



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

**DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE ABATE E INDUSTRIALIZAÇÃO DE CARNE DE  
AVES: ESTUDO DE CASO HG FOODS - EPP – UNIDADE DE SANTA LUZIA/MG**

LUCAS HENRIQUE DA SILVA NOVO SILVESTRE

BELO HORIZONTE

2018

LUCAS HENRIQUE DA SILVA NOVO SILVESTRE

**DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE ABATE E INDUSTRIALIZAÇÃO DE CARNE DE  
AVES: ESTUDO DE CASO HG FOODS - EPP – UNIDADE DE SANTA LUZIA/MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

**Orientador: Livia Cristina Oliveira Lana**

BELO HORIZONTE

2018

Silvestre, Lucas Henrique da Silva Novo

Desempenho Ambiental do Sistema de Tratamento de Efluentes de Indústria de Abate e Industrialização de Carne de Aves: Estudo de Caso HG Foods – EPP – Unidade Santa Luzia/MG / Lucas Henrique da Silva Novo Silvestre – 2018.

58 f.; --cm.

Orientador: Prof Livia Cristina Oliveira Lana.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Engenharia Ambiental e Sanitária, 2018.

1. Potencial Poluidor; 2. Desempenho Ambiental; 3. Legislação Ambiental. I. Silvestre, Lucas Henrique da Silva Novo. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Desempenho Ambiental do Sistema de Tratamento de Efluentes de Indústria de Abate e Industrialização de Carne de Aves: Estudo de Caso HG Foods – EPP – Unidade Santa Luzia/MG.

**LUCAS HENRIQUE DA SILVA NOVO SILVESTRE**

**DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE ABATE E INDUSTRIALIZAÇÃO DE  
CARNE DE AVES: Estudo de caso HG FOODS - EPP - Unidade de Santa  
Luzia/MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 23/11/18

Banca examinadora:

Livia Cristina Oliveira Lana

Lívia Cristina Oliveira Lana – Presidente da Banca Examinadora  
Prof. MSc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientadora

Gisele Vidal Vimieiro

Gisele Vidal Vimieiro  
Prof. DSc. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Leidiane Santana Santos

Leidiane Santana Santos  
Analista Ambiental MSc. Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, por serem meu alicerce durante toda a vida, por terem muitas vezes sacrificado coisas de seu interesse para me proporcionar o melhor sempre, com muito suor e esforço, e por sempre me incentivarem a realizar meus sonhos.

Gostaria de agradecer a minha família, por sempre demonstrarem apoio e estarem ao meu lado nas dificuldades da vida.

Gostaria de agradecer a todos os meus professores, desde minha infância, que também moldaram o meu ser e me passaram seus conhecimentos para que eu pudesse chegar até aqui. Sem eles, isso não seria possível.

Gostaria de agradecer a minha professora orientadora, que me auxiliou na execução do presente trabalho, direcionando-me sempre para o melhor caminho.

Gostaria de agradecer aos meus amigos e colegas de curso, por terem sempre dado apoio nas inúmeras horas de aperto durante o decorrer dessa jornada, mostrando que juntos podemos realizar mais.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que de alguma forma participaram e contribuíram dessa etapa da minha vida.

## RESUMO

Silvestre, Lucas Henrique da Silva Novo. *Desempenho Ambiental do Sistema de Tratamento de Efluentes de Indústria de Abate e Industrialização de Carne de Aves: Estudo de Caso HG Foods – EPP – Unidade Santa Luzia/MG*. 2018. 56f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

A indústria de abate e industrialização da carne de frango tem mostrado enorme crescimento desde a década de 1940, visto a implementação da tecnologia nos meios de produção e o menor custo se comparada a produção de carne suína e bovina. O aumento na produção aumenta também o potencial poluidor dessas indústrias, que acabam gerando grandes quantidades de resíduos sólidos, ruídos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos com carga poluidora elevada. Dessa forma, o presente trabalho busca analisar criticamente o desempenho do sistema de tratamento de efluentes industriais da HG Foods – Unidade Santa Luzia, além de sugerir melhorias no processo produtivo, que possam melhorar o desempenho ambiental do empreendimento. Foram analisados os resultados de análises de efluentes líquidos disponibilizados pela empresa, entre o período de 2014 a 2018. Tomando-se como base a legislação ambiental para o lançamento de efluentes em corpos d'água, o desempenho do sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento se mostrou satisfatório para remoção de DBO, DQO e OG em todas as análises, com porcentagens médias de remoção acima de 89%. O único parâmetro que se mostrou insatisfatório, foi a remoção de sólidos em suspensão, onde a remoção foi satisfatória em cerca de 50% das análises apenas, com remoção média de 75%. Entretanto, ressalta-se que mesmo assim a empresa atende o padrão fixado para o lançamento de efluentes em redes coletoras, o que passou a ocorrer a partir de 2016, quando a empresa aderiu ao COPASA/PRECEM. Como forma de melhorar o desempenho ambiental do empreendimento, sugeriu-se algumas medidas de monitoramento constante da qualidade dos efluentes e descarte final do lodo excedente.

**Palavras-chave:** efluente industrial; abate de aves; legislação ambiental.

## ABSTRACT

Silvestre, Lucas Henrique da Silva Novo. *Environmental Performance of the Effluent Treatment System of Poultry Industry: Case Study of HG Foods – Santa Luzia Unit*. 2018. 56f. Monograph (Undergraduate in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Technology and Science, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

The poultry slaughtering and industrialization industry has shown tremendous growth since the 1940s, since the technology implementation in the means of production and the lower cost when compared to pork and beef production. The growth in production also increases the polluting potential of these industries, which end up generating large amounts of solid waste, noise, atmospheric emissions and liquid effluents with high polluting loads. So, the present work seeks to critically analyze the performance of the industrial effluent treatment system of HG Foods - Santa Luzia Unit, in addition to suggest improvements in the production process, which can improve the environmental performance of the enterprise. It was analysed the results of effluente analysis that were made available by the company, in the period of 2014 to 2018. Based on environmental legislation for effluente discharge on water bodies, the performance of the industrial effluent treatment system of the enterprise was satisfactory for removal of BOD, COD and OG in all analyzes, with mean removal percentages above 89%. The only parameter that proved to be unsatisfactory was the removal of suspended solids, where removal was satisfactory in around 50% of the analyzes only, with a mean removal of 75%. Thus, to emphasize the environmental performance of the effluent treatment system was satisfactory for the parameters fixed for effluente discharge on effluente collection net of COPASA, in wich the company joined PRECEND in 2016. As a way to improve the environmental performance of the enterprise, some measures were suggested to constantly monitor the quality of the effluents and final disposal of excess sludge.

**Key words:** “polluting potential”; “environmental performance”; “environmental legislation”.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do abate de aves.....	18
Figura 2 - Fluxograma da desossa da carne.....	19
Figura 3 - Fluxograma da fabricação de embutidos. ....	19
Figura 4 - Localização HG Foods – EPP.....	30
Figura 5 - Fluxograma do balanço hídrico do empreendimento HG Foods - EPP.....	33
Figura 6 - Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes do empreendimento. .....	35
Figura 7 - Concentração de DBO no efluente bruto do empreendimento. ....	39
Figura 8 - Concentração de DBO no efluente tratado e percentual de eficiência de remoção. ....	40
Figura 9 - BoxPlot concentração de DBO no efluente bruto e tratado.....	41
Figura 10 - BoxPlot eficiência de remoção de DBO. ....	41
Figura 11 - Concentração de DQO no efluente bruto do empreendimento.....	42
Figura 12 - Concentração de DQO no efluente tratado e percentual de eficiência de remoção. ....	43
Figura 13 - BoxPlot concentração de DQO no efluente bruto e tratado. ....	44
Figura 14 - BoxPlot eficiências de remoção de DQO. ....	44
Figura 15 - Concentração de sólidos suspensos no efluente bruto do empreendimento. ....	45
Figura 16 - Concentração sólidos suspensos em relação ao limite permitido na legislação. ....	45
Figura 17 - BoxPlot concentração de sólidos suspensos no efluente tratado. ....	46
Figura 18 - Equipamento Decanter para desidratação de lodo. ....	47
Figura 19 - Equipamento Decanter para desidratação de lodo. ....	48
Figura 20 - Concentração de óleos e graxas no efluente bruto do empreendimento. .....	49
Figura 21 - Concentração de óleos e graxas no efluente tratado do empreendimento. .....	49
Figura 22 - pH do efluente tratado do empreendimento.....	50
Figura 23 - Temperatura do efluente tratado.....	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição média do efluente bruto.....	22
Tabela 2: Metodologias de Análise Utilizadas pelo Laboratório Responsável pelas Análises.....	32
Tabela 3: Funções das etapas e processos unitários que constituem o sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento.....	34
Tabela 4: Caracterização média do efluente bruto de janeiro de 2014 até março de 2016. ....	36
Tabela 5:Caracterização média do efluente tratado de janeiro de 2014 a abril de 2018. ....	37
Tabela 6 - Caracterização efluente tratado de abatedouros de aves na literatura ....	38
Tabela 7: Percentual médio de remoção de poluentes. ....	38

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	Indústria frigorífica de aves.....	16
3.1.1	Processo Industrial.....	16
3.1.1.1	Processo Industrial do Abate de Aves.....	17
3.1.1.2	Processo Industrial da Industrialização da Carne de Aves.....	18
3.1.2	Principais Aspectos Ambientais Relacionados à Atividade Industrial.....	19
3.2	Efluentes Líquidos industriais.....	20
3.2.1	Caracterização Qualitativa dos Efluentes Líquidos Industriais.....	21
3.2.1.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	22
3.2.1.2	Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	23
3.2.1.3	Óleos e Graxas.....	23
3.2.1.4	Sólidos Totais, em Suspensão e Tensoativos.....	24
3.2.1.5	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	24
3.2.1.6	Temperatura.....	25
3.2.2	Impactos Ambientais do Descarte Inadequado.....	25

3.3	tecnologias usuais para o tratamento de efluentes da indústria de abate e industrialização de carne de frango .....	25
3.3.1	Processos Anaeróbios .....	26
3.3.2	Processos Aeróbios .....	27
3.3.3	Lodos Ativados e Suas Variações.....	27
3.3.3.1	Lodo Biológico .....	28
3.4	ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA OU PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO APLICADA NO SETOR .....	28
4	METODOLOGIA .....	30
4.1	Área de Trabalho .....	30
4.2	Procedimentos .....	30
4.2.1	Análise Estatística e Descritiva da Qualidade do Efluente e do Desempenho Ambiental .....	31
4.2.2	Metodologias de Análise Utilizadas.....	31
4.3	proposição de alternativas de produção mais limpa .....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	33
5.1	Descrição do atual sistema de tratamento do empreendimento .....	33
5.2	Caracterização qualitativa dos efluentes líquidos do empreendimento.....	35
5.2.1	Caracterização Qualitativa do Efluente Bruto .....	35
5.2.2	Caracterização Qualitativa do Efluente Tratado.....	37
5.3	Avaliação do desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes do empreendimento .....	38
5.3.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	39

5.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	42
5.3.3 Sólidos Suspensos (SST) .....	45
5.3.4 Óleos e Graxas (OG) .....	48
5.3.5 Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	50
5.3.6 Temperatura (°C) .....	50
5.4 ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA PASSÍVEIS DE APLICAÇÃO NO EMPREENDIMENTO .....	51
5.4.1 Utilização de Recursos Hídricos .....	51
5.4.2 Dispositivos de Controle Constante .....	52
5.4.3 Disposição Final e Reutilização do Lodo Excedente do Tratamento de Efluentes .....	52
6 CONCLUSÃO .....	54
REFERÊNCIAS .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque no setor de produção e industrialização da carne de aves no mundo. Em 2015, tornou-se o segundo maior produtor de carne de frango mundial, ficando atrás apenas do Estados Unidos (EUA). Os números do Associação Brasileira de Proteína Animal (2017) indicam que naquele ano o setor de Abate e Industrialização de carne de frango produziu 13,14 bilhões de toneladas, abatendo 5,8 bilhões de cabeças de frango. Também segundo o Relatório Anual da Associação Brasileira de Proteína Animal, desde 2010 o Brasil se tornou o maior exportador de carne de frango do mundo, abastecendo os principais mercados mundiais (ABPA, 2017).

Este crescimento exacerbado faz com que as indústrias produzam cada vez mais. Esse aumento produtivo, aumenta também o potencial poluidor do empreendimento, cujos principais aspectos ambientais, decorrentes da atividade industrial, são os efluentes líquidos, efluentes atmosféricos e resíduos sólidos, segundo o Diagnóstico Ambiental das Indústrias de Abate do Estado de Minas Gerais, elaborado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM (2010). Essas indústrias de abate e frigoríficas, assim como outras do setor alimentício, utilizam grandes quantidades de água no processamento industrial, que é ou incorporada ao produto ou deixa o processo em forma de efluentes líquidos.

Esses efluentes líquidos, provindos da produção e unidades de apoio da planta industrial (sanitários, refeitórios, lavanderias, lavador de veículos, oficinas, entre outros), possuem elevada carga orgânica devido à matéria-prima animal da atividade, podendo atingir níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da ordem de 32 g/L (SCARASSATI, 2003). Efluentes originados na produção possuem altos volumes de sangue, vísceras, pele e gordura, tornando-os altamente poluentes se descartados no meio ambiente em sua forma bruta, podendo causar a eutrofização de corpos d'água ou causar complicações no tratamento público à jusante, se houver.

Desta maneira, faz-se necessário que o empreendimento realize um tratamento prévio desse efluente para adequá-lo aos parâmetros de lançamento estabelecidos na legislação, seja em corpo d'água receptor ou rede pública de coleta e transporte de esgotos, minimizando o risco de impactos ambientais significativos ocasionados pelo empreendimento. Tal tratamento, normalmente é constituído de

uma etapa preliminar, para remoção de sólidos grosseiros, uma etapa primária visando a remoção de sólidos em suspensão e um processo biológico objetivando a remoção da elevada carga orgânica presente no efluente (SANTOS, et. al., 2011; GIL, 2010).

Para comprovação da efetividade do tratamento na adequação do efluente aos parâmetros exigidos na legislação para o lançamento do mesmo, o automonitoramento periódico é necessário. O automonitoramento é peça-chave em qualquer plano de gerenciamento ambiental e, por meio do relacionamento entre determinado empreendimento e os órgãos públicos, permite a geração de dados que possibilitem a identificação do real impacto gerado pela atividade desenvolvida (SANCHÉZ, 1994). Este também é exigido como condicionante de licença ambiental de atividades poluidoras e deve seguir o plano de monitoramento exigido na licença ambiental.

Nesse contexto, o presente trabalho realizou uma análise do desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes industriais de uma indústria frigorífica de aves, avaliando-se os dados protocolados junto à SUPRAM mensalmente. A partir dos dados referentes a qualidade do efluente bruto e tratado de 2014 a 2016, para lançamento em corpo hídrico, e de 2016 a 2018 apenas as análises do efluente tratado devido a entrada da indústria no programa COPASA/PRECEM, Programa de Recebimento e Controle de Efluentes para Usuários Não Domésticos, pela HG Foods. A partir dos dados foram indicadas possíveis melhorias no sistema implantado, soluções ambientais que reduzam o consumo de água ou a produção de efluentes líquidos industriais, bem como soluções alternativas para o descarte adequado do lodo excedente do tratamento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar criticamente o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes industriais de uma indústria frigorífica de aves implementado na planta industrial da HG Foods - EPP, localizada em Santa Luzia/MG, propondo melhorias ao processo do empreendimento.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o funcionamento do atual sistema de tratamento de efluentes industriais implementado.
- Caracterizar qualitativamente os efluentes do empreendimento.
- Avaliar a série histórica de eficiência de remoção de poluentes pelo sistema de tratamento e compará-la às exigências legais para o lançamento do efluente na rede pública de esgotos.
- Propor alternativas de produção mais limpa (controle preventivo) passíveis de aplicação na empresa.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE AVES

O setor de frango de corte mundial teve seu desenvolvimento iniciado na década de 40, onde em meio a Segunda Guerra Mundial, os países envolvidos viam necessidade em direcionar aos soldados grande parte da produção de carne vermelha. Como forma alternativa de alimentar o restante da população, os governos começam a investir em produção de carnes alternativas, a exemplo a carne de frango (COSTA; GARCIA; BRENE, 2015). Desta maneira, uma atividade até então artesanal começa a receber investimentos e a modernizar seus meios de produção, otimizando tempo de crescimento do animal, quantidade de ração necessária para produzir um quilograma (kg) de carne e o peso por animal.

Assim, com custos de produção menores em comparação à produção de carnes vermelhas, o corte da carne de frango tem crescido de maneira exorbitante. Segundo a *National Agriculture Statistics Service* (USDA, 2011), a produção da carne de frango cresceu em média, de 1960 a 2010, 11% ao ano, enquanto a produção das demais carnes teve aumento médio de apenas 4% ao ano, no mesmo período. A produção mecanizada e acelerada fez com que o preço dessa fonte de proteína se mantivesse em queda, passando-se de US\$ 4,05 em 1970 e a menos de US\$ 1,00 ao final de 2010, segundo Costa (2008, apud COSTA, 2015).

Num panorama nacional, não foi até meados da década de 60 que começou no país uma onda de modernização nesse setor. Até então, a atividade era praticamente artesanal e de subsistência. Porém em 1970, isso começa a mudar com o investimento de produtores na modernização do setor, principalmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Dessa forma, houve um salto na produção e logo o país se tornou um dos principais produtores e exportadores mundiais, segundo Costa (2015). Hoje, o país ocupa a posição de segundo maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos EUA, e é o maior exportador mundial da carne, segundo a *Associação Brasileira de Proteína Animal*, desde 2010 (ABPA, 2017).

##### 3.1.1 Processo Industrial

O processo se inicia na recepção onde as aves são recebidas em engradados plásticos e permanecem, por algum tempo em descanso, precedendo o início do



abate. Para se evitar o estresse das aves pelo aumento da temperatura em função da temperatura corpórea dos animais (42°C), o galpão de espera é provido de sistema de ventilação e bicos borrifadores de água (ENGENHO NOVE, 2015).

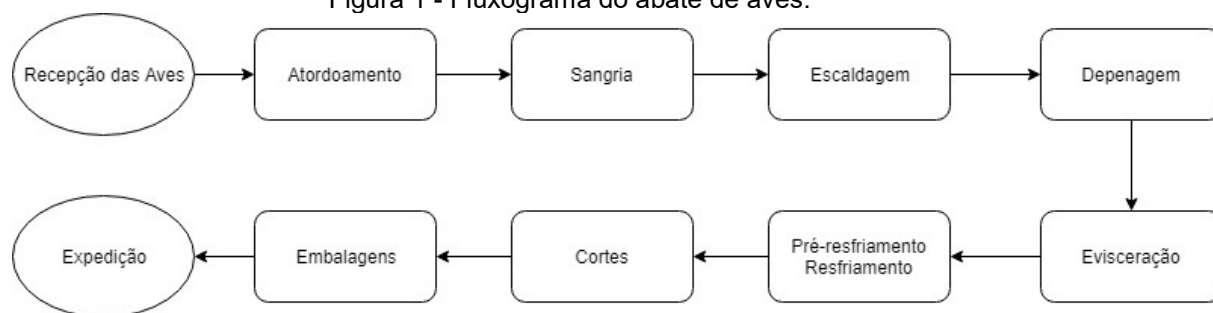
#### 3.1.1.1 Processo Industrial do Abate de Aves

Após a retirada dos engradados plásticos, as aves são penduradas pelas patas em uma esteira móvel, que movimenta as mesmas durante todo o restante do processo. O abate inicia-se com um atordoamento por choque elétrico de 70 V, seguida pela sangria das aves, realizada por um corte pequeno no pescoço da ave. O sangue é então drenado no túnel de sangria, por cerca de 03 minutos (DELWING, 2007). Após o túnel de sangria as aves são então imersas em um tanque com água a 60°C para o processo de depenagem, o qual é realizado mecanicamente por máquinas. Em sequência as aves são presas pelo pescoço para permitir a escaldagem dos pés (80°C) e a limpeza dos mesmos. O sangue drenado na sangria bem como as penas e subprodutos da produção podem ser direcionados a graxarias (ENGENHO NOVE, 2015). Nas graxarias, são processados os subprodutos e/ou resíduos dos abatedouros, frigoríficos ou açougues, produzindo sebo ou gordura animal, para a indústria de sabões, ou a farinha de carne e ossos, para indústria de rações animais (FIESP, 2006)

Após o processo, se inicia a etapa de evisceração do animal, no qual são efetuadas, através de operações em série acompanhadas de lavagens, a extração da coacla, abertura do abdome, exposição das vísceras, inspeção, corte e limpeza da moela e fígado, retirada das vísceras, extração dos pulmões e separação dos miúdos (DELWING, 2007).

Dessa forma, após a retirada do pescoço e dos pés, procede-se ao pré-resfriamento das carcaças no *chillers* (2°C), os recortes e a embalagem do produto final, que é então conduzido ao túnel de congelamento ou à câmara de resfriamento, dependendo a que mercado se destina o mesmo, conforme observado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do abate de aves.



Fonte: própria.

### 3.1.1.2 Processo Industrial da Industrialização da Carne de Aves

É importante frisar a relação de produto final do abate como a matéria-prima do processo de industrialização da carne. O processo de industrialização da carne de frango inicia-se com a desossa. A matéria-prima é direcionada à sala de desossa mecânica e cortes individualizados, climatizada a uma temperatura de 10°C a 12°C. Os ossos, sebos e gorduras retirados nessa atividade são armazenados em sala própria, com retirada periódica e destinação à graxaria (ENGENHO NOVE, 2015).

Após a embalagem as carnes poderão ser encaminhadas ao resfriamento (-2°C a 0°C) ou túneis de congelamento (-30°C) sendo posteriormente estocadas em câmaras frias (-18°C), para finalmente serem comercializadas, conforme Figura 2.

Há ainda no processo a fabricação de embutidos e salsicharia que consiste, basicamente, na sequência dos seguintes processos destacados e conforme Figura 3:

- Seleção e tratamento da matéria-prima e ingredientes: consiste na escolha das carnes a serem utilizadas no processo bem como os ingredientes necessários para fabricação da receita desejada, um exemplo disso é a quantidade de farinha a ser utilizada no processo;
- Moagem/ trituração: como o próprio nome já diz, a moagem consiste na trituração dos ingredientes e da matéria-prima;
- Mistura: consiste na mistura de todos os ingredientes necessários para a receita a ser produzida;
- Homogeneização: consiste homogeneização dos ingredientes na mistura afim de padronizar o gosto e a qualidade do produto, bem como dar tempo ao produto para fixação do tempero;

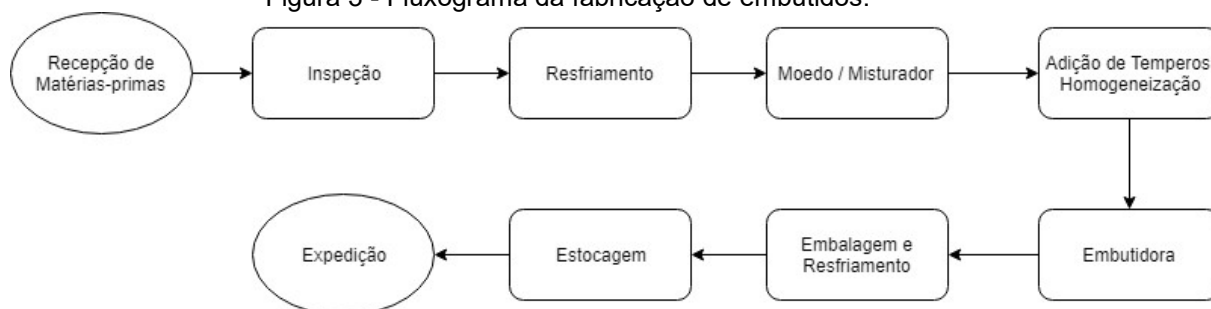
- Embutimento/ Acabamento: consiste no acondicionamento dos produtos finais em suas respectivas formas, para posteriormente serem comercializados.

Figura 2 - Fluxograma da desossa da carne.



Fonte: própria.

Figura 3 - Fluxograma da fabricação de embutidos.



Fonte: própria.

### 3.1.2 Principais Aspectos Ambientais Relacionados à Atividade Industrial

Os principais aspectos ambientais relacionados às atividades de abate e industrialização da carne de frango são a geração de efluentes líquidos e atmosféricos, a geração de resíduos sólidos e a geração de ruídos nos arredores da instalação dos empreendimentos, segundo a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM, 2010).

Os efluentes líquidos provenientes dessas atividades industriais são o principal aspecto ambiental gerado pelas mesmas. Tal efluente possui elevadas cargas orgânicas e de sólidos suspensos, devido à alta carga de sangue e vísceras presentes no mesmo. Os parâmetros e limites de lançamento estão dispostos nas Resoluções CONAMA nº 357/05 e nº 430/11, além da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/08.

Os efluentes atmosféricos estão ligados a atividade de graxaria e/ou caldeiras a óleo ou lenha, que podem fazer parte do processo produtivo. Os limites das

emissões atmosféricas são delimitados pela Deliberação Normativa 187/13 que estabelece o limite de 200 mg/Nm<sup>3</sup> de material particulado e 7.800 mg/Nm<sup>3</sup> de Monóxido de Carbono (CO).

Já os resíduos sólidos gerados no processo variam de indústria para indústria. Mas normalmente são constituídos de resíduos de papel/papelão, plástico, sucatas metálicas, provindas dos setores de apoio e manutenção do processo produtivo, resíduos de materiais de limpeza, lâmpadas, resíduos oleosos, entre outros. A quantificação e qualificação dos mesmos deverá ser especificada no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) que deverá conter as formas de acondicionamento dentro dos limites do empreendimento, transporte e disposição final desses resíduos, segundo Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº 12.305/2010.

Em relação aos ruídos, as principais fontes são: os animais, as movimentações de caminhões no pátio industrial e equipamentos em geral da indústria, como compressores de ar, refrigeradores, entre outros. Segundo a Lei Estadual 10.100/90 são considerados prejudiciais à saúde ruídos que, independente dos ruídos de fundo, atinjam, no exterior do ambiente onde se tem origem, nível superior a 70 dB durante o dia e 60 dB durante a noite.

### 3.2 EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIAIS

Na indústria frigorífica do abate e industrialização da carne de frango são gerados efluentes líquidos durante praticamente todo o processo. Desde a recepção dos frangos, com o sistema de ventilação e hidratação dos animais até a expedição do produto final. Em todas as etapas do processo é utilizada água, que é incorporada ao produto ou torna-se efluente do processo. Há também a geração de efluentes líquidos nos processos de apoio à produção, como a manutenção e lavagem de veículos, por exemplo.

Outro ponto que deve receber atenção na geração de efluentes líquidos dentro do processo de abate é a operação de sangria, na qual o sangue drenado deve ser coletado separadamente dos demais efluentes, isso deve ser feito devido à alta carga orgânica presente no sangue dos animais. Ao coletar separadamente o sangue, a carga orgânica do efluente bruto é reduzida entre 50% e 70%, facilitando assim o pós-tratamento desse efluente (GEISEKE, 1996 apud. FEAM, 2010).

Cabe ressaltar que no processo de industrialização da carne de frango os efluentes líquidos gerados estão principalmente ligados à limpeza dos ambientes de trabalho e derrames ou descargas de equipamentos de cozimento (GEISEKE, 1996 apud. FEAM, 2010).

### **3.2.1 Caracterização Qualitativa dos Efluentes Líquidos Industriais**

Como já exposto anteriormente, o efluente bruto da indústria de abate e industrialização da carne de frango possui elevadas cargas orgânicas de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), bem como altas concentrações de Óleos e Graxas (OG) e nitrogênio orgânico (FEAM, 2010). Mesmo com um sistema a parte para segregação de sangue, ainda assim há resquícios do mesmo no efluente que contribuem para elevação da carga orgânica do efluente bruto, bem como vísceras e pedaços de carne. O sangue dos animais possui carga orgânica da ordem de aproximadamente 40 mg/L de DQO, além de contribuir com grande parte da carga de nitrogênio do efluente, segundo Gil (CHILE, 1998 apud GIL, 2010).

Essa composição altamente orgânica, torna o efluente bruto extremamente putrescível, podendo ainda apresentar organismos patogênicos, dependendo se houver algum problema com a saúde dos animais. Na Tabela 1 é possível observar a caracterização média do efluente bruto de indústrias de abate e industrialização de carne de frango, encontrados por diferentes autores.

Tabela 1: Composição média do efluente bruto.

Parâmetros	Unidade	Entrada da ETE	
		DAMASCENO et. al.(2009)	OLIVO (2006) apud SCHATZMAN (2009)
<b>DBO</b>	mg/L	5.448	1.500 a 3.500
<b>DQO</b>	mg/L	7.264	3.000 a 6.000
<b>SST</b>	mg/L	4.580	2.300
<b>Óleos e Graxas</b>	mg/L	2.900	500 a 1.500
<b>pH</b>	-	6,4	6 a 7

Fonte: DAMASCENO et. al.(2009) e OLIVO (2006) apud SCHATZMAN (2009).

As diferenças observadas na literatura para a concentração dos poluentes nos efluentes industriais podem ser explicadas por variações nos processos produtivos de indústria para indústria, uma vez que a diversidade nos processos produtivos é enorme desde a produção em si, até a cultura organizacional do empreendimento e isso influencia a concentração de poluentes em seu efluente.

### 3.2.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é uma maneira indireta de determinação da matéria orgânica presente em uma amostra. A mesma diz respeito a quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica biodegradável tanto na forma dissolvida como na forma coloidal (GIORDANO, 2001).

Na indústria frigorífica a alta carga orgânica presente no efluente se deve à matéria-prima animal utilizada na produção o que eleva a carga orgânica do mesmo. Com valores que podem variar entre 1.500 mg/L a mais de 5.000 mg/L, conforme Tabela 1, uma alta eficiência de remoção se faz necessária pois caso o efluente seja descartado em sua forma bruta no corpo d'água poderá ocorrer eutrofização do mesmo e a possível degradação permanente da qualidade do corpo hídrico em questão. Caso o efluente bruto seja despejado em rede pública de coleta de efluentes, poderá causar complicações no tratamento utilizado na Estação de Tratamento de Efluentes municipal, inviabilizando a planta ou aumentando custos com o tratamento.

### 3.2.1.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio também é considerada uma maneira indireta de se determinar a quantidade de matéria orgânica quimicamente degradável em uma amostra qualquer. Diz respeito a quantidade de oxigênio necessária para degradação química de toda a matéria oxidável presente no efluente (GIORDANO, 2001). Seus valores serão sempre superiores aos valores de DBO, uma vez que, a DQO engloba tanto a quantidade de oxigênio para degradar biologicamente a matéria orgânica presente na amostra bem como a quantidade de oxigênio para degradar quimicamente a matéria orgânica presente na amostra (VON SPERLING, 2017).

Na indústria frigorífica a presença de DQO, assim como a de DBO, está ligada à matéria-prima animal utilizada no processo, o que eleva consideravelmente a carga orgânica do efluente, podendo atingir valores entre 3.000 mg/L e 7.000 mg/L.

### 3.2.1.3 Óleos e Graxas

Óleos e Graxas são comumente encontrados em efluentes de diversas tipologias industriais. Diz respeito a parte líquida do efluente composta por resíduos oleosos, normalmente provenientes de unidades de apoio da produção, como oficinas mecânicas, restaurantes e refeitórios, casas de caldeira, setor de manutenção de equipamentos que utilizem óleo hidráulico e até em matérias-primas do processo industrial (óleo e gordura vegetal) (GIORDANO, 2001).

Na indústria frigorífica a presença de óleos e graxas no efluente está relacionada a gordura presente na carne animal e que, automaticamente, durante o processo é incorporada ao efluente. Sendo relevante sua retirada no tratamento pois caso ocorra o despejo inadequado pode interferir na quantidade de oxigênio dissolvido no corpo d'água, uma vez que a presença de óleos e graxas dificulta as trocas gasosas entre a água e a atmosfera. Valores de concentração de Óleos e Graxas podem variar bastante, dependendo do processo industrial de cada indústria, desde 500 mg/L até 3.000 mg/L, conforme mostrado na Tabela 1. Além disso, há contribuição para carga de óleos e graxas no efluente pela geração em unidades de apoio tais como oficinas mecânicas e cozinha, por exemplo.

#### 3.2.1.4 Sólidos Totais, em Suspensão e Tensoativos

Os sólidos totais presentes em um efluente são caracterizados pelas substâncias orgânicas e inorgânicas, dissolvidas ou em suspensão, conforme discutido por GIORDANO (2001). Substâncias com diâmetros inferiores a 1,2  $\mu\text{m}$  são consideradas sólidos dissolvidos. Já substâncias com diâmetros superiores a essa medida são considerados sólidos coloidais ou em suspensão.

Sólidos coloidais são aqueles que mesmo possuindo maior diâmetro que os sólidos dissolvidos resistem ao processo de sedimentação do efluente. Isso ocorre devido à falta de peso desse sólido, que não se sedimenta. Já os sólidos em suspensão, são aqueles que possuem diâmetro e peso mais elevados e que se sedimentam quando o efluente é submetido à etapa de decantação. É importante frisar que os sólidos coloidais são classificados analiticamente como sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2017).

Na indústria frigorífica a presença de sólidos em suspensão está ligada aos restos do processo produtivo, como sangue, algumas vísceras que não são separadas, elementos que aumentam a carga de sólidos no efluentes. As concentrações de sólidos em suspensão estão diretamente ligadas à eficiência do processo produtivo, e pode variar entre 2.000 mg/L até 5.000 mg/L. Além disso, há o acréscimo de sólidos em suspensão no efluente bruto, pelo efluente gerado nas unidades de apoio da produção, tais como oficina mecânica, cozinha, lavador de veículos e manutenção, por exemplo.

#### 3.2.1.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Indica o caráter ácido ou básico do efluente. É considerado um parâmetro determinante nos processos de tratamento, pois as etapas e os processos têm sua eficiência de remoção de poluentes otimizada se ocorre dentro de uma faixa ótima de pH, segundo Von Sperling (2017). Certos processos e etapas do tratamento ocorrem somente dentro dessa faixa ótima de pH, dessa maneira a manutenção do pH é de fundamental importância para o tratamento e o bom funcionamento da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.



### 3.2.1.6 Temperatura

A importância da temperatura está ligada principalmente ao descarte do efluente em corpo d'água ou rede pública. Alterações bruscas na temperatura podem ocasionar disfunções nos processos naturais que ocorrem no corpo d'água, causando um desequilíbrio ambiental e prejudicando o funcionamento natural do mesmo. Alterações de temperatura no efluente industrial estão normalmente ligadas às atividades de resfriamento e/ou reações exotérmicas do processo industrial (GIORDANO, 2001). Além disso, alterações na temperatura para o tratamento de efluentes pode interferir na taxa de atividade na parte biológica do tratamento de efluentes, influenciando assim na eficiência de remoção das cargas orgânicas do efluente bruto, e possivelmente acarretando impactos ambientais ao meio ambiente.

### 3.2.2 Impactos Ambientais do Descarte Inadequado

Os impactos ambientais do descarte inadequado de efluentes industriais podem causar diversos danos ao meio ambiente, dependendo da composição, desse efluente. Segundo estudo realizado pela FGV e GO Associados (2014), em São Paulo, cerca de 10 trilhões de litros de efluente industrial bruto são despejados ilegalmente em corpos d'água na região metropolitana da cidade por hora. No artigo, Oliveira, o titula como “Uma Paris de Esgoto”, pois o equivalente populacional do despejo seria semelhante a população da cidade francesa, 11,7 milhões de habitantes.

Isso gera inúmeros impactos ao meio ambiente, como a eutrofização de corpos d'água, alterando a qualidade daquele recurso hídrico (VON SPERLING, 2017), e conseqüentemente prejudicando a população ao redor do empreendimento. Outro ponto a ser destacado como impacto negativo do descarte inadequado de efluentes industriais, seria o aumento dos custos do tratamento, posterior ao descarte, ou até mesmo inviabilizando o uso daquele recurso hídrico à jusante do descarte (OLIVEIRA, 2014).

## 3.3 TECNOLOGIAS USUAIS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE ABATE E INDUSTRIALIZAÇÃO DE CARNE DE FRANGO

No tratamento de efluentes industriais, nunca há apenas uma maneira de tratar certo efluente. É necessária uma análise desse efluente a fim de conhecê-lo, para então determinar, através das tecnologias disponíveis, qual será o tratamento

adequado, levando em conta o custo de instalação e manutenção de cada unidade de tratamento, bem como sua eficiência na remoção dos poluentes (VON SPERLING, 2017). Para que, dessa maneira, o tratamento seja eficiente e enquadre o efluente tratado dentro dos parâmetros de lançamento exigidos por legislação.

Na indústria de abate de animais e cortes de carne em geral, os efluentes, conforme exposto anteriormente, são caracterizados por alta carga orgânica, com presença de óleos e graxas e alta carga de sólidos, devido à matéria-prima animal utilizada e a presença de sangue, víscera e restos da produção (FEAM, 2010).

Dessa forma, vista a composição do efluente, são normalmente implementadas unidades de tratamento físico, para remoção de sólidos grosseiros e suspensos, tais como gradeamentos, flotação ou decantação, e posteriormente implementadas unidades de tratamento biológico, podendo ser lagoas, anaeróbias ou aeróbias, ou um sistema de lodos ativados. Formas de tratamento essas com custo de implantação e manutenção menos elevados. A seguir são apresentados os principais processos de tratamento utilizados para a tipologia industrial

### **3.3.1 Processos Anaeróbios**

Os processos de tratamento anaeróbios dependem da presença de diversos tipos de microrganismos que, na ausência de oxigênio molecular, realizarão a digestão anaeróbia, promovendo a estabilização de compostos orgânicos mais complexos em moléculas mais simples, como metano e oxigênio (ARRUDA, 2004). Nas lagoas anaeróbias, que possuem profundidade entre 3 e 5 metros (SANTOS *et. al.*, 2011), diversos microrganismos são especializados e cada grupo atua na digestão de certo composto.

Nos sistemas de tratamentos anaeróbios deseja-se maior eficiência sempre. Para isso, é necessário que sejam fornecidas aos microrganismos as condições favoráveis de temperatura, pH, nutritiva e ausência de materiais tóxicos que prejudiquem o funcionamento biológico dos mesmos (ARRUDA, 2004). Outro ponto a ser destacado nesses sistemas, é o fato de tempo de digestão anaeróbia ser mais elevado em relação ao de digestão aeróbia.

Na indústria frigorífica o tratamento anaeróbio é aplicado como forma de remoção da matéria orgânica do efluente. Atingindo eficiências da ordem de 70% de remoção (ARRUDA, 2004). Dessa forma, dependendo da carga orgânica presente no

efluente, o tratamento anaeróbio vem como antecedente a outro processo biológico posterior, para estabilização da matéria orgânica restante.

### **3.3.2 Processos Aeróbios**

Os processos de tratamento por lagoas aeradas dependem da presença de microrganismos, que com a presença do oxigênio molecular, realizarão a digestão da matéria orgânica presente no efluente (VON SPERLING, 2017). O fornecimento de oxigênio aos microrganismos é garantido pela utilização de aeradores nessas lagoas, que operam injetando ar atmosférico no efluente. Pela aeração constante, a massa orgânica fica distribuída uniformemente na lagoa, não havendo assim sedimentação nessa etapa (UNICAMP, 2012).

Dessa forma, o efluente que sai da lagoa aerada possui grande carga de sólidos suspensos, então normalmente, lagoas aeradas são instaladas em série a uma lagoa de decantação (SABESP, 2016), para que possa haver a sedimentação da matéria orgânica estabilizada na lagoa aerada.

Uma das vantagens desse sistema relacionado a outros tipos de lagoas de tratamento biológico, é que demanda uma área de construção menor, porém demanda maior quantidade de energia para operação do sistema (VON SPERLING, 2017).

Na indústria frigorífica lagoas aeradas são normalmente aplicadas como complementação ao tratamento anaeróbio ou unicamente, para estabilização da matéria orgânica, ocasionando a formação de flocos orgânicos. Tais flocos sedimentarão na lagoa de decantação, ocasionando a formação do lodo, que pode ou não ser recirculado no sistema.

### **3.3.3 Lodos Ativados e Suas Variações**

Os sistemas de tratamento de efluentes por lodos ativados são utilizados mundialmente, devido as altas eficiências atingidas no tratamento, para remoção e estabilização da matéria orgânica, em conjunto com a menor demanda de área para construção do sistema, quando comparado a outros sistemas de tratamento (BENTO *et al.*, 2005).

Esse tipo de sistema funciona por meio da aceleração da oxidação e decomposição da matéria orgânica presente no efluente, processo que ocorreria

naturalmente nos corpos d'água pelo processo de autodepuração (FERREIRA, CARAIOLA, 2008).

Na indústria frigorífica, os sistemas de tratamento por lodos ativados são alternativas para o tratamento e estabilização da matéria orgânica, havendo alta produção de lodo, que pode ser recirculado no sistema ou disposto em leitos de secagem e posteriormente disposto em aterro sanitário licenciado.

### 3.3.3.1 Lodo Biológico

Um dos principais resíduos gerados no tratamento de efluentes industriais da indústria frigorífica é o lodo biológico. Caracterizado por grandes quantidades de matéria orgânica, o descarte de lodo biológico, em aterros sanitários, gera altos gastos às empresas. Porém esse lodo possui grande quantidade de biomassa que pode ser utilizada na geração de energia térmica e elétrica dentro das plantas industriais, devido a seu elevado potencial calorífico.

O lodo pode ser utilizado juntamente com o cavaco ou a lenha em caldeiras, afim de produzir energia térmica, energia elétrica e vapor para as linhas de produção, diminuindo, dessa forma, gastos com o seu descarte serão minimizados, além do aproveitamento energético do mesmo (MENEHINI, PROINELLI, 2015). Porém destaca-se o alto consumo energético para que o lodo seja seco para utilização nas caldeiras.

Além disso, o lodo proveniente do tratamento de efluentes industriais de frigoríficos avícolas pode ser tratado através do processo de compostagem, possibilitando que os resíduos de lodo aplicados no processo sejam transformados em adubo orgânico que pode ser utilizado na agricultura, sendo assim uma prática economicamente viável para o tratamento e descarte de lodo (RODRIGUES et. al, 2013).

## 3.4 ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA OU PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO APLICADA NO SETOR

Conforme visto anteriormente, o setor agroindustrial de abate e industrialização de carne, utiliza em seu processo grandes quantidades de água devido a processos de lavagem contínua, refrigeração e manutenção da linha produtiva (CAMARGO e al., 2016). Considerando-se a indústria frigorífica do abate de aves, há grande

demanda de água nas etapas de resfriamento e pré-resfriamento, nos chamados *chillers* (NUNES, 1998).

Nos *chillers*, ocorre o processo de resfriamento do produto final do abate das aves, sendo a parte do processo produtivo que mais consome água, representando cerca de 35% do consumo total nas indústrias dessa tipologia industrial (SIEPE, 2017).

Conseqüentemente, é gerada grande quantidade de efluentes líquidos, que deverão ser previamente tratados antes do descarte. Assim, visando a redução da produção de efluentes líquidos e utilização de água, as indústrias buscam alternativas que possibilitem tal redução. Entre as alternativas que podem ser apresentadas, a principal delas seria o reuso de efluente tratado em atividades tais como limpeza de pátios e caminhões, diminuindo assim a demanda de água. O reuso de água na etapa de resfriamento (*chillers*), também surge como alternativa para a redução significativa do consumo deste insumo tão importante no processo produtivo (SIEPE, 2017). Porém, são apresentadas ainda outras formas de redução do consumo de água, conforme apontam Camargo, Henkes e Rossato (2016), tais como utilização de redutores de vazão em linhas de higienização, utilização de bicos de pressão em mangueiras, entre outras alternativas.

Dessa forma, é possível diminuir a demanda de água e a produção de efluente líquido na indústria, prevenindo, dessa forma, a poluição mediante a atividade. Também como forma de prevenção da poluição, surge como alternativa o monitoramento constante de alguns parâmetros através da instalação de equipamentos simples, tais como condutivímetros e pHmetros. Assim, é possível monitorar indiretamente a quantidade de sólidos dissolvidos totais (UFRGS, 2017), tendo assim maior controle sobre o tratamento. Além disso, ao monitorar o pH constantemente pode-se notar qualquer alteração brusca no mesmo, evitando que as condições no tratamento biológico sejam bruscamente alteradas, impossibilitando grandes alterações na eficiência do tratamento além da mortandade da massa microbiana.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE TRABALHO

A HG Foods é um grupo do ramo alimentício que é descendente do antigo grupo Friall, que iniciou suas atividades no ano de 1969. O grupo é formado por cinco indústrias localizadas em Minas Gerais. A unidade de São Joaquim de Bicas, foi a primeira unidade a ser implantada, onde se abatem bois e porcos. As unidades de Pitangui e Martinho Campos, são responsáveis pela incubação e crescimentos das aves, incubatório de ovos e duas granjas. E por fim, em Santa Luzia, existe a unidade responsável pelo abate e industrialização da carne de frango.

O trabalho será realizado na empresa HG Foods - EPP, antigo Frigorífico Alvorada Ltda, localizada na rua José Calixto, 400, em Santa Luzia, Minas Gerais (Figura 4). Com cerca de 500 funcionários, nessa planta industrial é realizado o abate e industrialização da carne de frango, onde são abatidas 60.000 cabeças de frango por dia e industrializadas 35 toneladas de carne de frango por dia.

Figura 4 - Localização HG Foods – EPP.



Fonte: Google Earth.

### 4.2 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos adotados para avaliação do desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes líquidos industriais da HG Foods – EPP, são descritos a seguir:

#### **4.2.1 Análise Estatística e Descritiva da Qualidade do Efluente e do Desempenho Ambiental**

A caracterização do efluente bruto se deu através das análises de efluente do empreendimento da série histórica entre janeiro de 2014 a março 2016. Foi realizada uma média da concentração dos parâmetros desejados, medidos durante o período já citado, para determinar a concentração dos mesmos no efluente, comparando o resultado com a bibliografia. Para a caracterização do efluente tratado foram analisados os resultados das análises de janeiro de 2014 até abril de 2018.

Os dados do monitoramento ambiental dos efluentes líquidos do empreendimento, que ocorre mensalmente segundo exigido na Licença de Operação Corretiva (LOC) emitida pelo órgão ambiental pertinente, foram disponibilizados pelo empreendimento.

Para realizar a análise de desempenho ambiental da ETE do empreendimento houve a compilação e tratamento estatístico dos resultados obtidos nas análises laboratoriais durante uma série histórica de janeiro de 2014 a abril de 2016, em função da remoção da carga de poluentes presentes no efluente industrial, bruto e tratado, uma vez que após 2016 o empreendimento aderiu ao Programa de Recebimento de Efluentes Não-Domésticos da COPASA. Identificou-se os pontos mínimos, médios e máximos para a concentração dos poluentes no efluente, bem como as eficiências de remoção do sistema de tratamento de efluentes, para o período de janeiro de 2014 a março de 2016, conforme Oliveira e Von Sperling (2005). Foram tratados separadamente cada um dos parâmetros analisados no monitoramento ambiental do empreendimento.

#### **4.2.2 Metodologias de Análise Utilizadas**

Na Tabela 2 são apresentadas as metodologias de análise utilizadas pelo laboratório responsável pelas análises do efluente do empreendimento durante toda a série histórica avaliada.

Tabela 2: Metodologias de Análise Utilizadas pelo Laboratório Responsável pelas Análises.

<b>Parâmetro Analisado</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Metodologia de Referência Utilizada</b>
Alumínio Total	mg/L	SMEWW - 3111
Amônia	mg NH <sub>3</sub> /L	SMEWW - 4500 NH <sub>3</sub> C
ATA - Substâncias Tensoativas	mg/L	SMEWW - 5540 C
Chumbo Total	mg/L	SMEWW - 3111
DBO	mg/L	SMEWW - 5210 B
DQO	mg/L	SMEWW - 5220 D
Ferro Solúvel	mg/L	SMEWW - 3111
Fósforo Total	mg P/L	SMEWW - 4500-P A, B e E
Gorduras, Óleos e Graxas	mg/L	SMEWW - 5520 B
Índice de Fenóis	mg/L	SMEWW - 5530 C
Mercúrio Total	mg/L	SMEWW - 3112
N Amoniacal Total	mg N/L	SMEWW - 4500 NH <sub>3</sub> C
pH	-	SMEWW - 4500 H + B
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	SMEWW - 2540 D
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	SMEWW - 2540 F
Sulfato	mg/L	SMEWW - 4500-SO <sub>4</sub> 2-E
Sulfeto Total	mg/L	SMEWW - 4500-S <sub>2</sub> -D
Zinco Total	mg/L	SMEWW - 3111

**Fonte:** Akvos Laboratório Ambiental.

**\*SMEWW:** Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater.

### 4.3 PROPOSIÇÃO DE ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Para proposição de alternativas de produção mais limpa para o empreendimento, houve revisão bibliográfica sobre aspectos do processo produtivo que poderiam ser melhorados a fim de alcançar sempre o princípio de melhoria contínua do desempenho ambiental do empreendimento.

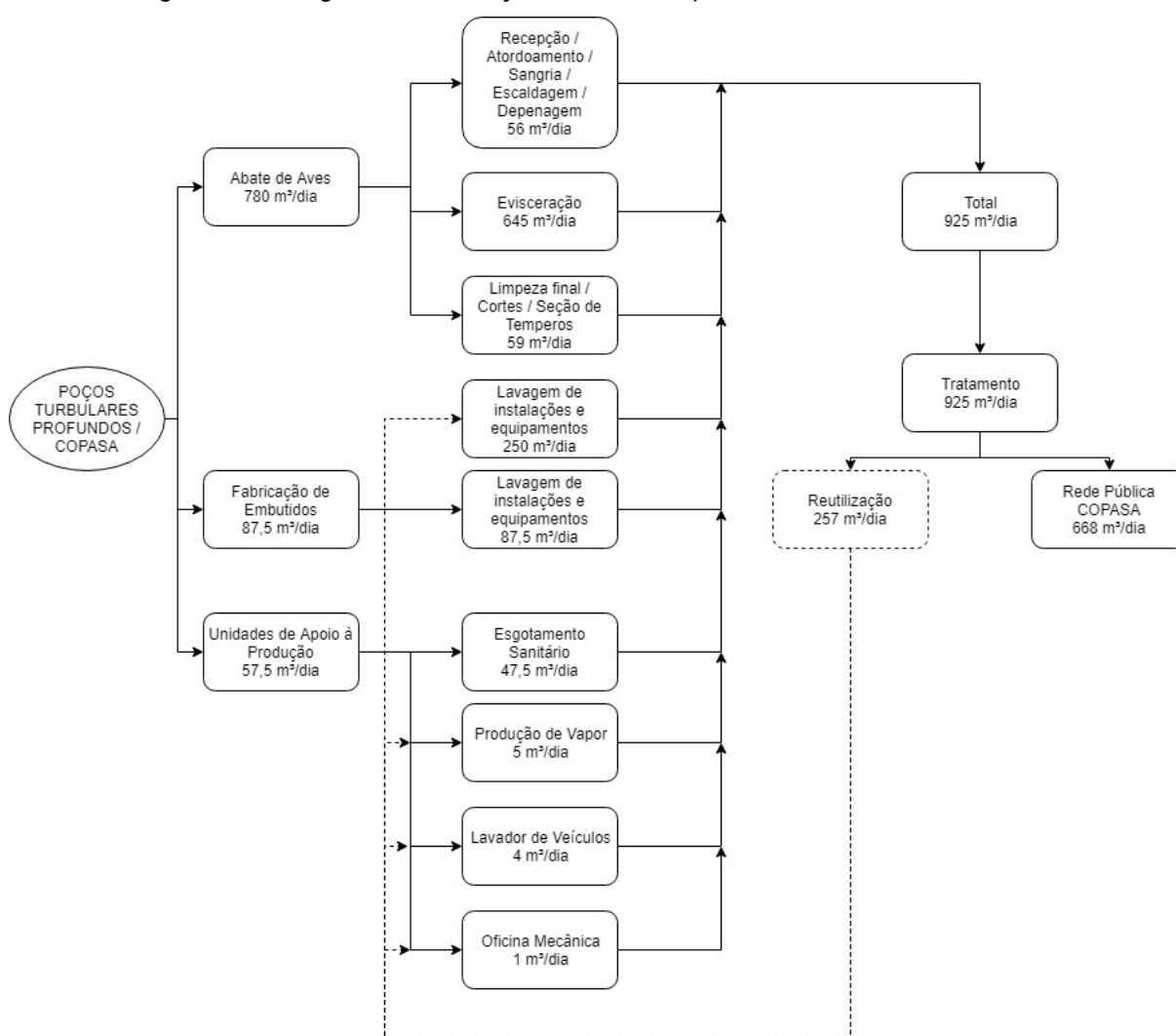


## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 DESCRIÇÃO DO ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO DO EMPREENDIMENTO

São gerados no total, provindos do abate, industrialização e setores de apoio à produção, 925 m<sup>3</sup>/dia de efluentes líquidos, conforme fica exposto no balanço hídrico do empreendimento, apresentado na Figura 5:

Figura 5 - Fluxograma do balanço hídrico do empreendimento HG Foods - EPP.



Fonte: Própria.

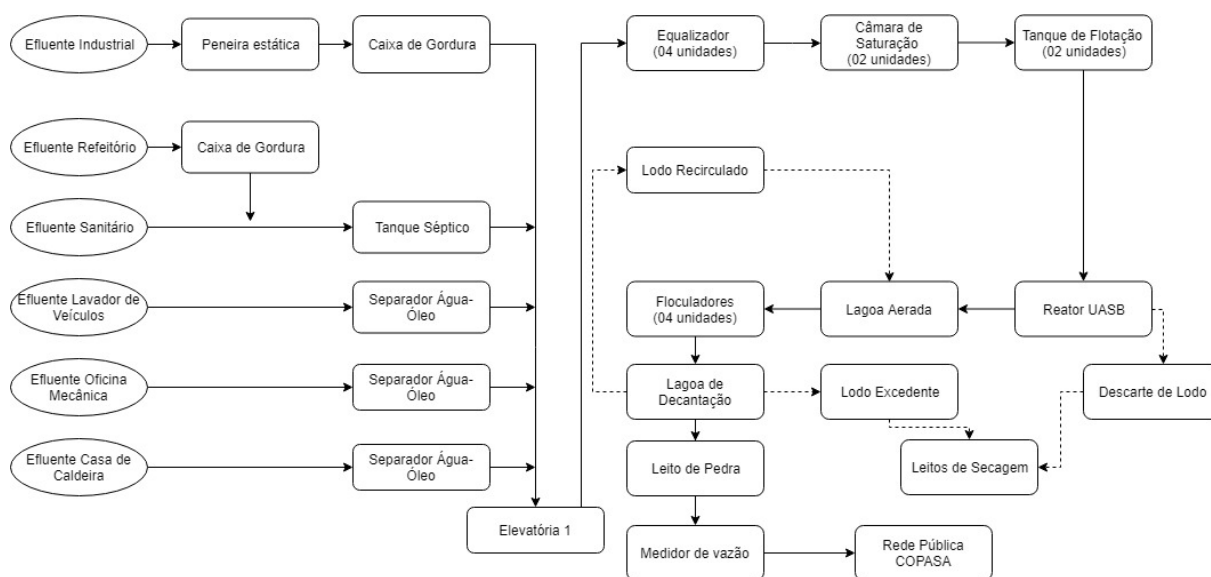
O efluente é então direcionado ao sistema de tratamento de efluentes industriais instalado dentro dos limites do empreendimento. O sistema é constituído pelas

seguintes etapas e sua organização pode ser observada a seguir apresentado na Figura 6 e a função de cada etapa e processo unitário é apresentado na Tabela 3:

Tabela 3: Funções das etapas e processos unitários que constituem o sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento.

<b>Nível de Tratamento</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Função</b>
<b>Preliminar</b>	Peneira Estática	2	Remoção de sólidos grosseiros provindos do processo afluente ao tanque de equalização, visando a não corrosão e acúmulo de sólidos nas tubulações do sistema.
	Caixa de Gordura	2	Remoção objetos maiores na água servida e excesso de graxas e gorduras que possam provocar problemas ao tratamento de água subsequente.
	Tanque-Séptico	1	Sedimentação dos sólidos e redução da carga orgânica dos efluentes sanitários.
	Tanque de Equalização	1	Equalização a vazão no decorrer do tratamento dos efluentes.
	Caixa Separadora Água-Óleo	1	Retenção de óleos, graxas e sabões do efluente, afim de enquadrar o efluente preliminar de oficinas, lava-jatos, entre outros ao restante do tratamento.
<b>Primário</b>	Flotadores com Câmaras de Saturação	2	A câmara de saturação injeta no efluente, bolhas de ar que se prendem às partículas em suspensão e as fazem flotar. Dessa maneira, através da retirada periódica do material flotado há a redução de sólidos suspensos e consequentemente material orgânico do efluente.
	Floculadores	4	Formação de flocos mais pesados afim de acelerar o processo de sedimentação nos decantadores.
	Lagoa de Decantação	1	Sedimentação do material ainda em suspensão no efluente.
	Leito de Pedra	1	Retenção dos sólidos suspensos no efluente pela adsorção no meio filtrante.
	Leitos de Secagem de Lodo Biológico	10	Secagem e diminuição do volume de lodo produzido em reator anaeróbico e lagoa aerada.
<b>Secundário</b>	Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (UASB)	1	Estabilização da matéria orgânica presente no efluente por processos anaeróbios.
	Lagoa Aerada com Zona de Decantação	1	Estabilização da matéria orgânica presente no efluente por processos aeróbios.

Figura 6 - Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes do empreendimento.



Fonte: própria.

O lodo excedente é direcionado ao aterro sanitário de Macaúbas e os efluentes são então lançados à rede pública da COPASA, sob contrato pelo programa PRECEND, assinado no ano de 2015 e implementado no início de 2016. Dessa forma, o monitoramento ambiental posterior a data do contrato consta apenas análises do efluente já tratado, enquanto anterior à data de assinatura do contrato as análises de efluentes líquidos são tanto do efluente bruto, bem como do efluente tratado, visto que o despejo era realizado em corpo hídrico.

O monitoramento ambiental dos efluentes líquidos é realizado mensalmente conforme previsto em condicionante da licença de operação do empreendimento e deve atender aos limites estabelecidos em legislação.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DO EMPREENDIMENTO

### 5.2.1 Caracterização Qualitativa do Efluente Bruto

A caracterização do efluente bruto se deu por meio da análise da série histórica já apresentada dos resultados disponibilizados pelo laboratório responsável pelos testes laboratoriais do empreendimento. A caracterização média do efluente bruto de janeiro de 2014 até março de 2016, é apresentada na Tabela 4, abaixo:

Tabela 4: Caracterização média do efluente bruto de janeiro de 2014 até março de 2016.

**Caracterização Média do Efluente Bruto**

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
DBO5 (mg/L)	1562
DQO (mg/L)	2755,1
OG (mg/L)	254,2
Sólidos Suspensos (mg/L)	733,4
pH	7,0
Temperatura (°C)	22,9

**Fonte:** Akvos Laboratório Ambiental Ltda.

A carga orgânica média presente no efluente bruto do empreendimento encontra-se em acordo com a literatura com valores entre 1.500 e 5.500 mg/L de DBO e de 2.000 a 7.400 mg/L de DQO, conforme encontrado por Dasmaceno (2009) e Schatzman (2009). A relação de DBO/DQO do efluente é de aproximadamente 0,6, o que indica boa biodegradabilidade do mesmo. Dessa forma, segundo Von Sperling (2017), aplicando-se o tratamento biológico para tal efluente os índices de remoção serão satisfatórios. Os valores encontrados para sólidos suspensos também encontram-se dentro dos limites encontrados na literatura.

A presença de substâncias oleosas também se encontra dentro dos valores esperados, sendo que a concentração desse parâmetro pode variar bastante de indústria para indústria, variando segundo os processos de produção e presença ou não de unidades de apoio, tais como oficinas mecânicas e lavadores de veículos, por exemplo.

O pH encontra-se neutro ou bem próximo disso, não oferecendo, portanto, grandes riscos ao meio ambiente, apenas necessitando correção caso sofra alterações no tratamento. Além disso, o tratamento biológico depende de uma faixa ótima de pH para que os processos metabólicos dos microrganismos responsáveis pela degradação dos poluentes possam ocorrer de forma satisfatória (VON SPERLING, 2017). A temperatura do efluente também não oferece grandes riscos ambientais, o que gera sua variação é a própria sazonalidade durante o ano. Isso pode interferir na eficiência do processo de tratamento, uma vez que a temperatura

pode interferir diretamente na atividade metabólica dos microrganismos responsáveis pela degradação dos poluentes no tratamento do efluente.

Dessa forma, foi possível constatar que o efluente possui alto potencial poluidor caso descartado de maneira inadequada e sem um pré-tratamento. Podendo ocasionar diversos impactos ambientais na água e no solo principalmente. Assim, o bom funcionamento do sistema de tratamento de efluentes do empreendimento deve ser satisfatório para a remoção dos poluentes em questão.

### 5.2.2 Caracterização Qualitativa do Efluente Tratado

A caracterização do efluente tratado se deu através da análise da série histórica já apresentada dos resultados disponibilizados pelo laboratório responsável pelos testes laboratoriais do empreendimento. A caracterização média do efluente tratado de janeiro de 2014 até abril de 2018, é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Caracterização média do efluente tratado de janeiro de 2014 a abril de 2018.

<b>Caracterização Média Efluente Tratado</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
DBO5 (mg/L)	67
DQO (mg/L)	287,1
OG (mg/L)	11,4
Sólidos Suspensos (mg/L)	174,8
pH	7,0
Temperatura (°C)	25,5

**Fonte:** Akvos Laboratório Ambiental Ltda.

A concentração média do efluente tratado do empreendimento encontra-se em acordo os valores encontrados por Gil (2010) e Bongioiolo (2011) (Tabela 6), para efluentes tratados de abatedouros de aves, tendo inclusive um desempenho superior em relação às eficiências de remoção encontradas pelos autores citados.

Os valores encontrados como resultados das análises do monitoramento ambiental do empreendimento mostram grande remoção dos poluentes em questão, o potencial poluidor do efluente é amenizado e possibilita o descarte adequado do

mesmo na rede pública coletora da COPASA, conforme contrato assinado com o Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos – PRECEND.

Tabela 6 - Caracterização efluente tratado de abatedouros de aves na literatura

<b>Caracterização Média Efluente Tratado</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>Gil (2010)</b>	<b>Bongiolo (2011)</b>
	<b>Valores</b>	<b>Valores</b>
DBO5 (mg/L)	12 - 19	183
DQO (mg/L)	27 - 64	587
OG (mg/L)	< 30	23,8
Sólidos Suspensos (mg/L)	8 - 30	63
pH	7 – 7,3	6,3
Temperatura (°C)	< 40	20

**Fonte:** própria.

### 5.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO EMPREENDIMENTO

A fim de determinar o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes líquidos do empreendimento, foram analisadas as eficiências de remoção dos poluentes apresentados, além da discussão sobre os limites exigidos nas legislações ambientais pertinentes, levando em consideração a série histórica estudada. É possível observar as remoções percentuais médias dos poluentes do efluente bruto, na Tabela 7, abaixo:

Tabela 7: Percentual médio de remoção de poluentes.

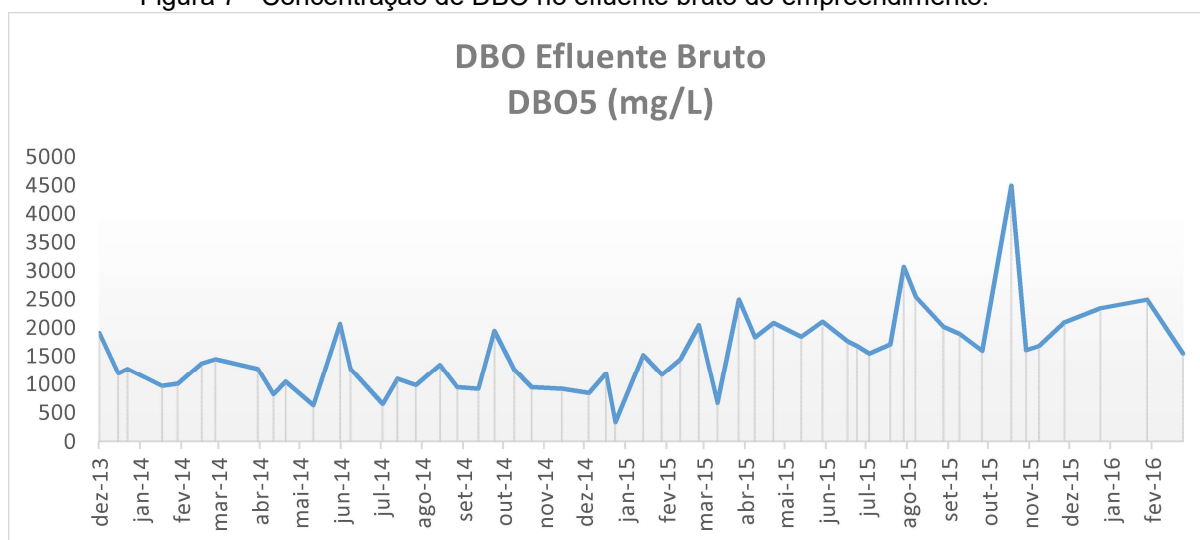
<b>Percentual Médio de Remoção de Poluentes</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
Eficiência Remoção DBO5	95%
Eficiência Remoção DQO	89%
Eficiência Remoção SS	75%
Eficiência de Remoção OG	95%

**Fonte:** própria.

### 5.3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

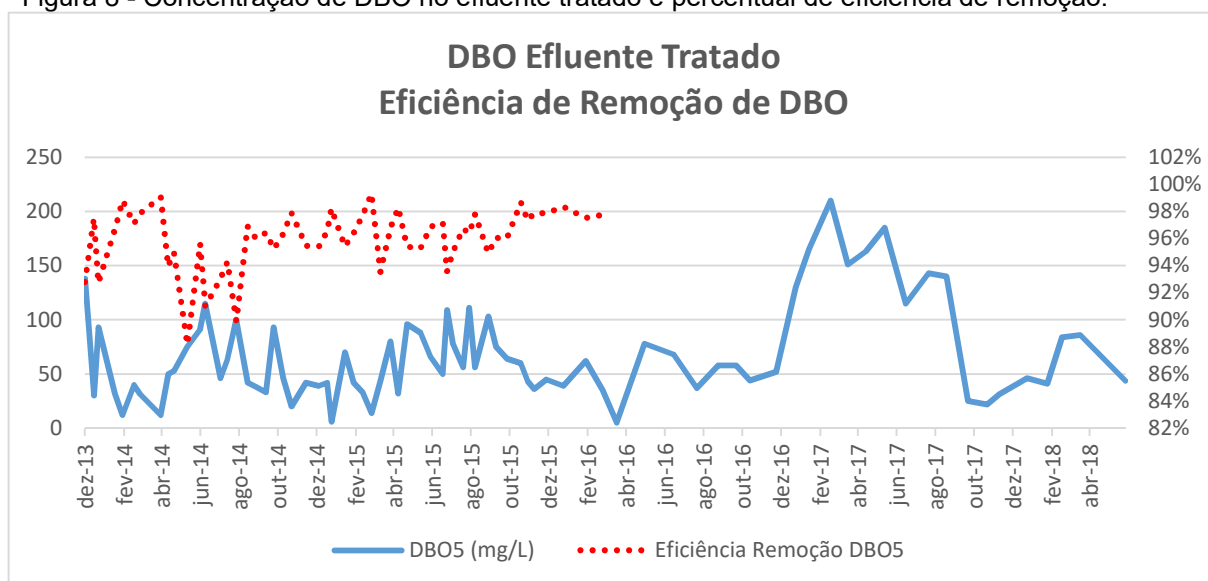
Conforme exposto anteriormente, a DBO é a quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica biodegradável tanto na forma dissolvida como na forma coloidal (GIORDANO, 2001). Dessa forma, para determinar o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes líquidos do empreendimento, observou-se o percentual médio de remoção de DBO durante toda a série histórica estudada. É possível observar as concentrações de DBO no efluente bruto, na Figura 7. Já na Figura 8, é possível observar as concentrações de DBO no efluente tratado, bem como o percentual de remoção, durante a série histórica estudada.

Figura 7 - Concentração de DBO no efluente bruto do empreendimento.



Fonte: própria.

Figura 8 - Concentração de DBO no efluente tratado e percentual de eficiência de remoção.



Fonte: própria.

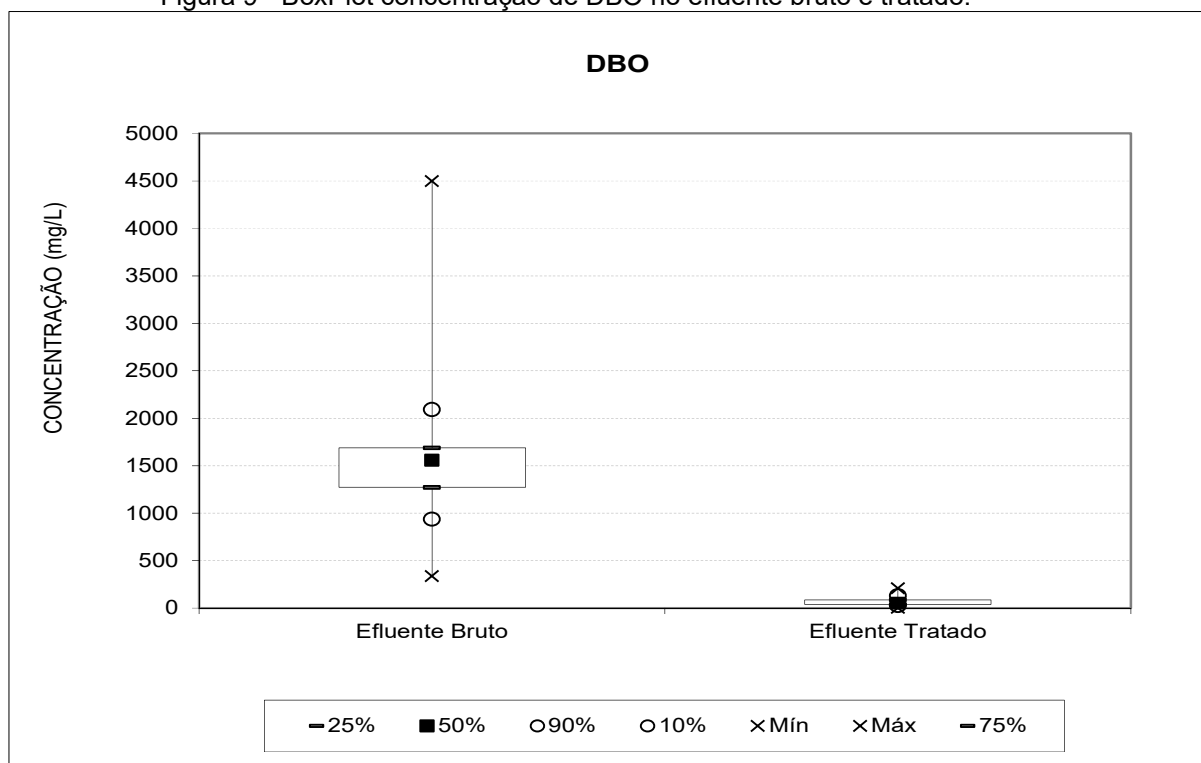
Uma vez que o empreendimento realiza o descarte de seu efluente em rede pública da COPASA desde abril de 2016, o mesmo deve atender aos padrões de lançamento exigidos na Norma Técnica T. 187/5, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes não domésticos na rede pública, e é baseada na Resolução CONAMA 430/2011 e na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008.

Dessa forma, tendo que atender uma média de remoção de 75% e no mínimo 85% de média anual, o sistema de tratamento de efluentes do empreendimento, atende na totalidade das análises observadas os padrões de lançamento, para as análises de janeiro de 2014 a março de 2016. Com o efluente bruto variando entre 338 mg/L e 4.500 mg/L, com média igual a 1.562 ( $\pm 578$ ) mg/L. Tendo valores para o efluente tratado entre 5 mg/L e 210 mg/L, com valor médio de 67 ( $\pm 43$ ) mg/L. Obtendo média de remoção de DBO igual a 95% na série histórica estudada. Na Figura 9, é possível observar a distribuição dos resultados da série histórica em relação a concentração (mg/L) tanto no efluente bruto como no efluente tratado, sendo possível comparar as concentrações médias e constatar que a remoção de DBO do sistema é satisfatória. Já na Figura 10, é possível observar a distribuição das eficiências de remoção de DBO durante a série histórica estudada, e constatar que a mesma encontra-se acima do exigido em legislação em 100% dos resultados. Após o período de março de 2016, o empreendimento inicia o despejo de seu efluente tratado na rede pública da COPASA, e levando-se em consideração a



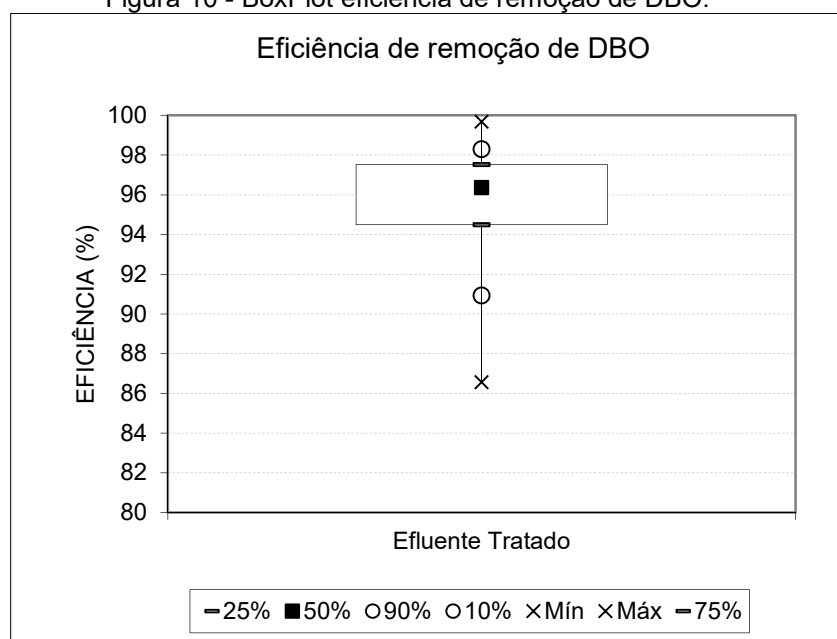
Norma Técnica 187/05 da COPASA, o empreendimento também atende a seus parâmetros de lançamento segundo contrato firmado entre a HG Foods e a COPASA.

Figura 9 - BoxPlot concentração de DBO no efluente bruto e tratado.



Fonte: própria.

Figura 10 - BoxPlot eficiência de remoção de DBO.



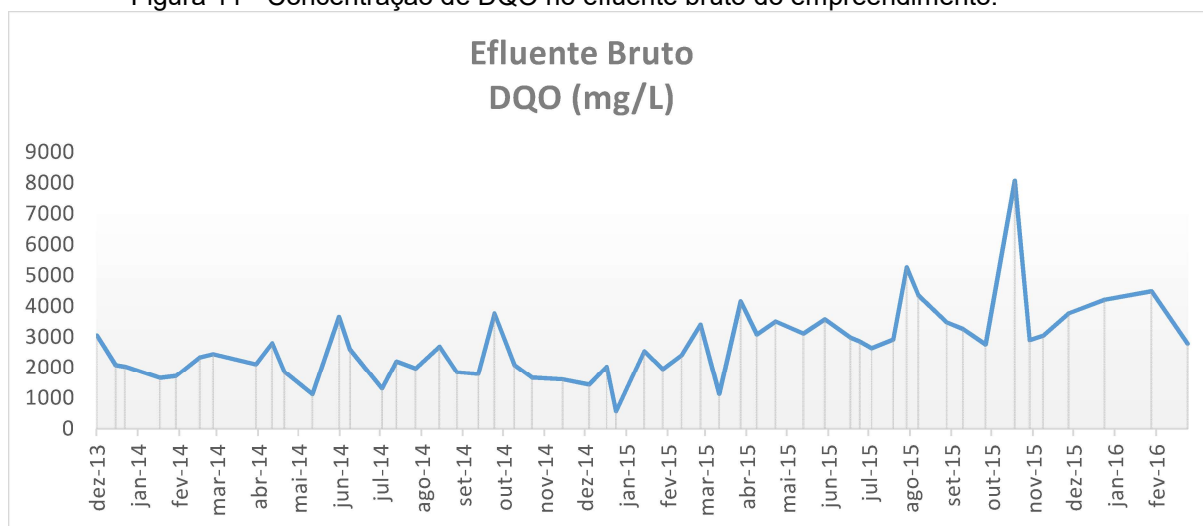
Fonte: própria.

Comparando-se com as eficiências de remoção de DBO encontradas por Gil (2010), média de 85%, e Tré et. al. (2015), média de 96 %, o sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento possui bom desempenho, com média de remoção de aproximadamente 96,5% de remoção de DBO. Dessa forma, o desempenho ambiental do sistema de tratamento do empreendimento encontra-se satisfatório em se tratando da remoção de DBO.

### 5.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

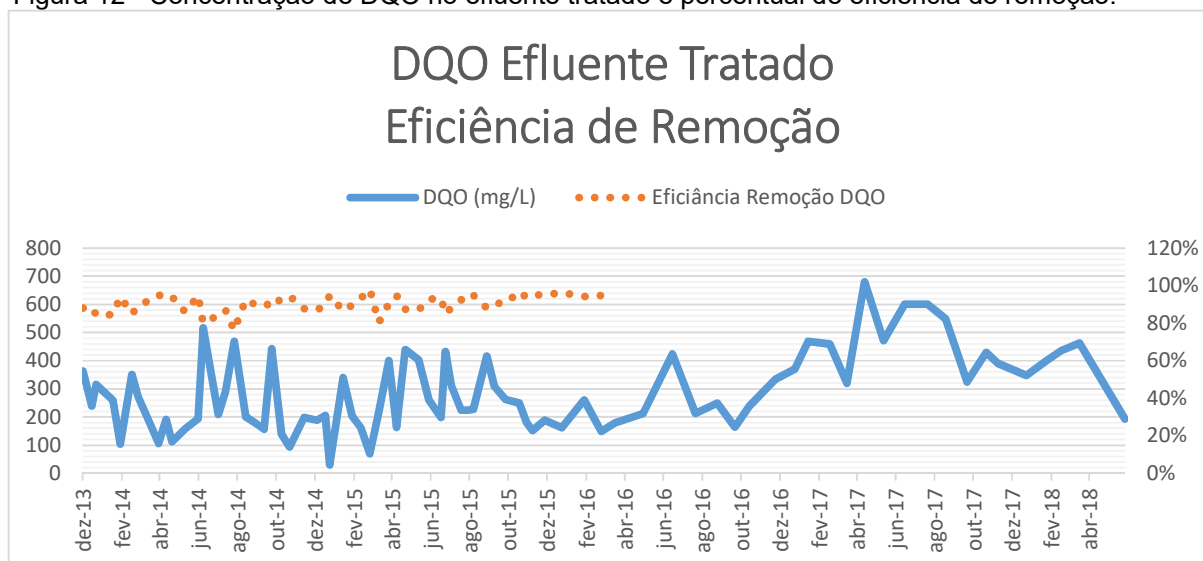
Conforme exposto anteriormente, a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para degradação química de toda a matéria orgânica presente no efluente (GIORDANO, 2001). Dessa forma, para determinar o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes líquidos do empreendimento, observou-se o percentual médio de remoção de DQO durante toda a série histórica estudada, até março de 2016. É possível observar as concentrações de DQO no efluente bruto, na Figura 11. Já na Figura 12, é possível observar as concentrações de DQO no efluente tratado, durante a série histórica estudada, bem como o percentual de remoção, do período de janeiro de 2014 e março de 2016.

Figura 11 - Concentração de DQO no efluente bruto do empreendimento.



Fonte: própria.

Figura 12 - Concentração de DQO no efluente tratado e percentual de eficiência de remoção.

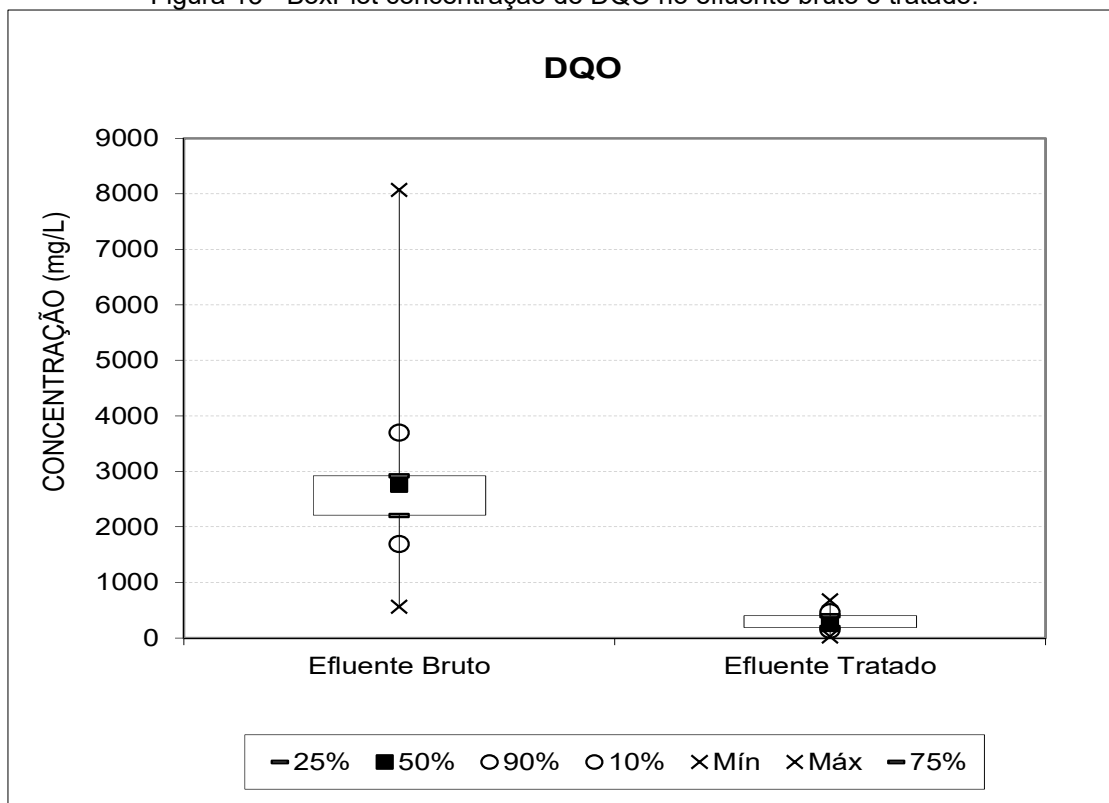


Fonte: própria.

Para atender aos limites exigidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008 sobre o lançamentos de efluentes, o tratamento deve ter um mínimo de eficiência de remoção de DQO de no mínimo 70% e com eficiência anual acima de 75%. Assim, para as análises de janeiro de 2014 a março de 2016, o sistema de tratamento de efluentes líquidos industriais do empreendimento encontra-se, na totalidade das análises, satisfatório. De abril de 2016 a abril de 2018, o empreendimento atende os parâmetros de lançamento exigidos em contrato com a COPASA e às normas de lançamento estabelecidas na Norma Técnica 187/05. Sendo assim, com o efluente bruto variando entre 566 mg/L e 8.080 mg/L, com média igual a 2.755 ( $\pm 999$ ) mg/L. Já o efluente tratado, com valores entre 29 mg/L e 680 mg/L, e valor médio de 287,1 ( $\pm 137$ ) mg/L, o sistema encontra-se operando de forma satisfatória.

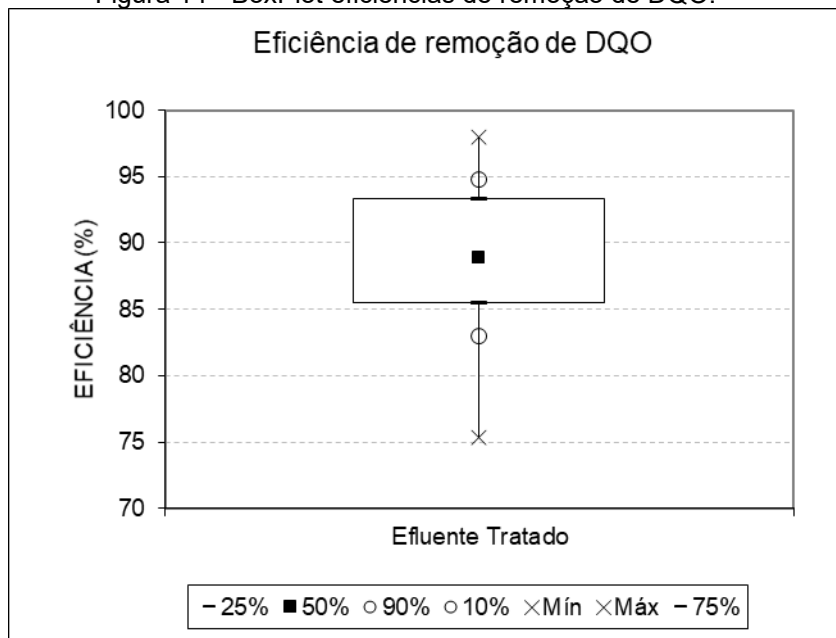
Assim, na Figura 13, é possível observar a variação da concentração de cada efluente, bruto e tratado, durante a série histórica, sendo possível constatar visualmente a remoção de DQO, promovida pelo sistema de tratamento. Já na Figura 14, é possível observar a distribuição das eficiências de remoção de DQO durante a série histórica, sendo possível constatar que a remoção de DQO é satisfatória em 100% dos resultados.

Figura 13 - BoxPlot concentração de DQO no efluente bruto e tratado.



Fonte: própria.

Figura 14 - BoxPlot eficiências de remoção de DQO.



Fonte: própria.

Dessa forma, o desempenho do sistema de tratamento de efluentes do empreendimento encontra-se satisfatório em se tratando do parâmetro de remoção de DQO.

### 5.3.3 Sólidos Suspensos (SST)

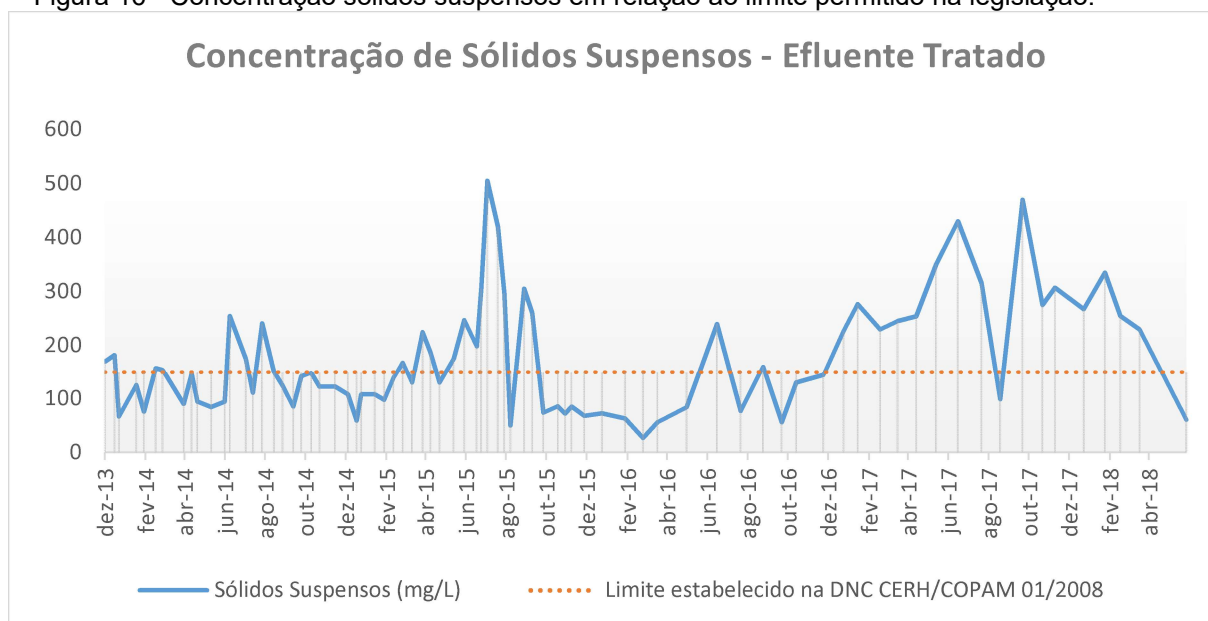
Com intuito de determinar o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes líquidos do empreendimento, observou-se o percentual médio de remoção de sólidos suspensos durante toda a série histórica estudada. É possível observar as concentrações de sólidos suspensos no efluente bruto, na Figura 15. Já a Figura 16 compara os valores de concentrações de sólidos suspensos encontrados no efluente tratado com o limite permitido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, 150 mg/L.

Figura 15 - Concentração de sólidos suspensos no efluente bruto do empreendimento.



Fonte: própria.

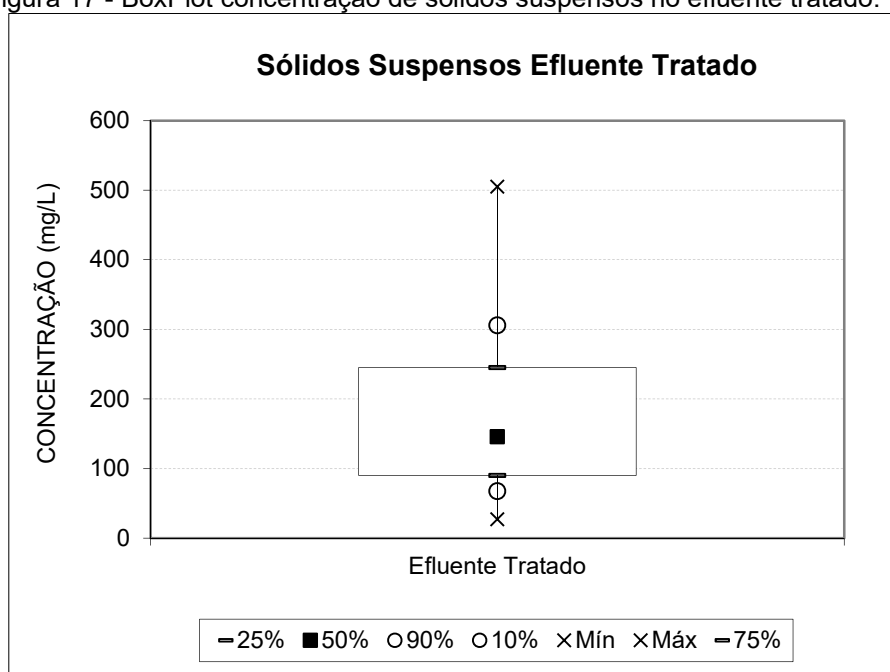
Figura 16 - Concentração sólidos suspensos em relação ao limite permitido na legislação.



Fonte: própria.

Em relação aos sólidos suspensos observa-se que no efluente bruto a concentração desse poluente variou entre 326 mg/L e 1.455 mg/L, com média de 733,4 ( $\pm 225,3$ ) mg/L. Já para o efluente tratado esses valores ficaram entre 27 mg/L e 505 mg/L, com valor médio de 174,8 ( $\pm 105,2$ ) mg/L. Assim, o sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento, apresentou média de remoção de sólidos suspensos de 75%. Porém ao observar a Figura 16 e 17, verifica-se que uma parcela considerável das análises encontram-se acima do permitido na legislação ambiental, 150 mg/L.

Figura 17 - BoxPlot concentração de sólidos suspensos no efluente tratado.



Fonte: própria.

Tal problema pode estar relacionado à concentração real de sólidos suspensos presente no efluente bruto estar em desacordo com a concentração de projeto ou então o excesso de lodo biológico em suspensão presentes nas lagoas. Deve-se então analisar o problema e caso seja identificado, readequar o projeto. Dessa forma, pode ser feita a intensificação na retirada de lodo do sistema, aumentando o número de leitos de secagem presentes na planta de tratamento, ou instalação de um decantador automático. Assim, o parâmetro pode ser novamente ajustado aos limites estabelecidos em legislação.

Outro ponto a se levar em consideração, é a eficiência do processo de floculação da ETE. Caso as condições de mistura ali ou a concentração de floculante utilizado não estiverem satisfatórias a formação dos flocos fica comprometida, o que prejudica

o processo posterior de decantação e causa o acúmulo de sólidos em suspensão no efluente.

Visando o ajustamento desse parâmetro, o empreendimento está realizando a instalação de um equipamento de decantação através do processo de centrifugação, ao lado dos leitos de secagem, conforme Figura 18 e 19. Com a instalação do equipamento haverá intensificação na retirada de lodo do sistema de tratamento.

Figura 18 - Equipamento Decanter para desidratação de lodo.



Fonte: própria.

Figura 19 - Equipamento Decanter para desidratação de lodo.



Fonte: própria.

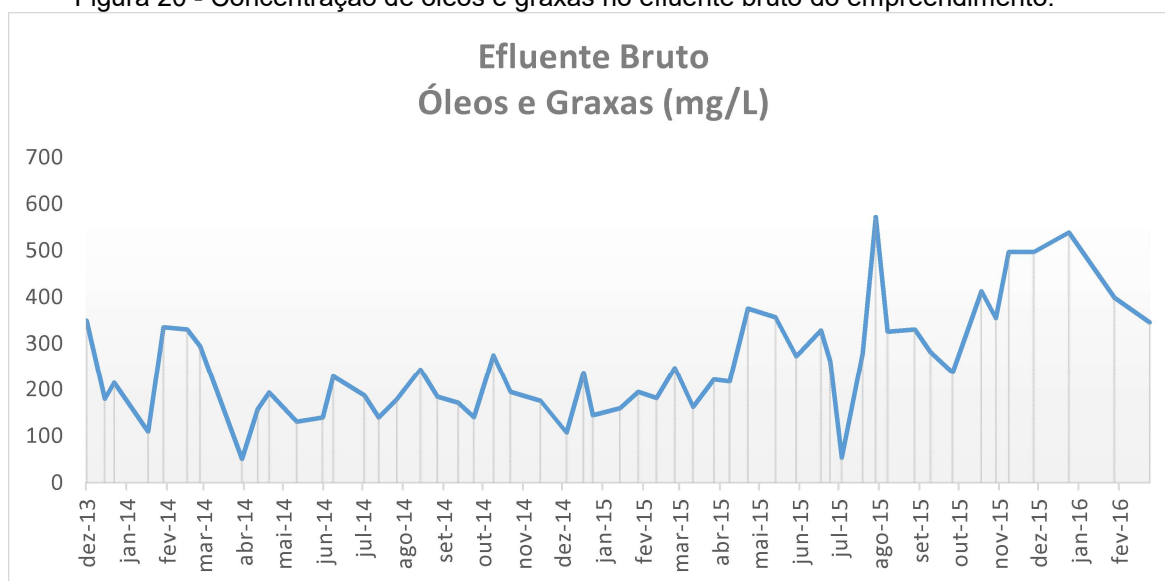
Dessa forma, o desempenho ambiental pode ser considerado insatisfatório, uma vez que em aproximadamente 50% das amostras, a concentração desse poluente no efluente tratado encontrou-se acima dos limites estabelecidos pela legislação. Porém, como exposto o empreendimento já está tomando providências para a adequação contínua desse parâmetro aos limites exigidos por lei.

#### 5.3.4 Óleos e Graxas (OG)

Como exposto anteriormente, o parâmetro de óleos e graxas nos efluentes líquidos, diz respeito a parte líquida do efluente composta por resíduos oleosos, normalmente provenientes de unidades de apoio da produção, como oficinas mecânicas, restaurantes e refeitórios, casas de caldeira, setor de manutenção de equipamentos que utilizem óleo hidráulico e até em matérias-primas do processo industrial (óleo e gordura vegetal) (GIORDANO, 2001). Abaixo, nas Figuras 20 e 21, é possível observar a concentração de óleos e graxas no efluente bruto do empreendimento, bem como a concentração de óleos e graxas no efluente tratado do empreendimento, comparando-a com o limite exigido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, 50 mg/L para óleos de origem animal e vegetal.

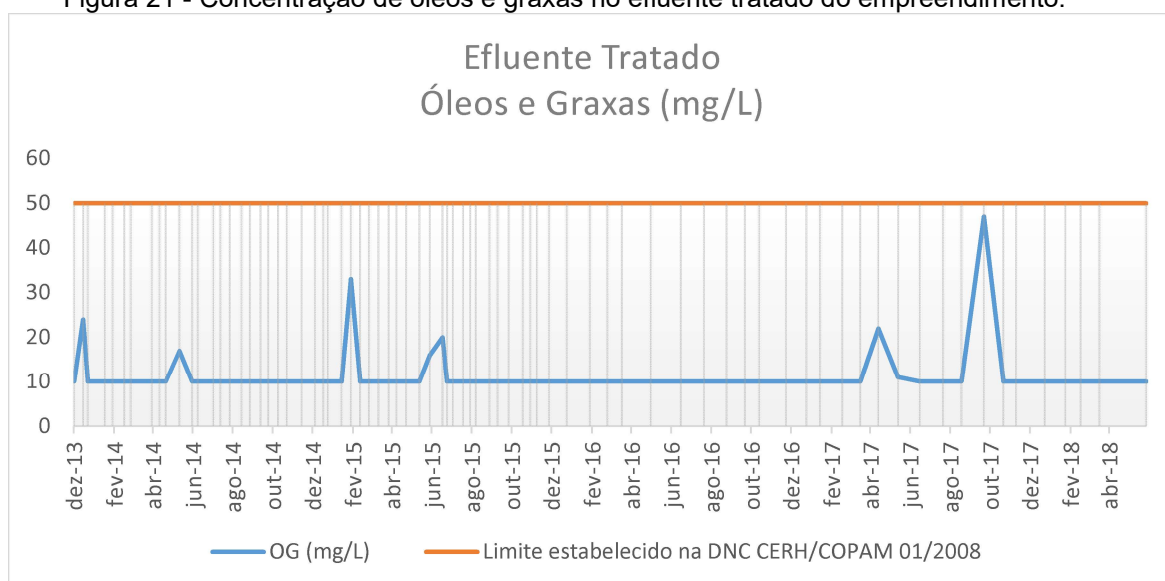


Figura 20 - Concentração de óleos e graxas no efluente bruto do empreendimento.



Fonte: própria.

Figura 21 - Concentração de óleos e graxas no efluente tratado do empreendimento.



Fonte: própria.

Em relação a concentração de óleos e graxas presentes no efluente bruto, observa-se na Figura 20 que houve oscilação entre 51 mg/L e 572 mg/L, tendo uma média de 254,2 ( $\pm 96,1$ ) mg/L. Na Figura 21, observa-se que para 100% das análises o desempenho ambiental de remoção de óleos e graxas do efluente do empreendimento foi satisfatório. As concentrações no efluente tratado oscilaram entre 10 mg/L e 47 mg/L, com média de 11,4 ( $\pm 5,5$ ) mg/L.

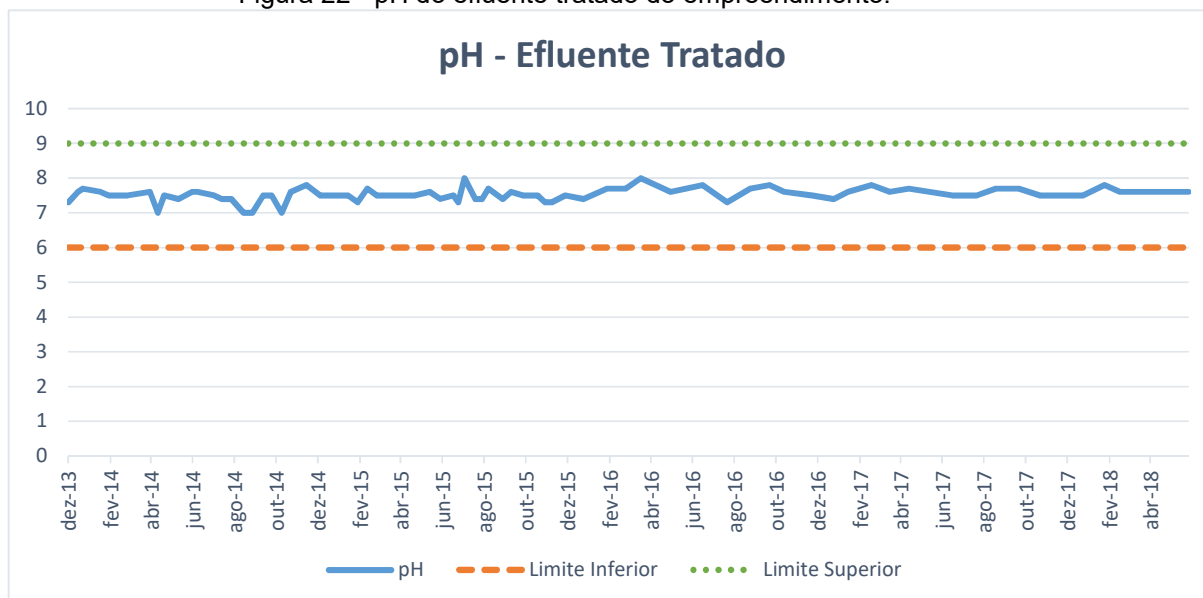
Dessa forma, uma vez que o sistema de tratamento atende ao limite estabelecido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, de 50 mg/L para

oleosos de origem animal, o desempenho ambiental do mesmo para remoção do parâmetro de óleos e graxas encontra-se com ótima eficiência.

### 5.3.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica o caráter ácido ou básico do efluente. É um parâmetro fundamental que determina diretamente a eficiência do sistema de tratamento, uma vez que o mesmo depende de processos biológicos que dependem diretamente do pH para acontecerem (GIORDANO, 2001). Na Figura 22, é possível observar o pH do efluente tratado do empreendimento, bem como os limites de lançamento exigidos na legislação.

Figura 22 - pH do efluente tratado do empreendimento.



Fonte: própria.

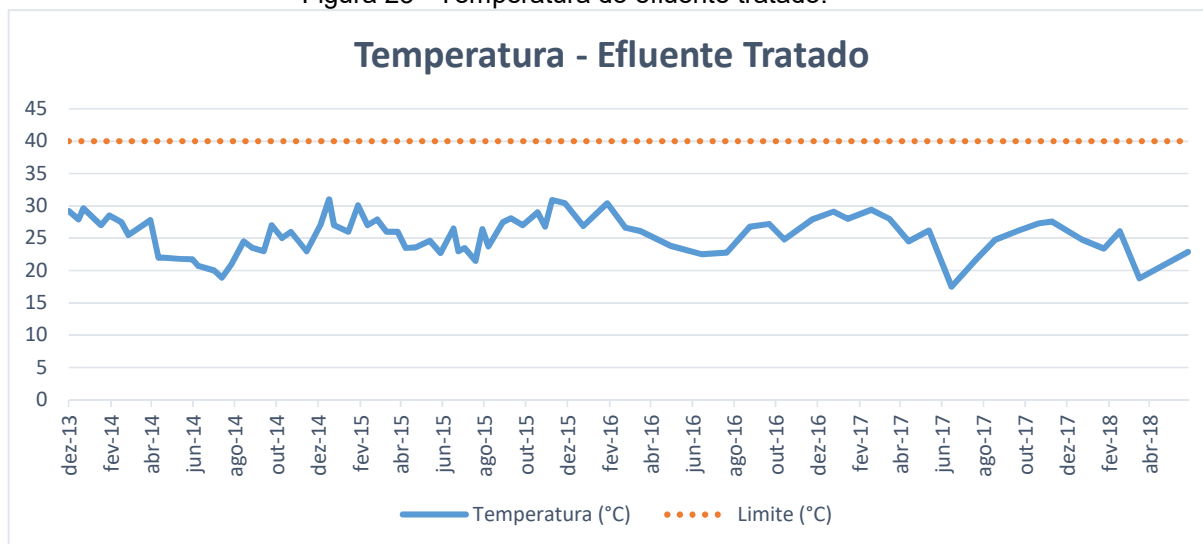
Observa-se que não há grande oscilação de pH durante toda série histórica analisada. O parâmetro oscila entre 7 e 8, mantendo-se sempre dentro dos limites exigidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, 6 (limite inferior) e 9 (limite superior). Dessa forma, o desempenho do sistema de tratamento de efluentes do empreendimento encontra-se satisfatório para o parâmetro de pH.

### 5.3.6 Temperatura (°C)

A temperatura do efluente é de fundamental importância, pois está diretamente relacionada a atividade biológica do sistema. Na Figura 23, observa-se a

temperatura do efluente tratado, comparando-a com o limite de temperatura exigido na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH 01/2008, com limite de 40°C.

Figura 23 - Temperatura do efluente tratado.



Fonte: própria.

Levando em consideração a temperatura do efluente tratado, 100% das análises atenderam os limites de temperatura exigidos na legislação, 40°C. Dessa forma, o desempenho ambiental do sistema de tratamento de efluentes do empreendimento encontra-se satisfatório.

#### 5.4 ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA PASSÍVEIS DE APLICAÇÃO NO EMPREENDIMENTO

Partindo-se do princípio de melhoria contínua do desempenho ambiental, analisando a literatura, busca-se sugerir técnicas ou ideais de produção mais limpa que possam ser implementados no empreendimento, a fim de melhorar o desempenho ambiental não apenas do sistema de tratamento de efluentes, mas também o processo produtivo como um todo.

##### 5.4.1 Utilização de Recursos Hídricos

O empreendimento já faz utilização de técnicas de reuso e uso consciente dos recursos hídricos, além de fazer o controle diário, através da leitura de hidrômetros, do consumo de água do empreendimento como um todo. Dessa forma, levando-se em consideração o balanço hídrico do empreendimento, 925 m<sup>3</sup>/dia, e a produção diária, tem-se uma média de 15,4 L de água/animal abatido, número esse, bem

abaixo da média encontrada na literatura de 23,8 L de água/animal abatido (SILVA, 2007). Essa baixa média apresentada tem como sua principal causa o reuso utilizado dentro do empreendimento, onde 257 m<sup>3</sup>/dia de água são reutilizados no processo, em etapas de apoio da produção e lavagem de pisos e equipamentos. Além disso, o empreendimento ainda faz uso de dispositivos que visam reduzir o consumo de água, tais como bicos de pressão nas mangueiras e aeradores nas torneiras do refeitório e banheiros.

Além disso, a etapa de resfriamento (*chillers*) do produto, durante a produção consome cerca de 320 m<sup>3</sup> de água por dia. Assim, sugere-se o reuso de água entre os *chillers*, possibilitando redução de aproximadamente 30% (SIEPE, 2017). Com isso, o consumo industrial seria ainda mais baixo.

Por fim, visando a melhoria contínua e um maior controle sobre o consumo de água do empreendimento, sugere-se a instalação de hidrômetros em cada etapa produtiva, evidenciando o consumo exato por etapa. Desta maneira, a implementação de ações que visam reduzir o consumo de água é facilitada, pois fica evidente onde está sendo gasto cada metro cúbico.

#### **5.4.2 Dispositivos de Controle Constante**

Visando maior controle sobre a qualidade dos efluentes líquidos e o sistema de tratamento de efluentes industriais, sugere-se o monitoramento constante de alguns parâmetros do efluente líquido através da instalação de dispositivos simples, tais como condutivímetro e pHmetro. Assim, seria possível determinar indiretamente a quantidade de sólidos em suspensão e DBO, gerando maior controle sobre esse parâmetro no efluente e determinando rapidamente quaisquer alterações bruscas nas condições do tratamento, evitando grandes variações na eficiência de remoção dos poluentes do mesmo, consequentemente mantendo boas condições de manutenção da massa microbiana do tratamento biológico.

#### **5.4.3 Disposição Final e Reutilização do Lodo Excedente do Tratamento de Efluentes**

O empreendimento tem uma geração média mensal de aproximadamente 20 toneladas de lodo excedente, provindo dos leitos de secagem. Esse lodo é então direcionado ao aterro sanitário de Macaúbas, recebendo destinação final adequada, porém gerando custos ao empreendimento.

A fim de minimizar esse custo, sugere-se encaminhar o lodo em excesso para unidades de compostagem, com o intuito de gerar um material estável, rico em húmus e que possa ser reutilizado de diversas maneiras. A compostagem pode ser feita com a mistura de lodo excedente com serragem e um composto bacteriano, intercalando isso em camadas até que a altura desejada das leiras seja alcançada (GRAEPIN et. al., 2014). As composteiras podem ser instaladas em uma das fazendas onde ficam localizadas as granjas do grupo e o composto pode também ser utilizados nas culturas de milho mantidas nas fazendas.

Os resultados obtidos por Graepin et. al., apontam que a compostagem com o lodo excedente do abate de aves é eficiente, contendo concentrações de Fósforo (P) e Potássio (K) acima da média quando comparada à compostagem com lixo orgânico, porém concentrações abaixo da média para concentrações de Nitrogênio (N), fazendo-se a mesma comparação, gerando um material inerte e de boa qualidade para o plantio de diversas culturas.

Esses resultados são reforçados por Rodrigues (2013), que implementou o processo de compostagem para o lodo proveniente do abate de frangos, e evidenciou a eficiência do processo como forma de tratamento para o lodo. Rodrigues (2013), entretanto, utilizou a grama Tifton como fonte de carbono e apontou que é necessária uma adequação na relação Carbono (C): Nitrogênio (N), para maior eficiência do processo, uma vez que os resultados encontrados mostraram que a fonte de carbono utilizada tem uma taxa de biodegradabilidade menor que o lodo introduzido. Além disso, Rodrigues (2013) fez uso de um composto que auxilia na biodegradação e evita a proliferação de larvas e insetos no processo, o que reduziu consideravelmente a quantidade de larvas e moscas no processo.

Além disso, evidencia Sunada (2011), a compostagem tem o potencial de reduzir a zero os coliformes totais e termotolerantes presentes no lodo. Isso acontece devido às altas temperaturas atingidas durante as fases da compostagem, concluindo que a compostagem é um tratamento eficiente para o lodo provenientes do abate de aves.

## 6 CONCLUSÃO

Dessa forma, com a descrição detalhada do sistema de tratamento de efluentes industriais e a caracterização dos efluentes bruto e tratado do empreendimento, foi possível elaborar e analisar a eficiência de remoção dos poluentes presentes no efluente industrial, durante a série histórica estudada. Com isso, concluiu-se que o sistema de tratamento de efluentes industriais do empreendimento, encontra-se operando de maneira satisfatória para a remoção dos poluentes, apenas com a ressalva para o parâmetro de sólidos em suspensão onde existem algumas adaptações a serem feitas no sistema, conforme discutido, das quais o empreendimento já está tomando as medidas cabíveis. Então, cabe ao empreendimento dar continuidade ao plano de monitoramento proposto em contrato com o Programa de Recebimento de Efluentes Não-Domésticos da COPASA, a fim de manter o bom desempenho ambiental.

Ainda assim, partindo-se do princípio de melhoria contínua do desempenho ambiental da empresa, com o decorrer do trabalho, sugeriu-se algumas possibilidades para maior controle dos efluentes a partir de uma análise focada na prevenção da poluição, tais como o monitoramento constante de alguns parâmetros do efluente, com a instalação de condutivímetros e pHmetros.

Além disso, sugeriu-se também formas alternativas para disposição final do lodo biológico excedente, provindo dos leitos de secagem, substituindo o descarte em aterro sanitário pelo processo de compostagem. Caso a medida venha a ser adotada, há a possibilidade de diminuição de custos com o descarte do lodo em aterro sanitário, além da possível geração de receita com o material orgânico, produto do processo de compostagem. Porém, para resultados mais conclusivos e precisos é necessária uma análise do lodo do empreendimento a fim de determinar sua composição, para então determinar a efetividade do processo da compostagem no mesmo.

## REFERÊNCIAS

AKVOS LABORATÓRIO AMBIENTAL E DE ALIMENTOS. **Relatório de Ensaios**. Belo Horizonte, 2015-2018.

ARRUDA, V.C.M. **Tratamento Anaeróbio e Gestão de Efluentes Gerados em Matadouros de Bovinos**. 2004. 110f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pernambuco, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual**. São Paulo, 2017.

BENTO et. al. **Caracterização da microfauna em estação de tratamento de esgotos do tipo lodo ativado: um instrumento de avaliação e controle do processo**. São Paulo. Artigo Técnico - Universidade Federal de São Carlos (UFSC), 2005.

BONGIOLO. **Viabilidade do uso do efluente tratado proveniente de abatedouro de frangos como fonte de fertilização em lavoura de arroz irrigado. Estudo de caso: Agrovêneta Indústria de Alimentos S. A.** Criciúma. TCC – Departamento de Engenharia Ambiental da Faculdade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 2011.

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 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. <Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> acesso: 28/07/2018.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BROSTEL, R. C.; NEDER, K. D.; SOUZA, M. A. A. **Análise comparativa do desempenho de estações de tratamento de esgoto do Distrito Federal**. Brasília. UNB – 21º Congresso de Engenharia Ambiental e Sanitária, 2001.

BRASIL, **Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

CAMARGO, J. A.; HENKES, J. A.; ROSSATO, I. F. **Avaliação do consumo de água em abatedouros de aves a redução e ou reutilização de água**. Santa Catarina. Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul, 2016.

CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda. 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **T. 187/5: Lançamento de Efluentes Não Domésticos no Sistema de Esgotamento Sanitário da COPASA**. Belo Horizonte: Sistema de Normalização Técnica Copasa, 2014. 10 p.

COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Tipos de Tratamento**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=61> Acesso: 08/06/2018.

COSTA, L. S.; GARCIA, L. A. F.; BRENE, P. R. A. **Panorama do setor de frango de corte no Brasil e a participação da indústria avícola paranaense no complexo dado seu alto grau de competitividade**. Paraná. IV Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade – SINGEP, 2015.

DALLA COSTA, A. J. **Contratos, novas tecnologias e produtividade do trabalho entre os avicultores do Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Inovação. Rio de Janeiro, p.313-340, 2008.

DAMASCENO et al. **Caracterização e readequação de sistema de tratamento de efluentes de frigorífico de aves**. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Tratamento de Dejetos de Animais. Florianópolis. 2009.

DELWING. **Análise das condições de trabalho em uma empresa do setor frigorífico através de um enfoque macroergonômico**. Porto Alegre. Dissertação para o Programa de Pós-Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

ENGENHO NOVE ENGENHARIA AMBIENTAL. **Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental: HG Foods Ltda**. Belo Horizonte, 2008. 2015 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Guia técnico ambiental de frigoríficos industrialização de carne (bovina e suína) – Série P+L**. São Paulo, 2006.

FERREIRA, F. D.; CARIOLA, M. **Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto**. Paraná. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), 2008.

GIL. **Caracterização do efluente de ETE de abatedouro visando o reúso**. Passo Fundo. TCC – Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo; 2010.

GIORDANO. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Rio de Janeiro. Manual - Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente – UERJ, 2001.

GONÇALVES, R. F. **Lodos de Lagoas de Estabilização em Operação no Espírito Santo: Formação e Características**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Foz do Iguaçu: ABES, jul, 1997. p. 428-438.

GRAEPIN et al. **Compostagem como alternativa para o lodo flotado de abatedouro de aves**. REMOA – Revista de Monografias Ambientais, 2014.

IX SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Caracterização do consumo de água em abatedouros de aves e tilápia**. Santana do Livramento. 2017.



MENECHINI, C.; PROINELLI, R. F. **Análise de Viabilidade da queima de lodo de frigorífico em uma caldeira à lenha**. Santa Catarina. Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba, Edição Especial, p. 7-14, 2015.

MINAS GERAIS, COPAM/CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa Conjunta nº 1, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. <Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/DeliberaNormativaConjuntaCOPAM-CERHno01-2008.pdf>> acesso: 02/08/2018.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental número 07, de 29 de setembro de 1981**. Fixa normas para a disposição de resíduos sólidos no estado de Minas Gerais.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental número 187, de 19 de setembro de 2013**. Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências.

MINAS GERAIS. **Lei Estadual 10.100, de 17 de janeiro de 1990**. Dispõe sobre a proteção contra poluição sonora no estado de Minas Gerais.

NUNES, F. G. **Otimizando o processamento de aves**. Catálogo Brasileiro de Produtos e Serviços. 1998, 8, 200.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. **Avaliação de 166 ETE's em operação no país, compreendendo diversas tecnologias**. Belo Horizonte. UFMG, 2005.

OLIVEIRA. **A dinâmica da estrutura da indústria de carne de frango no Brasil**. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS, 2011.

PACHECO, J.W.; YAMANAKA, H.T. **Guia técnico ambiental de abate (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2008. 95p.

REPÓRTER BRASIL. **A indústria de frango no Brasil**. Disponível em: [https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Monitor2\\_PT.pdf](https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Monitor2_PT.pdf) Acesso: 28/03/2018.

RODRIGUES et. al. **Monitoramento e avaliação de aspectos relacionados à compostagem de lodo de abatedouro de frangos**. Santa Maria. REGET – Revista em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM, 2013.

SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. **Caracterização do consumo de água em abatedouros de aves e tilápia**. Brasil. 2017.

SANCHÉZ. **Gerenciamento ambiental na indústria de mineração**. São Paulo. USP, 1994.

SANTOS et al. **Sistema de tratamento de efluentes de matadouro bovino utilizando lagoas de estabilização**. Goiânia. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011.

SCARASSATI. **Tratamento de efluente de matadouros e frigoríficos**. São Paulo. III Fórum de Estudos Contábeis - UNICAMP (Campinas), 2003.

SCHATZMAN. **Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reuso de água**. Santa Catarina. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2009.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - FEAM. **Diagnóstico ambiental das indústrias de abate do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. FEAM, 2010.

SILVA. **Avaliação da gestão do uso e reuso de água e abatedouro de aves**. Recife. Universidade Federal de Pernambuco – UNP, 2007.

SUNADA. **Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem**. Dourados. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, 2011.

TRÉ, S. M.; QUADROS, K. M.; FRINHANI, E. M. D. **Avaliação da eficiência do tratamento de efluente de frigorífico de aves utilizando o tratamento físico-químico com coagulante à base de tanino e processos biológicos anaeróbios e aerados**. Santa Catarina. Unoesc & Ciência - ACBS Joaçaba, v. 6, n. 2, p. 145-152, jul./dez, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tratamento de esgotos - lagoas**. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lagoas.html#sistlagaermcomp>  
Acesso:11/06/2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS. **De olho nas águas – Medidor de condutividade elétrica para fins de monitoramento ambiental**. Disponível em: [http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado\\_da\\_Arte](http://cta.if.ufrgs.br/projects/medidor-de-condutividade-eletrica-monitoramento-ambiental/wiki/Estado_da_Arte) Acesso: 12/06/2018.

USDA. **Foreing Agricultural Service**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads> . Acesso em: 07 de junho de 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 2017.