrientes, notadamente, sais de nitrogênio e fósforo na forma de nitrogênio nitrato e ortofosfato são comumente responsáveis pela proliferação acentuada de algas, que podem prejudicar a utilização de mananciais de água potável.

Também associado ao nitrogênio, elevados teores de nitratos nas águas de abastecimento estão relacionados a metahemoglobinemia, doença que pode levar a morte prematura de recém-nascidos (ABREU, 2013).

A despeito de sua simplicidade operacional, a filtração é um método adequado para retirada de matéria orgânica e inorgânica em suspensão e organismos patogênicos, sendo o basal mecanismo de remoção do processo biológico resultante da formação de uma comunidade biológica ao redor dos grãos do leite. (MBWETTE; GRAHAM, 1990)

Associado às agroindústrias, o emprego de água pela indústria pode acontecer de distintas formas, como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; utilizada diretamente nas etapas do processo industrial; esgotos sanitários, entre outros.

Exceto pelo volume incorporado aos produtos e perdas por evaporação, as águas se contaminam por resíduos de todo o processo industrial, gerando, portanto, os efluentes líquidos (VON SPERLING, 2005)

SPERLING (2002) observa que todos os compostos orgânicos podem ser degradados pela via anaeróbica, sendo que o processo se mostra mais eficiente e mais econômico quando os dejetos são facilmente biodegradáveis. O mesmo autor contrapõe que para tratamento dos efluentes de frigoríficos o mais apropriado é o sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.

De acordo CETESB (1990), para avaliação do desempenho de uma lagoa deve-se conhecer especificamente as características físicas, químicas e biológicas que indicarão a alteração da qualidade do efluente que esta sendo tratado.

SPERLING (2002), também cita que as lagoas anaeróbias constituem-se em uma forma alternativa de tratamento, onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial.

JORDÃO e PESSOA (2005) ressaltam que a lagoa anaeróbia criteriosamente projetada poderá operar livre de maus odores oferecendo uma redução de DBO na faixa de 50% até 60%, sendo que o conjunto de lagoas anaeróbias e facultativas apresenta boa eficiência de tratamento, em termos de eficiência a remoção de DBO entre 75% e 85%.

A possibilidade de se desenvolver tecnologias mais eficientes para o aproveitamento de resíduos e tratamento de efluentes pode reduzir o investimento inicial de abertura das empresas, de seus custos operacionais para manutenção do funcionamento e também auxiliar na adaptação as normas ambientais, conseqüentemente existe a contribuição na redução do impacto ambiental das atividades como um todo (HENZE *et al*, 1997).

Os métodos mais frequentes em tratamento de efluentes em frigoríficos de acordo com Vedana *et al*. (1999), são os procedimentos físico-químicos que abrangem as operações de peneiramento, gradeação, sedimentação, coagulação, cloração, sedimentação, flotação, ajuste de pH e temperatura, e também os processos biológicos que incluem as lagoas de estabilização, aeradas, anaeróbias, e outros. As condicionantes locais como o grau exigido de tratamento, condições do ambiente, limitação da área, custos de capital e operação, serão determinantes na escolha do sistema a ser empregado.

Cada um desses processos tem vantagens e desvantagens, qualquer processo biológico de tratamento é considerado econômico se houver possibilidade de ser operado em baixos tempos de retenção hidráulica e tempos de retenção de sólidos suficientemente longo para permitir o crescimento de micro-organismos (CHERNICHARO, 1997)

Todavia pós-tratamentos para maior remoção de poluentes geram custos adicionais de implantação e operação do sistema, razão pela qual há

grande interesse no desenvolvimento de tecnologias que minimizem esses custos (NOCKO, 2008).

3.3 CARVÃO ATIVADO

Embora da capacidade de purificação do carvão ativado seja reconhecida a muitos de anos, a primeira aplicação comercial é registrada no final do século XVIII na indústria da cana-de-açúcar. A descoberta da propriedade descolorante do carvão levou a intensificação do uso do carvão nas refinarias de açúcar e deu início à industrialização e comercialização do carvão ativado (MASSCHELEIN, 1992).

O primeiro registro do uso de carvão ativado para a finalidade de tratamento de água é datado de 1910, com a instalação de um filtro de carvão ativado (a base de lignina) para remoção de subprodutos do cloro na água do município de Reading na Inglaterra (MASSCHELEIN, 1992).

Como o carvão ativado é um adsorvente utilizado em grande escala para purificação da água, recentemente é ampla a variedade de carvões sendo fabricados, com diferentes origens (animal, vegetal e mineral) e características distintas.

O carvão ativado pode ser obtido a partir de diversas matérias primas, tais como madeira, casca de coco, sementes, osso, petróleo, plástico, pneus, entre outros. O material base de origem, juntamente com o modo de ativação do carvão, confere diversas características ao produto final, procedendo em diferentes capacidades adsorptivas para cada carvão ativado. Além do mais, a efetividade do carvão ativado em adsorver um determinado composto também é influenciada pelas características do composto a ser adsorvido (DONATI *et al.*, 1994) e por múltiplas variáveis físico-químicas.

A produção do carvão ativado abrange dois principais processos: a carbonização da matéria-prima, que consiste no tratamento térmico do material em atmosfera inerte em elevada temperatura e a ativação desse produto em atmosfera redutora (SWIATKOWSKI, 1998).

O carvão ativado está disponível em duas diferentes formas: pó e granular. O tamanho das partículas tem seu efeito na capacidade de adsorção do carvão, partículas menores de carvão ativado granular demonstraram ser mais eficientes (JAGUARIBE *et al.*, 2005).

Adsorção é o termo usado para descrever a acumulação de soluto (substância dissolvida) na interface entre um fluido e um sólido. A substância acumulada, ou adsorvida, na interface é chamada de adsorvato e o sólido no qual a adsorção ocorre é o adsorvente. Os adsorvatos são mantidos na superfície por vários tipos de forças químicas, tais como: pontes de hidrogênio, interações dipolo-dipolo e forças de Van der Waals. Se a reação é reversível, como ocorrem com muitos compostos adsorvidos em carvão ativado, as moléculas continuam acumulando na superfície do carvão até que a taxa de reação direta (adsorção) seja igual a taxa de reação reversa (dessorção). No momento em que se estabelecem essas condições, o equilíbrio é alcançado e não ocorrerá acumulação futura (NAJM, 1990).

A dessorção pode ser causada pela alteração de outros compostos ou por uma diminuição na concentração do adsorvato no afluente. A quantidade de adsorvato que pode desorver em resposta a essa diminuição na concentração no afluente aumenta com o aumento do coeficiente de difusão, o aumento da quantidade de compostos adsorvidos, a diminuição da força de adsorção e a diminuição do tamanho das partículas de carvão (NAJM, 1990).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COLETA E CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

O efluente foi coletado na saída do sistema de tratamento de efluentes em um abatedouro de bovinos, anteriormente ao lançamento em corpo receptor.

Para a caracterização inicial do efluente foram analisados os parâmetros: temperatura, pH e fósforo e de nitrogênio amoniacal, conforme metodologia descrita no item a seguir.

O sistema de tratamento de efluentes da unidade industrial é constituído por peneiras, flotadores, decanters e lagoas de estabilização (Figura 1).

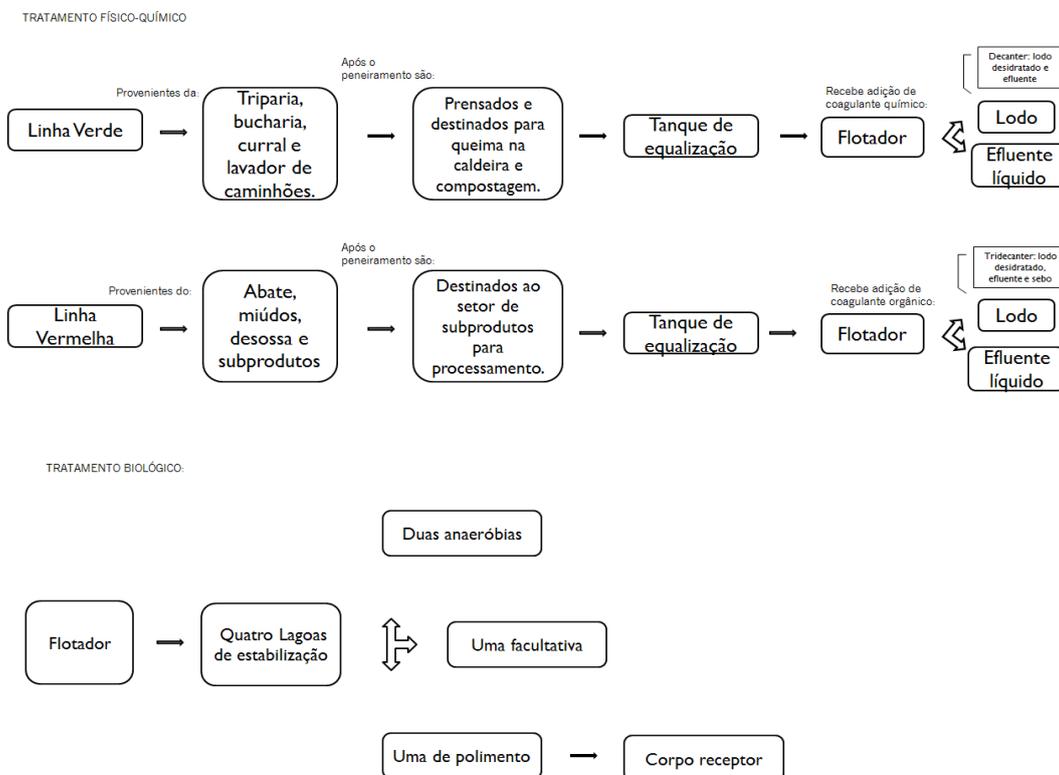


Figura 1. Sistema de tratamento da unidade frigorífica.

O tratamento físico-químico passa inicialmente pela etapa de peneiramento, onde se separam as linhas de efluentes em linha verde e vermelha, sendo a linha verde constituída pelas águas industriais da triparia, bucharia, curral e lavador de caminhões e a linha vermelha constituída pelas águas industriais do abate, miúdos, desossa e subprodutos.

Ambas as linhas passam por um sistema de peneiramento para remoção dos sólidos grosseiros, parte dos sólidos retirados na linha verde são prensados e destinados para a caldeira para queima como forma de combustível, e o restante destinado para compostagem em fazendas da região e posteriormente utilizados como adubação na agricultura.

Já os sólidos retidos na peneira da linha vermelha são destinados ao setor de subprodutos da unidade, onde os mesmos são processados e transformados em farinha de carne e sebo bovino. O transporte deste material é realizado através de tiro pneumático.

Após o efluente das duas linhas passarem pelo sistema de peneiramento são encaminhados para o tanque de equalização da linha verde e tanque de equalização da linha vermelha separadamente.

O tanque de equalização tem a finalidade de receber o efluente proveniente de sua respectiva linha, misturá-lo e homogeneizá-lo através de bombas, antes de enviá-lo ao sistema de flotação com microbolhas. A homogeneização do efluente se torna necessário, pois minimiza os efeitos de variação de gradientes de concentração na mistura, sendo esta uma condição necessária para o bom funcionamento do sistema de flotação. Outra função primordial do tanque de equalização é regular a vazão de efluente, assim absorvendo picos de vazão oriundos da fábrica e regularizando-os em um regime permanente.

O efluente oriundo do tanque de equalização entra no flotador por um sistema de bombeamento, onde o efluente proveniente da linha verde recebe a injeção de um coagulante químico (sulfato de alumínio isento de ferro), e o efluente proveniente da linha vermelha recebe injeção de um coagulante orgânico. Ambos têm a finalidade de coagular a matéria orgânica no efluente, e após esta coagulação, o efluente recebe a injeção de um floculante

(Poliacrilamida de baixa densidade), que tem a finalidade de agrupar em flocos a matéria orgânica coagulada para facilitar a flotação destes sólidos.

O flotador tem a finalidade de separar os sólidos floculados do efluente, sendo que estes sólidos são retirados na forma de lodo e processados posteriormente no sistema de centrifugação, já o efluente clarificado é destinado às lagoas de estabilização da unidade.

O lodo gerado no flotador é processado nas decanter, e segue o seguinte processo. Primeiramente o lodo é bombeado aos tanques de aquecimento e aquecido a uma temperatura de 95°C. O lodo da linha verde é bombeado para a decanter da linha verde separando lodo desidratado e efluente. O lodo da linha vermelha é destinado a tridecater onde são separados três fases distintas, lodo desidratado, efluente e sebo. O lodo desidratado da linha verde é destinado á compostagem em fazendas da região e posteriormente destinado à adubação orgânica e o efluente retorna ao tanque de equalização. O lodo desidratado da linha vermelha é destinado ao subproduto para ser acrescentado a farinha de carne e ossos e farinha de sangue. O efluente retirado na tridecater retorna ao tanque de equalização da linha vermelha e o sebo é destinado através de tiro pneumático ao setor de subprodutos, onde é reprocessado.

O tratamento biológico inicia após o efluente clarificado sair do flotador. O mesmo é direcionado às lagoas de estabilização para finalização do tratamento. São quatro lagoas de estabilização, sendo duas anaeróbias, uma facultativa e uma de polimento. Primeiramente o efluente clarificado oriundo do flotador passa pelas duas lagoas anaeróbias, e posteriormente pelas lagoas facultativa e de polimento, sendo posteriormente lançado no corpo receptor atendo os padrões estabelecidos pela legislação vigente.

4.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO

Nas dependências do frigorífico, foi montado um filtro piloto em vidro (figura 2), com volume de 20 litros (0,02m³), preenchido com carvão ativado de casca de coco verde de 200 mesh.



Figura 2. Filtro sem o material filtrante e filtro com carvão ativado.

O carvão ativado foi adquirido da empresa Incomil e apresentava as características conforme as informações do fabricante (Tabela 1). O leito de carvão no filtro correspondeu a uma altura de 28 cm.

Tabela 1- Especificações do material filtrante, carvão ativado de casca de côco verde.

ESPECIFICAÇÕES	
Aspecto	Fino
Número de iodo	Min 700 mg/g
Densidade aparente	0,40 ± 0,05 g/cm ³
Número de dureza	Min. 90%
Número de Abrasão	Min. 85%
Teor de cinzas	Máx. 10%
Teor de umidade	Máx. 10%
Extraíveis em água	Límpido e sem gosto
pH	5 à 7
Granulometria	200 mesh

No ensaio de filtração utilizou-se vazão de 11 L/h e mantida com o auxílio de uma bomba dosadora em fluxo ascendente.



Figura 3. Filtro montado no T da calha de lançamento do efluente para o Rio.

Foram realizadas duas coletas para análise, na primeira filtragem foram coletadas amostras de 50 ml do efluente filtrado no tempo de detenção hidráulico de 20, 30, 40, 50, 60 e 80 minutos de filtração. A amostra inicial foi de efluente bruto, a seguinte após a submissão ao filtro sendo retirada aos 6 minutos e 40 segundos, e última após o início da saturação aos 80 minutos (Figura 4).

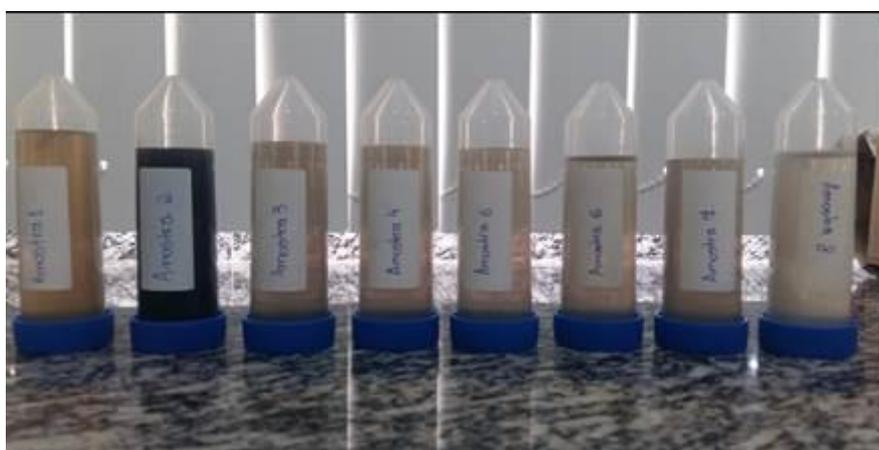


Figura 4. Amostras coletadas, sendo a primeira de efluente bruto e as demais retiradas sequencialmente do filtro em intervalos pré-estabelecidos.

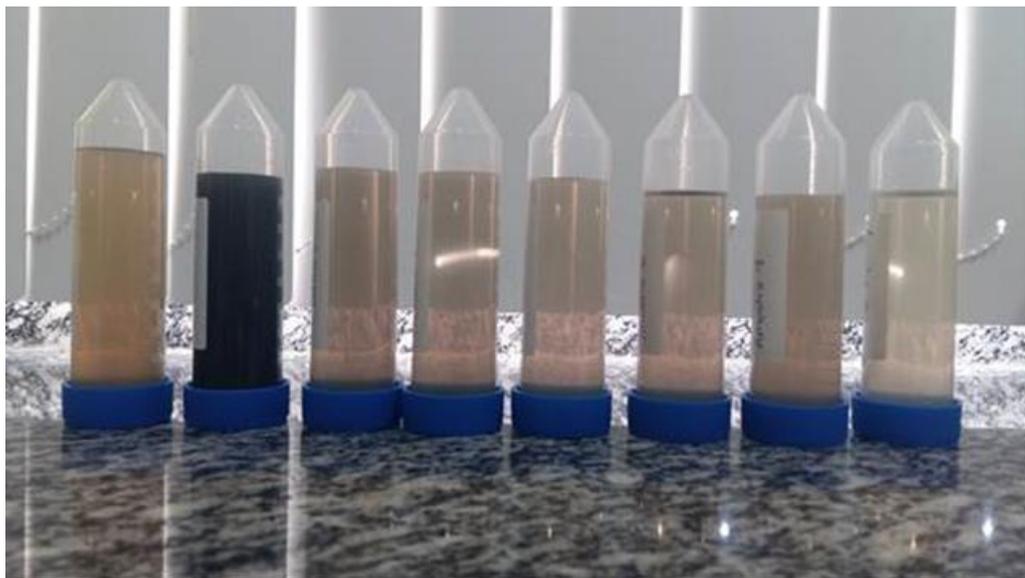


Figura 5 – Ilustração da turbidez das amostras coletadas.

Na segunda coleta de material, uma semana após a primeira, foram coletadas três amostras de efluente bruto e seis de efluente posterior ao filtro, todas no volume de 50 mL. Iniciou-se com o efluente bruto, outra após trinta minutos e no fim da coleta, e durante uma hora com a periodicidade de 10 minutos foram retiradas seis amostras de efluente filtrado.

Durante a amostragem, o registro do filtro permanecia aberto, sendo livre o fluxo de saída, e no período de uma semana entre uma coleta e outra, o filtro permaneceu fechado, sem entrada de efluente, para não haver acúmulo de materiais. Verificações de temperatura, pH e turbidez foram feitas *in loco* com termômetro e pHmetro portátil e turbidímetro de bancada modelo HI 93414 da Hanna, logo na retirada das amostras, os testes de nitrogênio e fósforo foram realizados após o término da coleta de todas as amostras.

Nas amostras de filtrado foram analisados os parâmetros de nitrogênio amoniacal e fósforo em leitura de espectrofotômetro de bancada modelo HI 83099 da Hanna (Figura 6). Como reagente para os testes de fósforo foi utilizada solução de ácido sulfúrico e metabisulfito de sódio e para o parâmetro de nitrogênio amoniacal uma solução de tetraiodomercurato (II) de potássio e hidróxido de sódio.

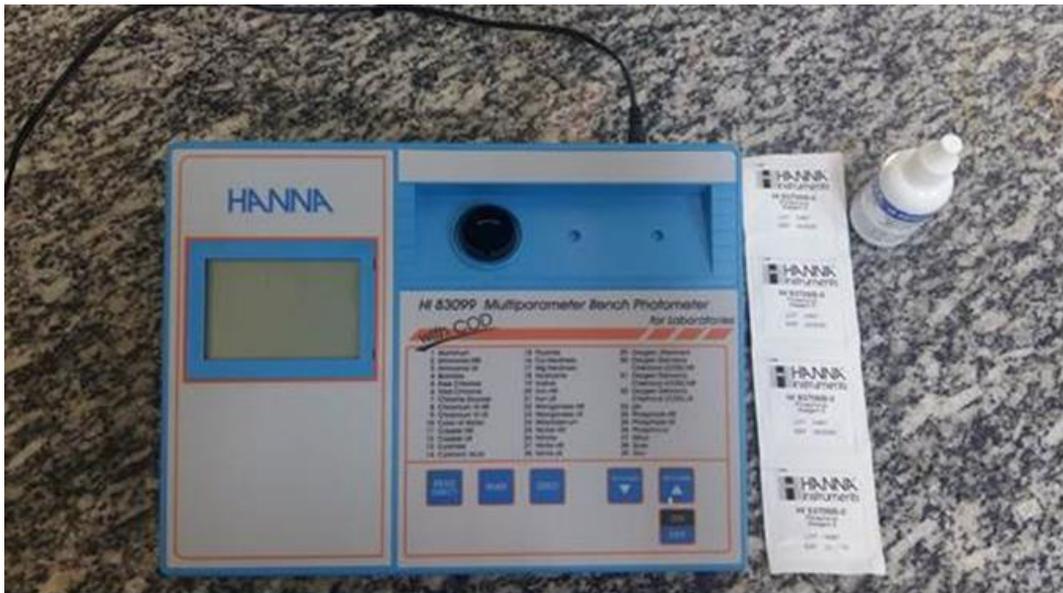


Figura 6 - Equipamento e reagentes utilizados na medição de fósforo.



Figura 7. Amostra de efluente coletado antes e após a reação dos reagentes na medição de fósforo.

Os resultados obtidos foram submetidos ao cálculo de eficiência de remoção, utilizando a equação 1:

$$E = 1 - \frac{C_f}{C_0} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

E = Eficiência de Remoção

C_f = Concentração Final

C_0 = Concentração Inicial

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mesmo com todos os processos agindo efetivamente, o efluente de matadouros possui cargas muito elevadas, o que muitas vezes exige tratamentos terciários para maior remoção de elementos e o mesmo se enquadrar dentro dos padrões de lançamento exigidos. A filtração ainda que pode demonstrar bons resultados, aliado ao carvão ativado.

O corpo receptor que recebe os efluentes do abatedouro, utilizados neste trabalho, é classificado como classe 2, da seção I das águas doces, que permite a destinação à pesca amadora e à recreação de contato secundário.

Complementando e alterando a Resolução CONAMA 357, é utilizada a CONAMA 430 de maio de 2011. Esta dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Nesta resolução são resguardadas as condições de lançamento, onde por lei, o pH deve estar entre 5 e 9, a temperatura inferior a 40°C, entre outras exigências, inclusive os padrões de lançamento específicos.

Fósforo não possui limites pré-estabelecidos nessa Resolução, uma vez que ela deixa a critério do órgão ambiental competente o parâmetro de lançamento deste componente. No entanto é importante estar atento a suas concentrações, pois em grande quantidade pode gerar prejuízos ao meio ambiente como já citado. Nitrogênio amoniacal tem uma tolerância de até 20,0 mg/L. É também instituído que o efluente não deve causar ou possuir material com efeitos tóxicos aos organismos aquáticos.

Para se obter um diagnóstico sobre o efluente do frigorífico, foi realizado um histórico de resultados dos parâmetros obtidos do frigorífico nos anos de 2015 e 2016.

Tabela 2. Valores médios de fósforo do efluente bruto e tratado nos primeiros meses de 2016.

Meses	Valores de Fósforo (mg/L)	
	Efluente Bruto	Efluente Tratado
Janeiro	62,0	8,0
Fevereiro	61,1	7,8
Março	32,6	8,4
Abril	28,4	6,7

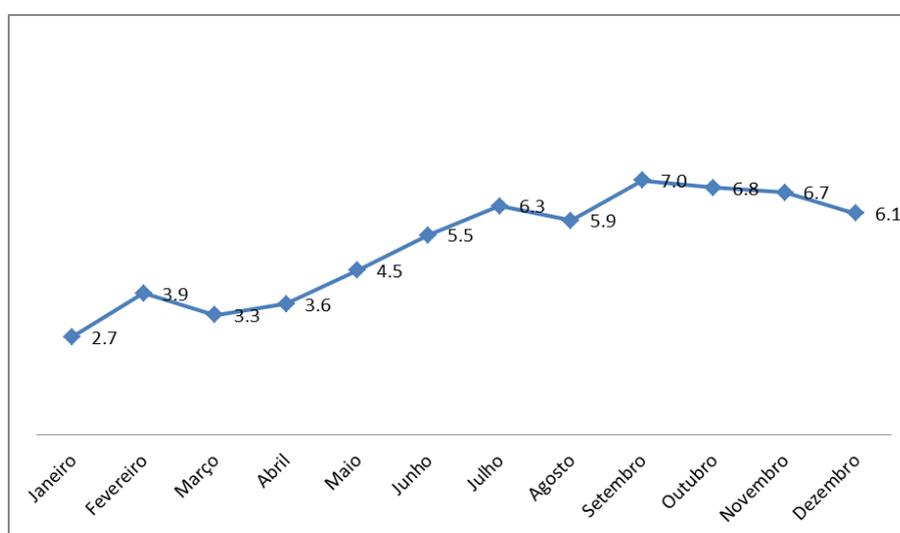


Figura 8. Valores de Fósforo no Efluente Bruto ao longo do ano de 2015.

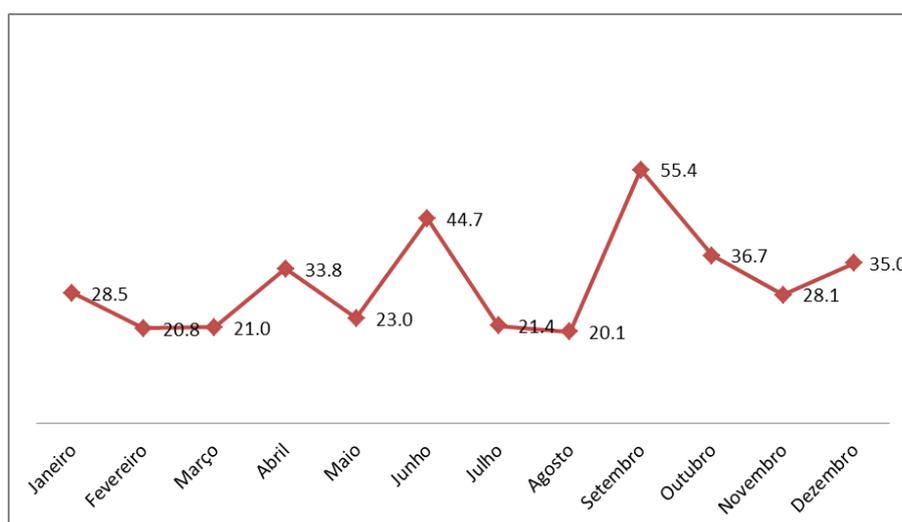


Figura 9. Valores de Fósforo no Efluente Tratado em 2015.

No ano de 2016, avaliando a entrada e saída do tratamento é possível observar uma eficiência de 83,22% na redução de fósforo. No ano de 2015 a eficiência média foi de 83,01%, um pouco abaixo que no ano atual, o que pode ser consequência de vários fatores, como a origem e tipo de gado abatido, influências ambientais, condições climáticas, estado de conservação do sistema de tratamento, entre outros quesitos.

Tabela 3-Valores médios de Nitrogênio Amoniacal presente no efluente bruto e tratado nos primeiros meses de 2016.

Meses	Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	
	Efluente bruto	Efluente tratado
Janeiro	98,0	32,8
Fevereiro	103,0	18,7
Março	96,0	34,3
Abril	89,0	23,5

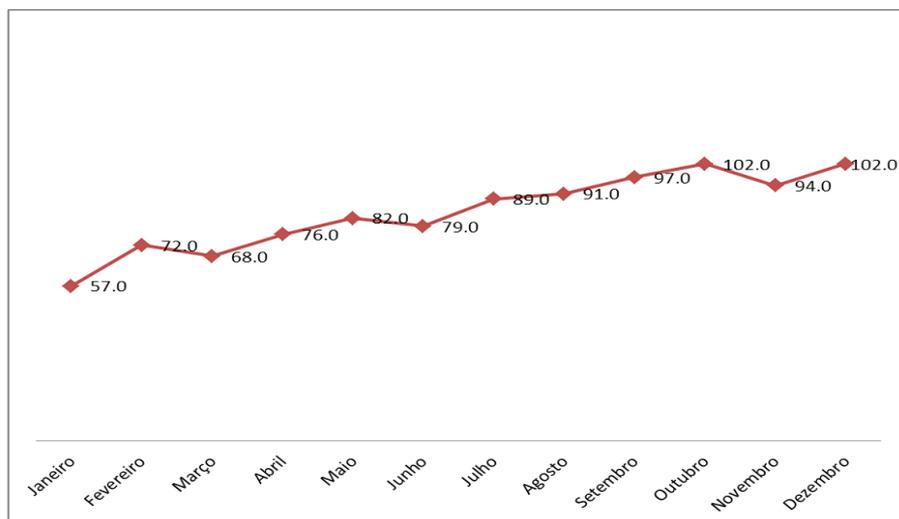


Figura 10. Valores de Nitrogênio Amoniacal para Efluente Bruto ao decorrer de 2015.

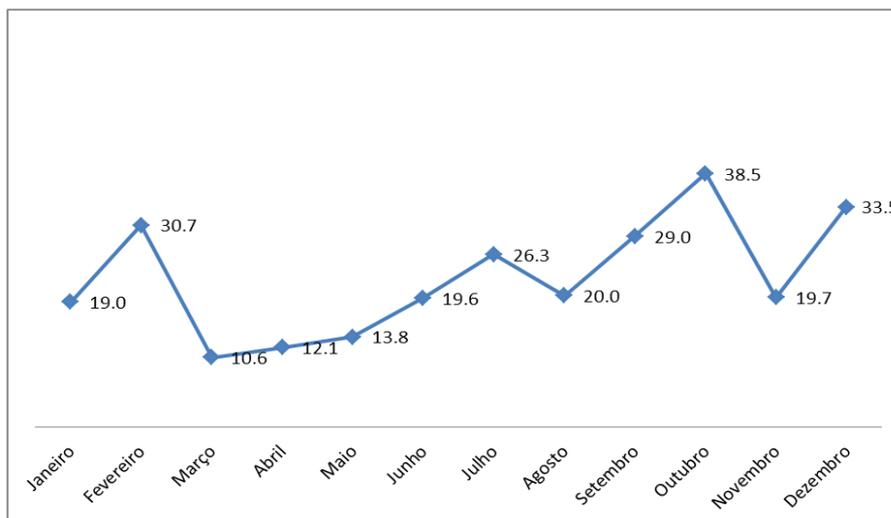


Figura 11. Valores de Nitrogênio Amoniacal de Efluente Tratado no ano de 2015.

Para os valores de nitrogênio amoniacal, no ano de 2016 obteve-se uma média de 71,69% de eficiência no tratamento, e no ano de 2015, este aspecto foi mais eficaz com uma média de 72,97%. Em ambos os anos é possível verificar que o elemento está acima do permitido na legislação, que estabelece a vazão de 20 mg/L, o que sugere um tratamento complementar para haver a adequação deste nos parâmetros da lei.

Deste modo, a filtração com carvão ativado contribui como tratamento complementar, para que o efluente lançado seja enquadrado aos padrões de lançamento.

São vários fatores que interferem para eficiência de tratamentos de efluentes, dentre estes as maiorias destas variáveis estão relacionadas. Para se obter com sucesso um sistema eficaz, é importante estar atento não só ao elemento em si, mas o funcionamento e comportamento de todas as variáveis.

Para a remoção da matéria nos sistemas de lagoas, a temperatura tem grande influência, pois está diretamente relacionada com o crescimento de micro-organismos.

Para a primeira coleta de dados foi possível obter 41,51% de eficiência da retirada de nitrogênio amoniacal e de 49,35% para o fósforo.

Tabela 4- Valores encontrados na primeira coleta de amostra.

Amostra	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	pH	Fósforo (mg/L)	Nitrogênio A. (mg/L)
Efluente Bruto	36,3	116,0	7,62	10,0	20,08
1	37,2	98,8	7,28	6,05	11,88
2	37,8	79,1	7,18	4,78	14,32
3	37,1	69,1	6,94	4,43	9,81
4	37,6	68,1	7,13	5,14	18,54
5	37,6	91,8	7,9	5,91	9,42
6	37,3	15,9	6,96	4,08	6,50

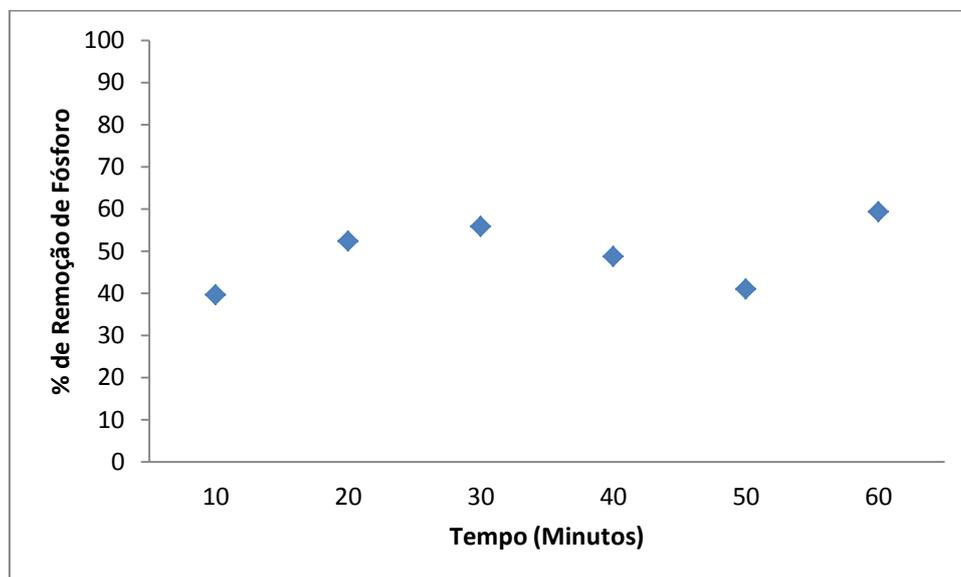


Figura 12. Percentual de Fósforo removido na primeira batelada de amostras após a filtração.

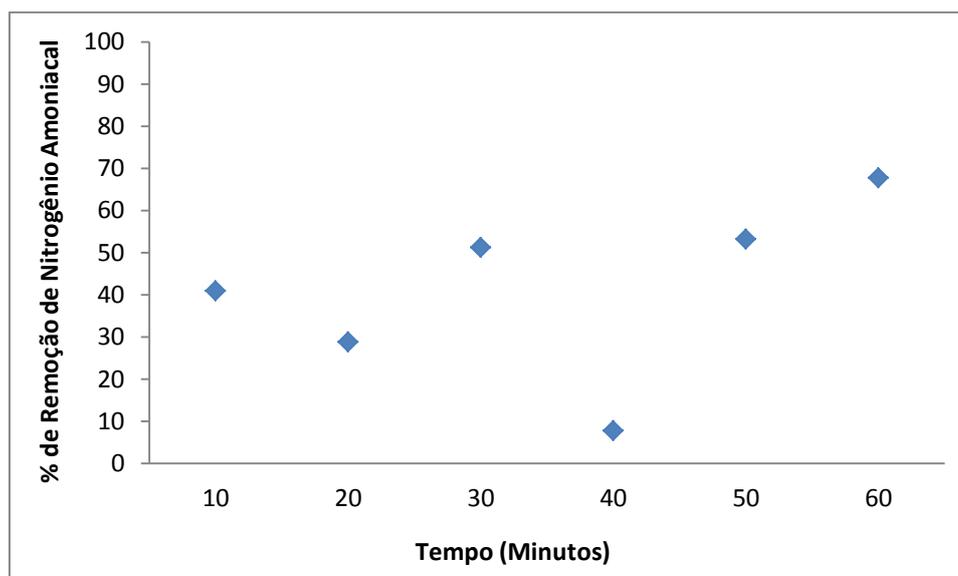


Figura 13. Percentual de remoção de Nitrogênio Amoniacal para as primeiras amostras depois da filtração.

Na segunda amostragem, também obteve-se um número positivo para a remoção destes compostos, porém com uma porcentagem de eficiência menor, com 32,28% para a redução de nitrogênio amoniacal e de 26,04% para fósforo. Acredita-se que este menor rendimento se deve a saturação do material filtrante.

Tabela 5- Valores encontrados na segunda coleta das amostras.

Amostra	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	pH	Fósforo (mg/L)	Nitrogênio A. (mg/L)
Efluente Bruto 1	36,2	122	7,91	11,2	24,78
Efluente Bruto 2	36,4	117	7,89	10,28	26,42
Efluente Bruto 3	36,3	119	7,85	10,28	25,58
1	37,6	113	7,04	7,54	14,79
2	37,8	87,5	6,99	6,97	20,86
3	37,5	71,2	7,00	7,89	21,14
4	37,7	57,6	6,98	6,97	15,42
5	37,9	49,8	7,04	9,3	18,54
6	37,8	46,1	6,96	8,31	13,24

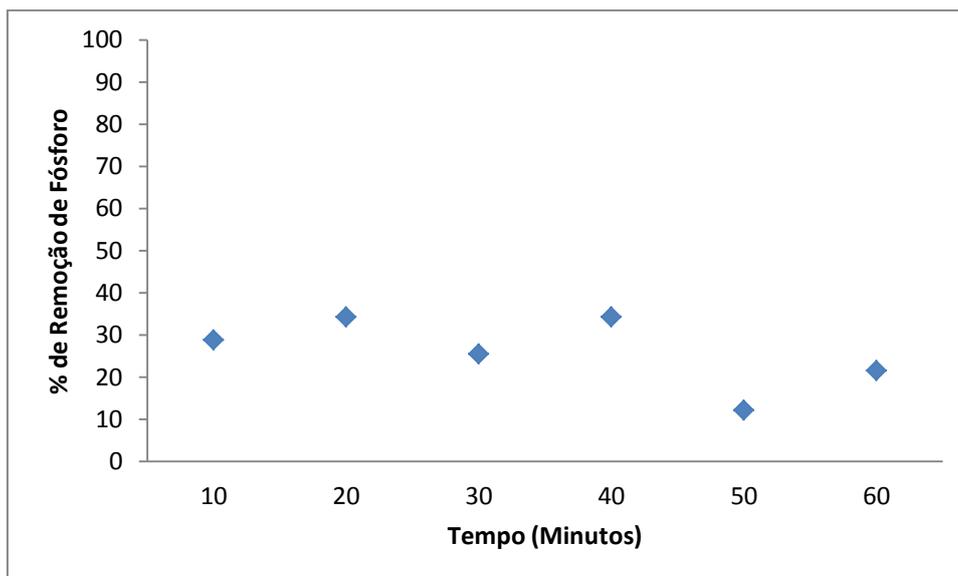


Figura 14. Porcentagem de Fósforo removido na segunda batelada de amostras

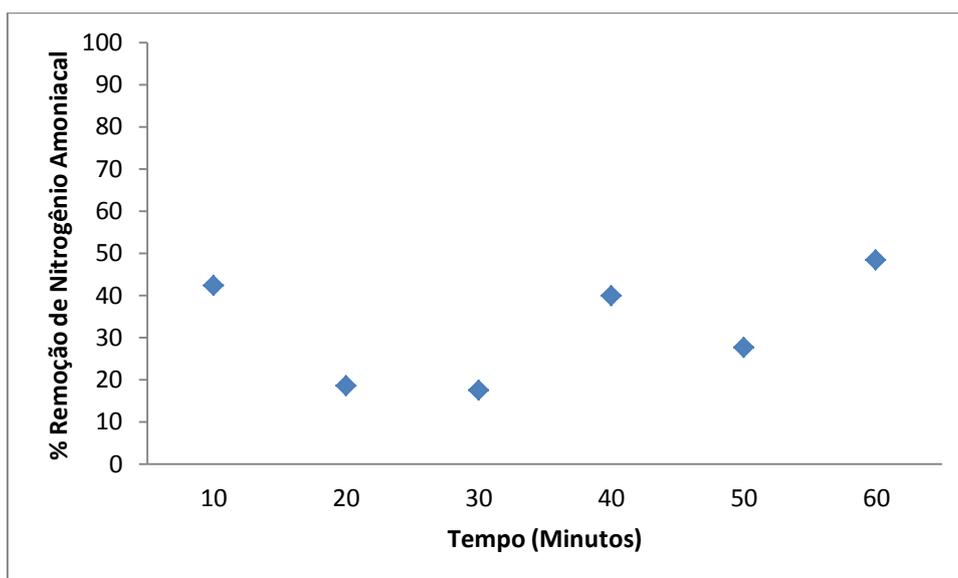


Figura 15. Porcentagem de Nitrogênio amoniacal removida no segundo teste de filtração.

De modo geral, a filtração com leito de carvão ativado de casca de coco verde apresentou eficiência média de 36,90% para remoção de nitrogênio amoniacal e de 37,69% para fósforo, demonstrando limitações no processo.

Lo Monaco et al. (2009) realizou um estudo, onde fez o emprego de fibra de coco triturada como meio filtrante, e observaram uma remoção de 28% de Nitrogênio e 58% de Fósforo. Ainda Lo Monaco et al. (2004) obtiveram resultados mais eficientes com a utilização de serragem de madeira, onde foi

alcançado uma redução de 80% de Nitrogênio e 70% de fósforo no tratamento de esgoto doméstico.

Bidone e Povinelli (2014) fizeram a utilização de serragem de couro tipo wet blue como leito para filtração, este apresentou uma queda de 60% de Nitrogênio Amoniacal no tratamento de lixiviado de um aterro sanitário.

Outro fator importante é o pH, a legislação recomenda seu lançamento entre 5,0 a 9,0, a redução do pH apresentou variações, provavelmente devido ao tempo de exposição ao efluente no ao filtro, e ao contato com o carvão. O pH também é um fator citado como contribuinte para remoção de nitrogênio, através da volatilização da amônia e fósforo, pela precipitação dos fosfatos (FRICK, 2011).

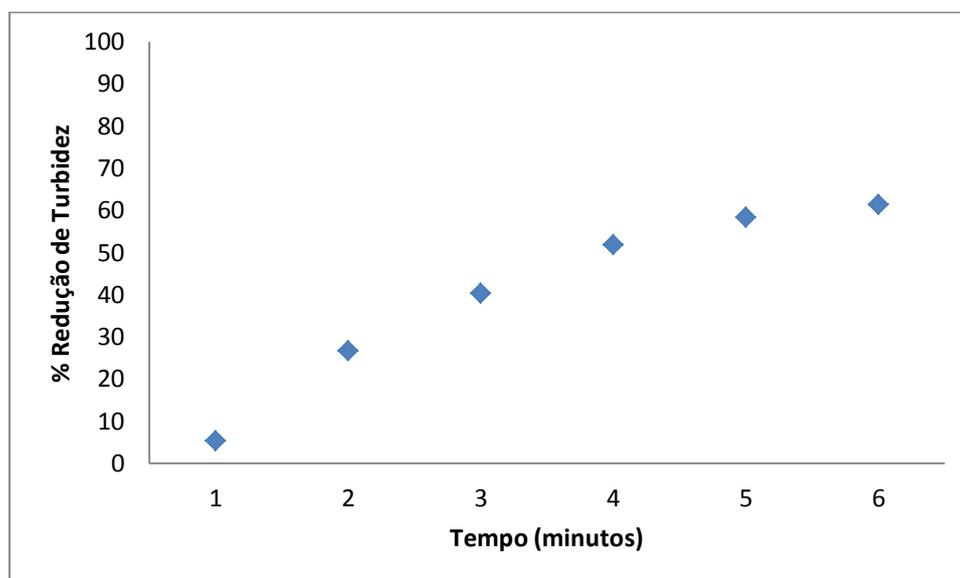


Figura 16. Porcentagem de redução da turbidez das amostras da segunda batelada

Para o padrão de turbidez, todas as amostras filtradas demonstraram um decréscimo progressivo na segunda batelada de análises, para as primeiras amostras este fator esteve inconstante, acredita-se que isso se deve ao grande número de partículas suspensas no material filtrante, as primeiras amostras realizaram a lavagem do meio, com isso houve um arraste das cinzas.

6 CONCLUSÃO

De acordo com as técnicas de tratamento de efluentes realizadas pela empresa, não há um sistema específico para redução de nitrogênio e fósforo, sendo utilizado apenas o método convencional de tratamento em lagoas de estabilização. Os resultados demonstram que para a realidade do frigorífico o sistema de filtração com carvão ativado se mostra satisfatório, uma vez que ele permitiu a remoção dos parâmetros analisados, constituindo-se uma alternativa para atender a legislação para lançamento de efluentes.

No entanto, é importante salientar que em grande escala este método tem um maior custo agregado que outros que utilizam como meio filtrantes materiais residuais de outras atividades, muitas vezes descartados, sem valores agregados e passíveis de poluição ambiental. Além de algumas outras propostas terem maior eficiência para remoção de compostos.

REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, Pecuária Brasileira, 2011. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>3_pecuária>. Acesso em 12 de maio.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001 – Sistema de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso**. ed 2. Rio de Janeiro, 2004.

ABREU, Leonardo S. de. **Remoção de nitrogênio de efluentes industriais e novas alternativas de tratamento**. Porto Alegre, 2013. 48p.

AGUILAR, M. I.; SÁEZ, J.; LLORÉNS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. Nutrient removal and sludge production in the coagulation-flocculation process. **Water Research**, Murcia, [online], v.36, p. 2910-2919, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401005085>. Acesso em: 15 de maio

ANUALPEC – ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA In: **Pecuária de corte (estatísticas)**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, cap.2, p.49-76. 2010. BIDONE, Francisco R. A.; POVINELLI Jurandyr. A vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume. 2014. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resioli/mexico/03473p04.pdf>> Acesso em 22 de abril.

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

Brasil. Resolução CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.92 de 16/05/2011 p.89. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 02 de março

Brasil. Resolução CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 430 de 13 maio de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.92 de 16/05/2011 p.89. . Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 02 de março

CALIJURI, M. C.; ALVES, M.S.A.; SANTOS, A.C.A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: RIMA, 2006. 118 p.

CAMMAROTA, Magali C. **Biotecnologia Ambiental**, 2013. Escola de Química/UFRJ. Rio de Janeiro.

CETESB - **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DE ABATE (BOVINO E SUÍNO)** - SÉRIE P+L, 66 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/abate.pdf>. Acesso em 17 de maio.

CHERNICHARO C.A.L., 1997. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v.5. Reatores anaeróbios, 1ª edição, DESA-UFMG, Minas Gerais. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISC&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=93935&indexSearch=ID>> Acesso em 12 de maio

DONATI, Cosimo et al. Microcystin-LR adsorption by powdered activated carbon. **Water Research**, v. 28, n. 8, p. 1735-1742, 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135494902453>> Acesso em: 12 de maio

DE AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, Amanda Cardoso; GUARINO, Alcides Wagner Serpa. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, n. 6/B, p. 1145-1154, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n6b/13130.pdf>> Acesso em: 23 de abril

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Development Document for the Proposed Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Meat and Poultry Products Industry Point Source Category. **Office of Water Mail Code 4303 T**. Washington, 1993.

FEISTEL, Janaina C., **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros**. Goiânia, 2011. Programa de Pós-Graduação em Ciências Animal. 37p.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; TEIXEIRA, A.S.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J.C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Revista Engenharia Sanitária e ambiental**. v.12, n.4, [online], Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S14131522007000400006&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 11 abril 2016.

HENZE, M. Harremoes, P., Arvin E., Jansen, J.C. **Wastewater treatment: Biological and chemical processes**. 2 ed. Berlim: Springer, 1997, p.383.

FRICK, Julia M. **Estudo do monitoramento de efluentes líquidos industriais de frigoríficos no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2011.

HOEPPNER, A. F. S. **Comportamento de variáveis físicas, químicas e da eficiência de sistemas de lagoas de estabilização em ambiente tropical (Vale do Ribeira de Iguape-SP)**. São Carlos, 2007. 286p

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Pesquisas Trimestrais do Abate de Animais, do Leite, do Couro e da Produção de Ovos de Galinha**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1402&id_pagina=1> Acesso em: 19 de abril.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª Ed., Rio de Janeiro, 2005

LO MONACO, Paola A.; MATOS, Antônio; JORDÃO, Claudio P.; CECON, Paulo R.; MARTINEZ, Mauro A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. V.8, n.1, p 116-119, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a17.pdf>> Acesso em 04 de abril.

LO MONACO, Paola A.; MATOS, Antônio; SARMENTOS, Antover PAnazzolo; LOPES JUNIOR, Antônio Vieira; LIMA, Jonas T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa. v.17, n.6, 473-480, nov/dez. 2009. Disponível em: <<http://gpqa.ufv.br/Publicacoes/filtroorganico/DESEMPENHO%20DE%20FILTROS%20CONTITUIDOS%20FIBRAS%20DE%20COCO%20NO%20TRATAMENTO%20DE%20AGUASRESIDUARIASDESUINOCULTURA.pdf>> Acesso em 08 de abril.

MASSCHELEIN, Willy J. Unit processes in drinking water treatment. In: **Environmental science and pollution control series**. Marcel Dekker, 1992. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISC A&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=70199&indexSearch=ID>> Acesso em: 23 de abril

MBWETTE, T. S. A., N. J. D. GRAHAM. **Performance of Fabric-Protected Slow Sand Filters Treating a Lowland Surface Water.** *Water and Environment Journal* 4.1 (1990): 51-61.

NAJM, Issam N. et al. Effect of particle size and background natural organics on the adsorption efficiency of PAC. **Journal (American Water Works Association)**, p. 65-72, 1990. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41292651>> Acesso em: 12 de maio

NOCKO, L.M. **Remoção de carbono e nitrogênio em reator de leito móvel submetido à aeração intermitente.** 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-11022009-173925/en.php>> Acesso em: 28 de abril

PACHECO, J. W. Guia técnico ambiental de frigoríficos – industrialização de carnes (bovina e suína). Série P+L. São Paulo. CETESB. 2008, 98p.

PACHECO, J. A. S.; WOLFF, D. B. **Tratamento dos efluentes de um frigorífico por sistema australiano de lagoas de estabilização.** Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, v.5, p.67-85, 2004.

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

SEGANFREDO, M. A., **Gestão Ambiental na Suinocultura**, Brasília, ed: 1, 2007.

SILVA, D.D. **Remoção Biológica do Nitrogênio pela via curta de Lixiviado de Aterro Sanitário Operando um Reator em Bateladas Sequenciais (RBS).** 2009. 163 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Sanitária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SWIATKOWSKI, Sandra et al. Activities of MAP-kinase pathways in normal uroepithelial cells and urothelial carcinoma cell lines. **Experimental cell research**, v. 282, n. 1, p. 48-57, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014482702956478>> Acesso em: 12 de abril

VALVERDE, S.R., Elementos de Gestão ambiental empresarial, Viçosa, 1º reimpressão, 2008.

VEDANA A., BENINCÁ C., RIGO E.S., STESENS J., CONSOLI M.R., VENDRUSCOLO M.V., **Tratamento de águas residuárias na indústria de carnes. Revista Perspectiva.** 1999. v23, n.84. pp 09-45.

VON SPERLING, M. Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, UFMG, 2005.

VON SPERLING, M., CHERNICHARO, C. A. L. **Urban wastewater treatment technologies and the implementation of discharge standards in developing countries.** UrbanWater, Belo Horizonte [online] v. 4. p. 105-114, 2002. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462075801000668>. Acesso em: 22 de abril.

ANEXO

Anexo 1: Sistema completo de tratamento do frigorífico.

