

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE
ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

Mariana Alves Pinto Januário

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES DE TRÊS INDÚSTRIAS DE ABATE DE BOVINOS E
SUÍNOS EM MINAS GERAIS: ESTUDO DE CASO**

Belo Horizonte
2012

Mariana Alves Pinto Januário

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE EFLUENTES NO ATENDIMENTO AOS LIMITES LEGAIS DE
LANÇAMENTO, EM TRÊS INDÚSTRIAS DE ABATE DE BOVINOS E
SUÍNOS EM MINAS GERAIS: ESTUDO DE CASO**

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

Área de concentração: Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias

Orientador: Profa. Dra. Silvia Corrêa Oliveira

Co-Orientador: Prof. Artur Tôrres Filho

Belo Horizonte,
2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por sempre iluminar minha mente e meu coração para seguir firme meu caminho e enfrentar os desafios.

Aos meus pais, Carlos e Elisete, meus maiores exemplos de honestidade e amor, e a quem devo tudo nessa vida.

À minha família, em especial minha irmã por sempre estar ao meu lado, não importa qual desafio, e minha tia Elizabeth, pela sabedoria e carinho de mãe.

Ao meu amado noivo, Carlos, pelo carinho, companheirismo, compreensão e pelo apoio incondicional em todas as horas, sejam alegres ou difíceis.

Aos meus amigos, Natália, Júnior e Fernanda, por sempre estarem presentes em minha vida, tornando-a sempre mais leve e divertida.

A todos os meus colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo companheirismo, pelo altruísmo e simplesmente por tornarem a segunda-feira um dia muito mais alegre.

À Vanessa, Daniele, Keite, Damião e Filipe, por mostrarem que uma atividade em grupo pode tornar simples colegas de aula em amigos muito especiais.

À minha Professora orientadora Silvia, pelos ensinamentos repassados, pela paciência e dedicação.

Ao meu chefe, co-orientador e amigo, Artur Tôrres, por transformar situações de tensão em momentos alegres, pelo carinho e pela dedicação em repassar seu conhecimento.

Às empresas Engenho 9, FRIGOBET, MAFRIAL e FRISA, pela disponibilização de dados, possibilitando dessa forma, a elaboração do trabalho.

A todos que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho quanto à remoção de cargas orgânicas de três estações de tratamento de efluentes (ETE) de frigoríficos de abate de bovinos e suínos do estado de Minas Gerais. Foram analisadas campanhas de amostragens dos efluentes líquidos brutos e tratados de cada ETE, avaliando os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos, e Óleos e Graxas.

Os sistemas de tratamento das três ETEs avaliadas são constituídos basicamente por sistemas semelhantes formados por um tratamento preliminar e primário, e por um tratamento secundário (biológico) com lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia, lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação).

Após análise das amostras dos efluentes brutos e tratados, compararam-se os resultados obtidos em relação às concentrações dos quatro parâmetros, bem como o cálculo da eficiência de remoção de cargas orgânicas. Com a obtenção dos resultados, compararam-se os valores com os limites impostos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/08, verificando quais parâmetros e quantos resultados apresentaram violações aos padrões.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, foram relatadas eficiências médias de remoção de DBO de 97,4%, 98,7% e 95,8% e de remoção de DQO de 94,5%, 96,4% e 93,3%, para as estações dos frigoríficos 1, 2 e 3, respectivamente. Para o parâmetro Óleos e graxas apresentou-se um total de 6 violações, sendo que as indústrias 2 e 3 apresentaram 1 violação cada, e a indústria 1 apresentou o maior número de violações, 4 do total. O parâmetro sólidos em suspensão apresentou maior quantidade de valores fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, totalizando 28 violações nas três ETEs avaliadas.

A partir da quantificação das violações encontradas, e quais estações de tratamento apresentaram tais violações, foram realizados testes estatísticos com o intuito de descobrir se existem diferenças significativas entre essas estações.

Palavras chave: Indústrias frigoríficas, efluentes líquidos, carga orgânica.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	III
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	IV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GERAL	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR PECUÁRIO.....	6
3.1.1. Rebanho Bovino.....	7
3.1.2. Rebanho Suíno	9
3.2. PROCESSO INDUSTRIAL DE ABATE DE BOVINOS E SUÍNOS.....	11
3.2.1. Abate de Bovinos	12
3.2.2. Abate de Suínos.....	12
3.2.3. Usos da água.....	13
3.2.4. Fluxogramas do abate de bovinos e suínos com geração dos efluentes.....	14
3.3. SISTEMA DE TRATAMENTO – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	16
3.3.1. Lagoa Anaeróbia	16
3.3.2. Lagoa Aerada de Mistura Completa.....	17
3.3.3. Lagoa de Decantação	17
3.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	18
4. METODOLOGIA.....	22
4.1. INDÚSTRIAS DE ABATE	22
4.1.1. Caracterização das unidades frigoríficas.....	22
4.1.2. Caracterização das Estações de Tratamento de Efluentes.....	23
4.2. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	28
5.1.1. Avaliação de desempenho das estações de tratamento	28
5.1.2. Estatística Descritiva.....	41
5.1.3. Representação gráfica – Box-Whisker.....	42

5.1.4. Comparação Entre As Estações De Tratamento	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE A – TABELAS COM OS VALORES DOS PARÂMETROS DBO, DQO, OG E SS.....	56
APÊNDICE B – TESTE DE HIPÓTESES (KRUSKAL-WALLIS)	65
ANEXO 1 – PROCESSO PRODUTIVO: ABATE DE BOVINOS	68
ANEXO 2 – PROCESSO PRODUTIVO: ABATE DE SUÍNOS.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Principais países produtores de carne bovina.....	7
Figura 2 – Principais países exportadores de carne bovina.....	8
Figura 3-Valores regionais de abate de bovinos (Ano 2011).....	8
Figura 4–Valores regionais de abate de suínos (Ano 2011).....	11
Figura 5 – Fluxograma básico de abate de suínos.....	14
Figura 6 – Fluxograma básico de abate de bovinos.....	15
Figura 7 – Fluxograma geral das estações de tratamento de efluentes.....	26
Figura 8 – Tratamento secundário do frigorífico 1.....	26
Figura 9 – Tratamento secundário do frigorífico 2.....	27
Figura 10- Valores de concentração de DBO ₅ afluente e efluente ao sistema de tratamentodo Frigorífico 1.....	29
Figura 11- Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamentodo Frigorífico 1.....	30
Figura 12 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETEdo Frigorífico 1..	31
Figura 13 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETEdo Frigorífico 1.	31
Figura 14 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na entrada da ETEdo Frigorífico 1.	32
Figura 15 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na saída da ETEdo Frigorífico 1.	32
Figura 16 - Valores de concentração de DBO ₅ afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 2.....	33
Figura 17 - Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamentodo Frigorífico 2.....	34
Figura 18 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETEdo Frigorífico 2..	34
Figura 19 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETE do Frigorífico 2.	35
Figura 20 - Valores de concentração de Sólidos em Suspensão na entrada da ETEdo Frigorífico 2.....	35
Figura 21- Valores de concentração de Sólidos em Suspensão na saída da ETEdo Frigorífico 2.	36
Figura 22 - Valores de concentração de DBO ₅ afluente e efluente ao sistema de tratamentodo Frigorífico 3.....	37

Figura 23- Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 3.....	38
Figura 24 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETEdo Frigorífico 3..	39
Figura 25- Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETEdo Frigorífico 3.	39
Figura 26 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na entrada da ETEdo Frigorífico 3.	40
Figura 27 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na saída da ETEdo Frigorífico 3.	40
Figura 28 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 1.....	42
Figura 29 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 2.....	42
Figura 30 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 3.....	43
Figura 31 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 1.	43
Figura 32 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 2.	44
Figura 33 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 3.	44
Figura 34 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 1.	45
Figura 35 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 2.	45
Figura 36 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 3.	45
Figura 37 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 1.....	46
Figura 38 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 2.....	46
Figura 39 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 3.....	47
Figura 40 – Esfola.	68
Figura 41 – Processo produtivo.....	68
Figura 42 – Processo produtivo.....	69
Figura 43 – Meias carcaças.	69
Figura 44 – Baias dos animais.....	70
Figura 45 – Insensibilização dos animais.....	70
Figura 46 – Sangria.	71
Figura 47 – Escaldagem.	71
Figura 48 – Toalete e chamuscagem.	72
Figura 49 – Transporte aéreo dos animais.....	72
Figura 50 – Serra de carcaça.....	73
Figura 51 – Lavagem das meias-carcaças.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dados de produção anual de carne suína.....	9
Tabela 2 – Dados de exportação anual de carne suína	10
Tabela 3 - Características dos principais sistemas de lagoas de estabilização	18
Tabela 4 - Principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização	18
Tabela 5 - Padrões de lançamento em corpo d'água.	21
Tabela 6–Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 1.	41
Tabela 7 – Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 2.	41
Tabela 8 – Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 3.	41
Tabela 9 – Número de violações das ETES (por parâmetro e totais).....	47
Tabela 10 - Valores médios das concentrações afluentes e efluentes aos sistemas de tratamento.....	48
Tabela 11 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 1 durante os anos 2009, 2010 e 2011.	56
Tabela 12 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 2 durante os anos 2009, 2010 e 2011.	59
Tabela 13 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 3 durante os anos 2009, 2010 e 2011.	62
Tabela 14 - Número de violações aos padrões por estação de tratamento.	65
Tabela 15 - Conversão dos dados em classificações.	66
Tabela 16 – Valores críticos da distribuição H de Kruskal-Wallis	67

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ETE	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
CERH	CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
COPAM	CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL
DBO	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DIPOA	DEPARTAMENTO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL
DN	DELIBERAÇÃO NORMATIVA
DQO	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
DAS	SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA
SIF	SERVIÇO DE INSPEÇÃO FEDERAL
SS	SÓLIDOS SUSPENSOS
UASB	“UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET”
OIE	ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE EPIZOOTIAS
OG	ÓLEOS E GRAXAS

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica no Brasil, apesar de bastante significativa, não é uniforme em todos os estados, sendo a região Amazônica a maior responsável pelo volume de água disponível, e a região Nordeste é onde se encontra a maior escassez desse elemento. Apesar de abundante, os recursos hídricos no Brasil encontram-se comprometidos tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, podendo ser evidenciadas as regiões Nordeste e Sudeste (LEITE *et al*, 2005).

De acordo com a Lei 6938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população, além de afetar negativamente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, bem como o favorecimento de condições adversas às atividades sociais e econômicas. Outro conceito mais simplificado para poluição das águas (von SPERLING, 2005) é a adição de quaisquer substâncias ou de formas de energia que alterem as condições naturais do corpo d'água, causando prejuízos ao uso pelo homem.

O aumento da exploração dos recursos hídricos foi bastante incrementado devido ao crescimento das áreas agricultáveis e da produção industrial (VIDAL, 1997 *apud* REIDEL *et al*, 2005). Juntamente com o aumento na produção de bens de consumo, veio uma elevação na produção de resíduos, e conseqüentemente, no seu descarte no meio ambiente (LEITE *et al*, 2005).

No Brasil, as agroindústrias, destacando-se os matadouros frigoríficos, são uma das maiores fontes potenciais poluidoras do meio ambiente (MEES *et al*, 2009 *apud* THEBALDI *et al*, 2011). Essas indústrias produzem, anualmente, milhões de toneladas de resíduos que são descartados, em sua maioria, na natureza, gerando um acúmulo excessivo de matéria orgânica (HORTA, 2004). Pode-se destacar a contaminação dos cursos d'água a partir do lançamento de efluentes com elevadas cargas orgânicas, além de conterem resíduos ricos em nutrientes (nitrogênio e fósforo), sólidos sedimentáveis e suspensos, e óleos e graxas (MEES *et al*, 2009 *apud* THEBALD *Iet al.*, 2011).

O Brasil consolidou-se como potência de produção e exportação de carne bovina a partir da década de 2000, e quatro anos depois, o país já se encontrava como o maior exportador nesse setor alimentício, mantendo-se nessa posição até hoje. Já como produtor de carne bovina, o Brasil aparece como o segundo maior, responsável por 17,04% da produção mundial, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos, responsável por 20,84% (ABIEC, 2012).

Apesar do ótimo posicionamento no mercado mundial de bovinos, o Brasil ainda se encontra em ascensão quanto à produção e exportação de carne suína, ficando em quarto lugar com 10,35% da exportação mundial, contra 33,58% do primeiro colocado, os Estados Unidos (ABIPECS, 2012).

No panorama nacional, quase metade de todo o rebanho bovino brasileiro concentra-se na região Centro-Oeste, destacando-se o estado do Mato Grosso com 19,91% do total de abates, sendo quase o mesmo índice de toda região Sudeste, região que ocupa o terceiro lugar da produção nacional, responsável por 20,98%. O rebanho suíno apresenta um panorama bastante diferenciado. Enquanto a região Sul, para abate de bovinos, representa um percentual baixo, com apenas 8,61% (ABIEC, 2012), em relação aos suínos, esse número sobe para impressionantes 68,52%, mais da metade da produção nacional. As regiões Sudeste e Centro-Oeste aparecem logo atrás, possuindo ambas pouco mais de 15%, com uma diferença irrisória de 1.648 cabeças por ano a mais para a segunda região (ABISPEC, 2012).

Até alguns anos atrás, o lançamento de resíduos como vísceras, sangue, dentre outros resíduos de elevada carga orgânica, eram diretamente despejados nos rios pelas indústrias frigoríficas (ZILLI, 2006 *apud* CIKOSKI *et al*, 2008), sendo as frações sólidas e líquidas de maior relevância, geradas na sala de bucharia e durante a etapa de sangria (ROSA, 2009). Esse lançamento inadequado de resíduos e águas servidas provenientes dos setores de abate, vem sendo uma preocupação constante para os órgãos ambientais e para a sociedade no geral, isso devido ao grande potencial poluidor (CECCHIN, 2003 *apud* VIEIRA *et al*, 2009).

O tratamento de efluentes é uma importante questão ambiental a ser abordada e que muitas vezes não é devidamente considerada, uma vez que, apesar de estar em evolução, ainda sofre com a visível falta de recursos para investimentos em alternativas tecnológicas de tratamento (ANDRADE & SARNO, 1990 *apud* CIKOSKI *et al*, 2008). Contudo, houve um

aprimoramento nos últimos anos na legislação ambiental, impondo fiscalizações e cobranças mais rigorosas, dessa forma, atribuindo uma mudança comportamental por parte dos empresários do ramo frigorífico (ZILLI, 2006 *apud* CIKOSKI *et al*, 2008).

A primeira legislação brasileira para recursos hídricos, criada em 1934, teve por objetivo principal a instauração de normas para classificação e utilização das águas (BRASIL, 1934 *apud* VENANCIO & KURTZ, 2008). Em 1988, a partir da nova Constituição, as águas superficiais passaram a ser considerados bens do Estado. Já em 1986, foi publicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (1986) a Resolução nº20, responsável pelo enquadramento e classificação dos corpos hídricos em classes, considerando desde as águas doces até as salinas e salobras, condição que não constava nas leis anteriores. Muitos anos depois entrou em vigor a Resolução nº357 do ano de 2005, destacando-se pela abrangência e amplitude, além de determinar a classificação dos corpos d'água e as condições e padrões de lançamento (VENANCIO & KURTZ, 2008). Seis anos depois foi definida a Resolução nº430, revogando parcialmente a Resolução anterior, a 357/05, alterando, por exemplo, alguns padrões de lançamento, tornando a legislação mais restrita.

Contudo, alguns estados possuem sua própria legislação ambiental, como no caso de Minas Gerais com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01, de 05 de maio de 2008, a qual estabelece padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos mais restritivos que a legislação federal. Apesar do maior rigor da legislação federal e estadual, ainda são visíveis algumas falhas, principalmente quanto à fiscalização e à cobrança do cumprimento das leis.

O constante progresso e desenvolvimento que as indústrias de abate frigorífico vêm passando nos últimos anos têm beneficiado bastante a economia nacional, em contrapartida, o alto potencial poluidor desse setor tem se mostrado motivo de preocupação para a sociedade. Os efeitos nocivos que os efluentes causam quando lançados diretamente nos cursos d'água refletem diretamente no cotidiano humano, além de degradar o meio ambiente. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de sistemas de tratamento desses efluentes adaptados à realidade brasileira e de forma a enquadrarem os efluentes aos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação ambiental, seja federal ou estadual.

Os efluentes de matadouros são caracterizados pelo elevado potencial de biodegradabilidade, o que os tornam mais susceptíveis a processos de tratamento biológicos, sendo usualmente mais aplicados os sistemas com lagoas anaeróbias, decantadores-digestores, filtros anaeróbios, reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) e reatores anaeróbios de leito expandido ou fluidificado, todos podendo ser utilizados tanto individualmente quanto em conjunto com outras unidades de tratamento (ARRUDA, 2004).

O presente trabalho propõe a avaliação de desempenho de três estações de tratamento de efluente sem indústrias de abate, para verificação do atendimento aos limites legais impostos pela legislação ambiental mineira, para lançamento de efluentes tratados em cursos d'água. São apresentados os resultados obtidos nos efluentes brutos e tratados para os parâmetros DBO, DQO, Sólidos suspensos e Óleos e graxas, em comparação aos limites das concentrações, impostos pelas normas jurídicas aplicáveis, assim como os cálculos das eficiências obtidas na remoção das cargas orgânicas no período compreendido entre 2009 e 2011. A análise de dados secundários utilizados compreende a avaliação comparativa entre o número de violações verificado nas três estações para os quatro parâmetros, com utilização de ferramentas estatísticas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho de estações de tratamento de efluentes no atendimento aos limites legais de lançamento em cursos d'água, em três indústrias de abate de bovinos e suínos em Minas Gerais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar comparativamente os resultados obtidos nas análises dos efluentes brutos e tratados em relação às concentrações dos parâmetros DBO, DQO, SS e OG;
- Verificar os resultados obtidos nos lançamentos, em comparação com os limites impostos pela legislação ambiental vigente no estado de Minas Gerais, quanto aos quatro parâmetros analisados, no período de 2009 a 2011;
- Avaliar comparativamente o número de violações aos requisitos legais para lançamento em cursos d'água, verificado nas três estações de tratamento de efluentes, dos quatro parâmetros analisados no período.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DO SETOR PECUÁRIO

O Brasil caracteriza-se como um grande produtor mundial de carne, seja bovina ou suína. Apesar de também ser grande exportador nesse setor, sua produção é voltada principalmente para o mercado interno. Em 2010, 75% da produção nacional destinaram-se para o consumo interno, atingindo um consumo per capita de 37,4 kg para carne bovina e 14,1kg para carne suína (M.A.P.A., 2012).

Segundo M.A.P.A. (2012), a elevação desse setor teve como fator primordial a erradicação de doenças no país, bem como a adoção de uma legislação mais rigorosa quanto à fiscalização da qualidade da carne, levando o Brasil, em 2008, a ser considerado livre de febre aftosa pela Organização Internacional de Epizootias (OIE) em 59% do território nacional. Além disso, o país apresentou baixos índices de brucelose e tuberculose animal, destacando-se a região Sul.

Assim como o cuidado com a saúde animal, o Brasil tem investido em modernas técnicas agronômicas e nutricionais que, aliadas ao uso adequado das pastagens, contribuem para a evolução da produção de bovinos, reduzindo também a idade de abate e melhorando a qualidade da carne produzida. Em relação aos suínos, a boa qualidade da carne deve-se principalmente a adoção de uma dieta nutricional balanceada à base de ração de milho e farelo de soja (M.A.P.A., 2012).

Para o controle da qualidade sanitária das carnes produzidas no Brasil, esses produtos devem possuir o carimbo do Serviço de Inspeção Federal (SIF), tendo sido criado no ano de 1915. Antes de receber o selo, o produto passa por diversas etapas de fiscalização e inspeção, nas quais contam com a orientação e coordenação do Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), da Secretaria de Defesa Agropecuária. (SDA) (M.A.P.A., 2012).

3.1.1. Rebanho Bovino

A bovinocultura é um dos setores do agronegócio de maior representatividade no panorama mundial, sendo o Brasil, o maior exportador de bovinos e o segundo maior produtor, contando com o maior rebanho comercial de bovinos no mundo, com 209 milhões de cabeças (ABIEC, 2012).

O Brasil consolidou-se como potência de produção e exportação de carne bovina a partir da década de 2000, e atualmente, ocupa a primeira colação no ranking dos países exportadores, conforme pode ser observado na Figura 2. Já como produtor de carne bovina, o Brasil aparece como o segundo maior (Figura 1), responsável por 17,04% da produção mundial, ficando abaixo apenas dos Estados Unidos, responsável por 20,84% (ABIEC, 2012).

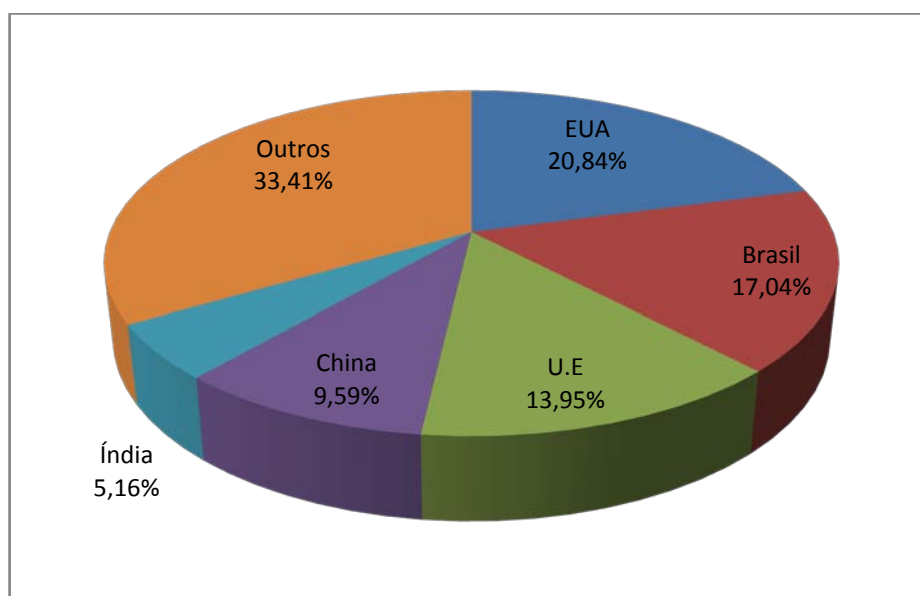


Figura 1– Principais países produtores de carne bovina

Fonte: Adaptado de ABIEC (2012).

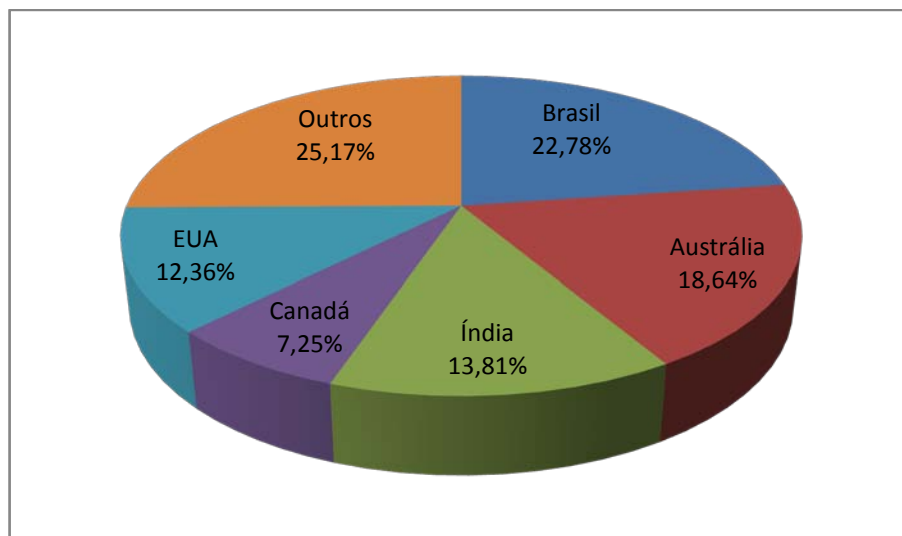


Figura 2 – Principais países exportadores de carne bovina

Fonte: Adaptado de ABIEC (2012).

Conforme pode ser observado na Figura 3, o Centro-Oeste é a região brasileira que mais se destaca no cenário de abate de bovinos, com três dos seus estados como os maiores responsáveis pela produção nacional, sendo o estado do Mato Grosso o principal abatedor com 19,91% da totalidade. Minas Gerais aparece com menor representatividade, abatendo 6,73% do rebanho bovino brasileiro, sendo o segundo da sua região, atrás apenas de São Paulo, cuja porcentagem de abate é de 13,41%, o dobro da produção mineira (ABIEC, 2012).

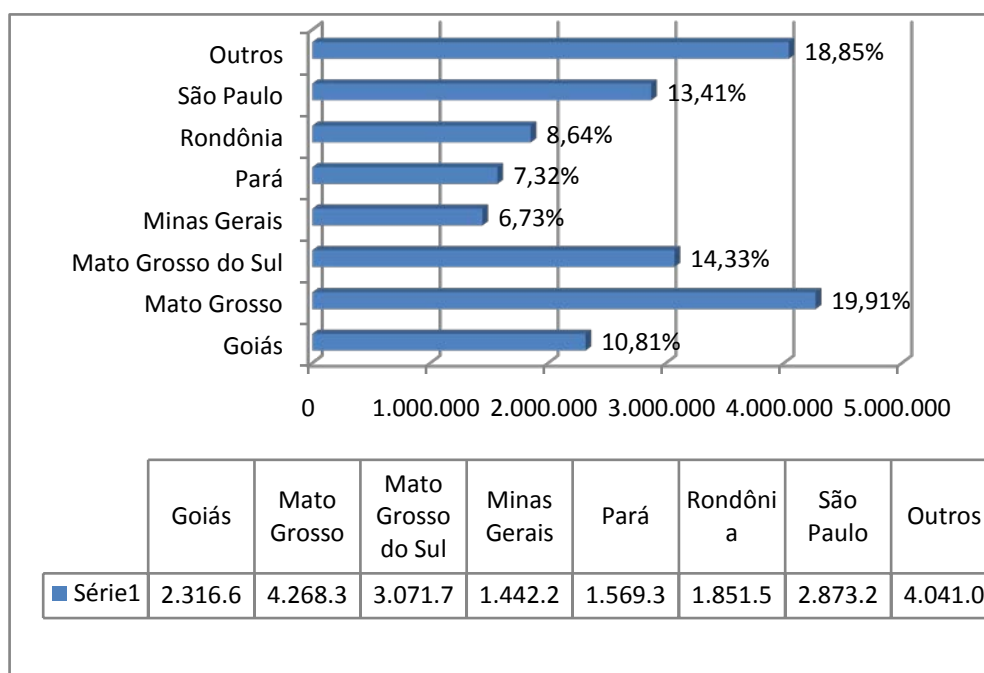


Figura 3-Valores regionais de abate de bovinos (Ano 2011)

Fonte: Adaptado de ABIEC (2012).

3.1.2. Rebanho Suíno

Atualmente, o Brasil encontra-se entre os maiores exportadores e produtores mundiais de carne suína, conforme apresentado na Tabela 01 e na Tabela 02, posicionando-se em quarto lugar. O destaque no mercado mundial deve-se principalmente ao aprimoramento do setor no país, isso graças aos constantes investimentos na saúde nutricional dos animais, bem como investimentos na evolução genética da espécie, tendo como produto final, uma carne suína mais saudável e nutritiva, sendo seus percentuais de gordura e calorias menores que os habituais (M.A.P.A., 2012).

Tabela 1– Dados de produção anual de carne suína

PRODUÇÃO		
PAÍS/MÊS	2009	2010
China	48.905	50.000
U.E	22.159	22.250
EUA	10.442	10.052
Brasil	3.130	3.170
Rússia	2.205	2.270
Vietnã	1.850	1.870
Canadá	1.789	1.750
Japão	1.310	1.280
Filipinas	1.240	1.255
México	1.162	1.161
Coréia do Sul	1.062	1.097
Outros	5.219	5.352
TOTAL	100.473	101.507

(Mil t – em equivalente carcaça)

Fonte: Adaptado de ABIPECS (2012).

Tabela 2 – Dados de exportação anual de carne suína

EXPORTAÇÃO		
PAÍS/MÊS	2009	2010
EUA	1.857	2.027
U.E	1.415	1.700
Canadá	1.123	1.165
Brasil	707	625
China	232	250
Chile	152	130
México	70	80
Austrália	40	39
Vietnã	13	13
Noruega	3	3
África do Sul	4	4
Outros	25	25
TOTAL	5.641	6.036

(Mil t – em equivalente carcaça)

Fonte: Adaptado de ABIPECS (2012).

Segundo M.A.P.A.(2012),a suinocultura vem crescendo ao longo dos anos, representando atualmente, 10% de todo volume de carne suína exportada mundialmente. A região de maior destaque nesse setor alimentício é o Sul, com a totalidade de 68,52% da produção nacional. Os estados de Santa Catarina, com 26,92%, Rio Grande do Sul, com 22,21%, e Paraná, com 19,39%, estão posicionados nas três primeiras colocações, conforme pode ser observado na Figura 4. O estado de Minas Gerais, responsável por 10,83% da produção de carne suína nacional, vem logo em seguida ocupando a quarta posição no setor, ficando à frente, inclusive, dos estados da região Centro-Oeste, principais produtores de carne bovina no Brasil.

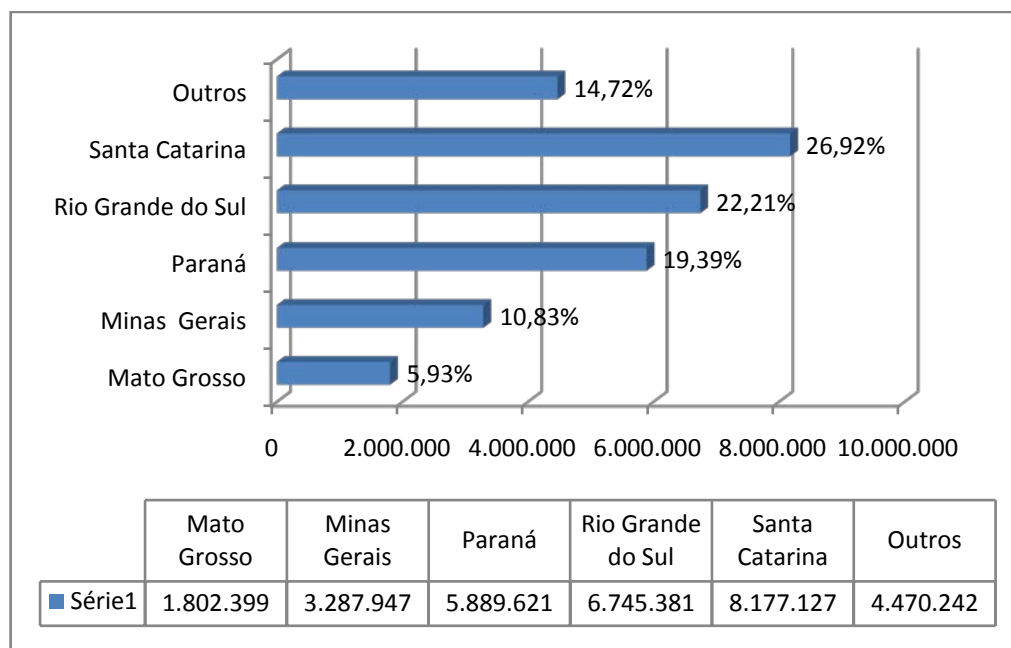


Figura 4—Valores regionais de abate de suínos (Ano 2011)

Fonte: Adaptado de ABIPECS (2012).

3.2. PROCESSO INDUSTRIAL DE ABATE DE BOVINOS E SUÍNOS

A bovinocultura de corte é uma atividade que ocupa posição de destaque no mercado mundial, possuindo grande potencial de crescimento, principalmente pela dimensão territorial brasileira, que abrange grandes áreas produtivas para esse setor, e também devido ao crescimento populacional (HORTA, 2004 *apud* ROSA, 2009). Tendo em vista o provável aumento da população, bem como o consequente aumento no consumo de carne, o descarte dos resíduos e dos efluentes gerados no processamento desse alimento, desperta a preocupação com o meio ambiente (ERLON, 2010).

Segundo CETESB (2006), o abate de bovinos e suínos é uma operação para obtenção de carne e seus derivados destinados ao consumo humano. Por isso, esse processamento industrial deve seguir uma série de normas sanitárias, que visam a segurança alimentar aos consumidores desses produtos.

A partir da operação de abate para obtenção da carne e derivados, tem-se ainda os subprodutos e/ou resíduos, que devem ser encaminhados a processamentos específicos, como por exemplo, couro, sangue, ossos, gorduras, tripas, carcaças condensadas, entre outros. Esses

processamentos e as destinações adequadas dos subprodutos e resíduos do abate devem atender às leis e normas vigentes, sanitárias e ambientais. Dentre todas as operações, algumas podem ser realizadas no próprio frigorífico ou abatedouro de onde proveram os subprodutos e/ou resíduos, assim como podem ser realizadas por terceiros (CETESB, 2006).

3.2.1. Abate de Bovinos

O processo de abate de bovinos não possui grande diferenciação entre as indústrias de abate frigorífico, sendo adotada uma sequência de etapas específicas. Primeiramente, os animais são recebidos, inspecionados e mantidos em currais, em média, por 24 horas, onde passam por uma dieta hídrica, e recuperando-se do “stress” da jornada, diminuindo o conteúdo estomacal e intestinal. Em seguida, são encaminhados ao “box” de abate. Nessa etapa, os animais passam por um banho por aspersão de água, seguindo para um local onde são atordoados através de um equipamento pneumático, provocando concussão cerebral ou insensibilização. Os bovinos passam, então, pela sala de abate, na qual são pendurados pelas patas traseiras e passam pelas subetapas: sangria, esfola, evisceração, corte e pesagem das carcaças. Em seguida as meias-carcaças são armazenadas na câmara fria, permanecendo por no mínimo 24 horas para seu resfriamento. Após essa etapa de insensibilização, as meias-carcaças já resfriadas são desossadas, rotuladas e embaladas à vácuo. Posteriormente, os produtos gerados são encaminhados para a comercialização (HORTA, 2004). O processo produtivo de abate de bovinos encontra-se caracterizado na figuras presentes no ANEXO 1.

3.2.2. Abate de Suínos

Segundo CETESB (2006), as etapas de recepção, condução e lavagem de animais do processo de abate de suínos são similares às realizadas no abate de bovinos. Em sequência, os animais, ao serem direcionados ao local de abate, passam por um “box” imobilizador para o atordoamento, sendo suspensos por esteiras e atordoados através de uma descarga elétrica recebida na cabeça. Após essa etapa, os animais são encaminhados para a etapa de sangria, na qual são pendurados em um trilho aéreo, e então, encaminhados para a escaldagem com o objetivo de facilitar na remoção posterior dos pêlos e unhas. Em seguida, os suínos passam pela depilação final, sendo o restante, bem como as unhas removidos manualmente. Os animais seguem então para a evisceração e posteriormente para o corte da carcaça e

refrigeração, etapas semelhantes às descritas para bovinos. O processo produtivo de abate de suínos encontra-se caracterizado na figuras presentes no ANEXO 2.

3.2.3. Usos da água

As indústrias de carne e derivados, assim como diversas outras indústrias ligadas ao setor alimentício, possuem um alto consumo de água, bem como geração de efluentes líquidos com alto teor de carga orgânica. A água é utilizada durante todo o processamento industrial, sendo seus principais usos para: consumo animal, lavagem dos animais, lavagem dos caminhões, escaldagem para suínos, lavagem de carcaças, vísceras e intestinos, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, limpeza de pisos, paredes e bancadas, geração de vapor e resfriamento de compressores. Cabe ressaltar que o maior volume de água consumido durante esse processo provém das práticas de lavagem (CETESB, 2006).

Os efluentes líquidos gerados durante o processamento industrial em indústrias de abate frigorífico de bovinos e suínos, quando não tratados anteriormente ao seu lançamento em corpos d'água, possuem elevado poder de contaminação e poluição, denegrindo o meio aquático e prejudicando a saúde pública (MELO *et al*, 2004).

Segundo Braille & Cavalcanti (1993), os efluentes gerados do abate de bovinos são estimados em 2,5 m³ por cabeça abatida, já para cada suíno, esse valor é de 1,2 m³. Entretanto, o consumo de água utilizada pelas indústrias dessa tipologia pode variar de acordo com o processamento, sendo encontrados valores de 0,5 a 3,0 m³ por bovino abatido (von SPERLING, 2005). Já segundo CETESB (2006), esse consumo é de 1,0 m³ para abate de bovinos e entre 0,4 a 1,2 m³ para abate de suínos.

Para Melo *et al* (2004), os efluentes dessa tipologia industrial podem ser subdivididos em alguns fluxos, considerando tanto os despejos industriais quanto os sanitários, como:

Linha Verde: efluentes gerados da lavagem dos currais, rampas de descarga, canais de circulação de gado e setor de evisceração.

Linha Vermelha: efluentes gerados da lavagem do setor de abate.

Linha Marrom: efluentes dos banheiros e dos refeitórios da área industrial.

Linha Negra: efluentes de oficinas, casa de caldeira, sala de máquinas, entre outros.

Os efluentes líquidos provenientes das diferentes linhas, apesar de serem coletados de forma independente, são encaminhados após tratamento prévio, a um mesmo destino, a Estação de Tratamento de Efluentes (MELO *et al*, 2004).

3.2.4. Fluxogramas do abate de bovinos e suínos com geração dos efluentes

3.2.4.1. Abate de suínos

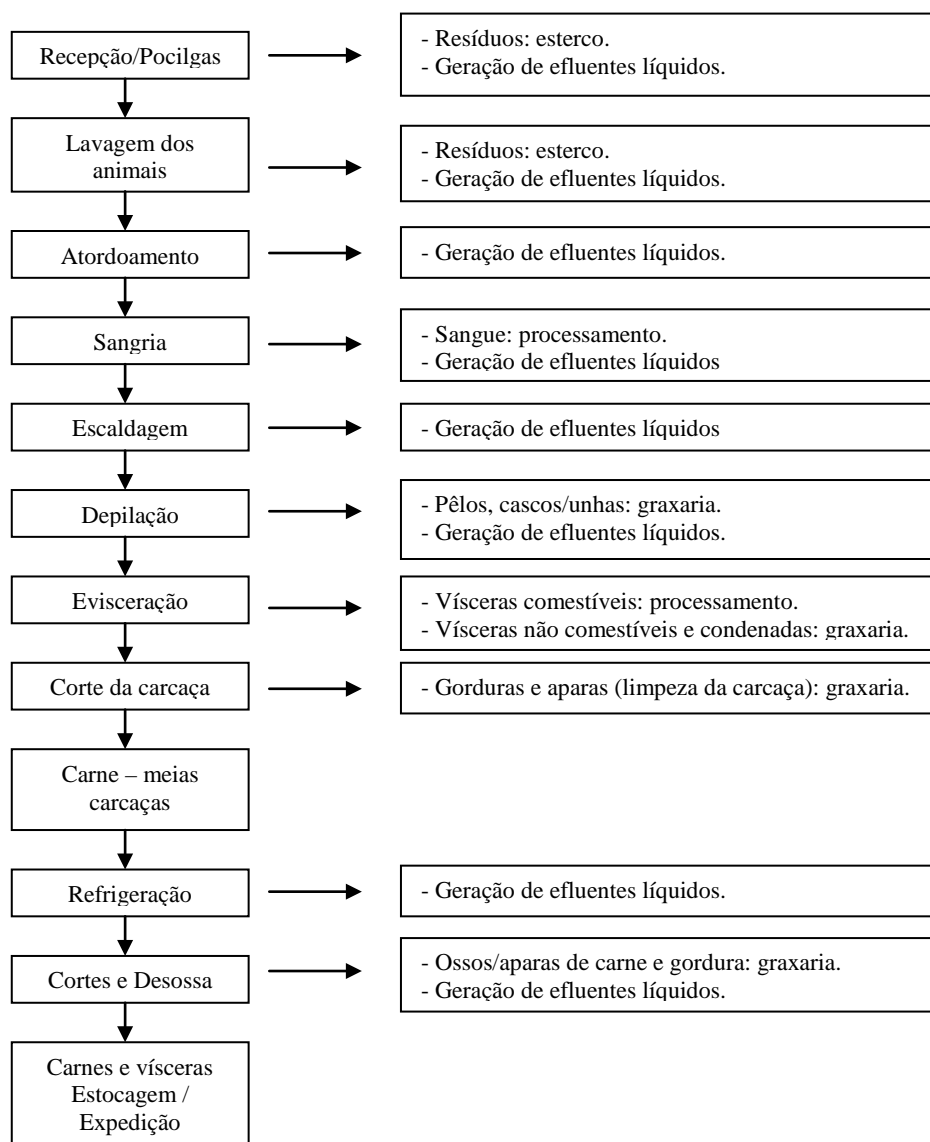


Figura 5 – Fluxograma básico de abate de suínos

Fonte: Adaptado de CETESB (2006).

3.2.4.2. Abate de bovinos

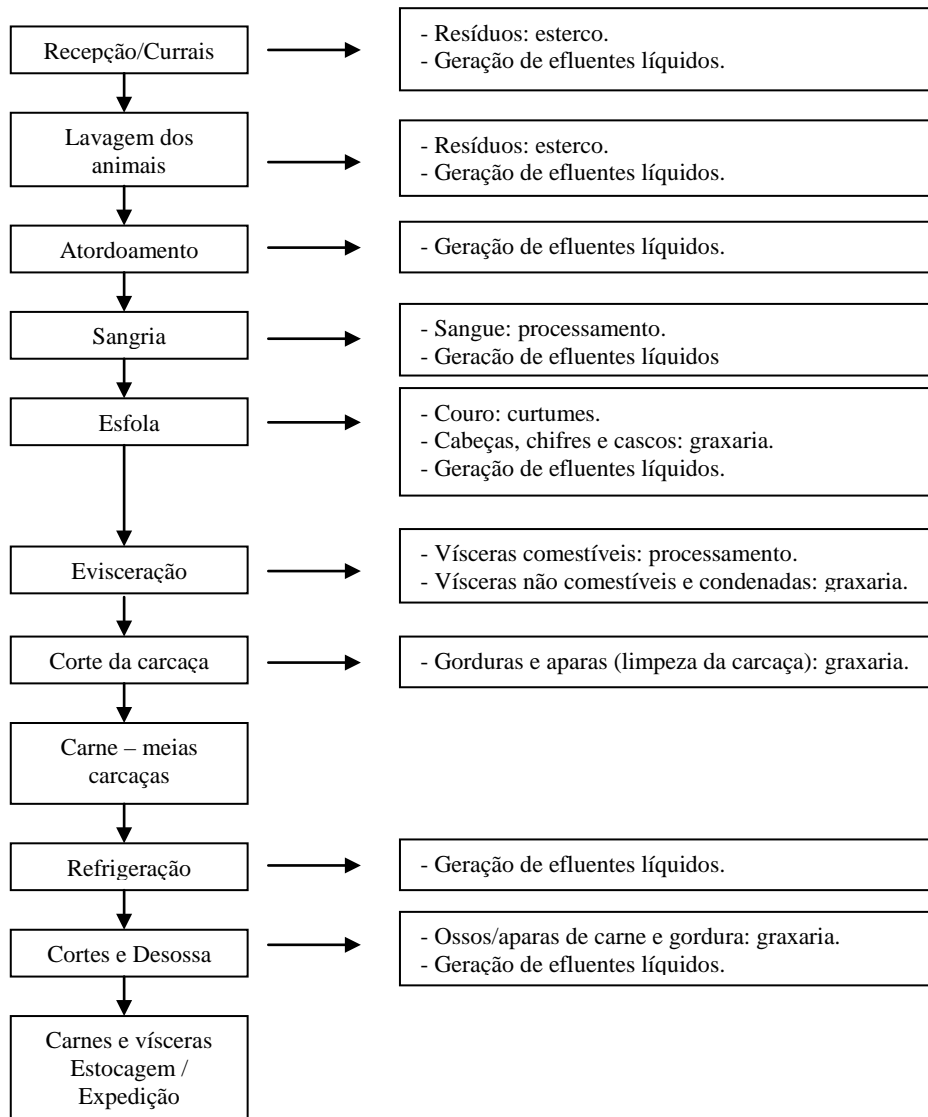


Figura 6 – Fluxograma básico de abate de bovinos

Fonte: Adaptado de CETESB (2006).

3.3. SISTEMA DE TRATAMENTO – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização constituem o sistema mais simplificado de tratamento de esgotos, cujo objetivo principal é a remoção de matéria carbonácea. Esse processo tem como princípio básico a retenção dos esgotos por um determinado período de tempo, propiciando a ação de processos naturais de estabilização da matéria orgânica (MORENO *et al*, 1999). Esse sistema de tratamento também remove de forma satisfatória, constituintes como sólidos em suspensão, organismos patogênicos, retenção de elementos nutrientes, dentre outros (LEITE *et al*, 2005).

A implantação de um sistema de lagoas de estabilização é indicada para locais que possuam condições climáticas favoráveis ao processo de biodegradação (MORENO *et al*, 1999) e disponibilidade de áreas de baixo custo. Esse fato, aliado aos custos reduzidos de implantação, manutenção e operação, torna as lagoas de estabilização um sistema indicado principalmente para países tropicais e em desenvolvimento (ARTHUR, 1983 *apud* LEITE *et al*, 2005).

No presente trabalho serão abordadas, dentre as tipologias de lagoas existentes, lagoa anaeróbia, lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação.

3.3.1. Lagoa Anaeróbia

As lagoas anaeróbias são utilizadas tanto para o tratamento de esgotos domésticos quanto para despejos industriais com características predominantemente orgânicas, como matadouros e frigoríficos, laticínios, entre outros, cujos efluentes possuem altos teores de DBO. Essa alternativa de tratamento possui condições estritamente anaeróbias, sendo a taxa de consumo de oxigênio, superior à taxa de produção (von SPERLING, 2002).

As lagoas anaeróbias possuem, usualmente, uma profundidade de 3 a 5 metros. Esse fator reduz a possibilidade de penetração do oxigênio produzido na superfície para as camadas inferiores, favorecendo o crescimento das bactérias anaeróbias (von SPERLING, 2002).

As bactérias anaeróbias se reproduzem de forma lenta, o que ocasiona na demora em ocorrer a conversão da matéria orgânica em subprodutos. Essa lentidão no processo é decorrente da geração mais lenta de energia por meio das reações anaeróbias em relação às reações aeróbias (von SPERLING, 2002).

Segundo von Sperling (2002), as lagoas anaeróbias possuem uma eficiência de remoção de DBO da ordem de 50% a 70%, ou seja, apesar dessa etapa do tratamento apresentar taxas de remoção satisfatórias, ainda faz-se necessário a implantação de uma unidade posterior de tratamento.

3.3.2. Lagoa Aerada de Mistura Completa

As lagoas aeradas têm como função a dispersão dos sólidos no líquido, incluindo além de matéria orgânica, bactérias (biomassa), isso ocorre devido à introdução de ar no meio através de aeradores, ocasionando também a oxigenação do efluente. O alto grau de energia utilizada nesse processo, responsável pela mistura completa do efluente e outros constituintes na lagoa, é o que a diferencia da lagoa aerada facultativa, sendo denominada *mistura completa* (von SPERLING, 2002).

3.3.3. Lagoa de Decantação

As lagoas de decantação constituem-se da etapa posterior à passagem do efluente pela lagoa aerada. Isso ocorre devido esse efluente possuir teores de sólidos em suspensão superiores aos recomendados para lançamento direto no corpo receptor, sendo assim, é encaminhado às lagoas de decantação para que esses sólidos se sedimentem e estabilizem (von SPERLING, 2002).

Para essa estabilização ocorrer, não é necessário um tempo de detenção superior a 2 dias, já que esse tempo é suficiente para que haja uma remoção eficiente dos sólidos em suspensão presentes no efluente proveniente da lagoa aerada. Entretanto, cabe ressaltar que esse tipo de alternativa não é recomendada para remoção adicional de DBO, tendo em vista a baixa concentração de biomassa mantida em dispersão no meio líquido e, uma vez que essa biomassa tende a sedimentar (von SPERLING, 2002).

As Tabelas 3 e 4 a seguir, apresentam as características dos principais sistemas de lagoas de estabilização quanto às eficiências de remoção de contaminantes, bem como os principais parâmetros de projeto usualmente utilizados.

Tabela 3 - Características dos principais sistemas de lagoas de estabilização

		Sistema de Lagoas	
-	Parâmetro	Anaeróbia	Aerada de mistura completa - decantação
Eficiência	DBO (%)	75 - 85	75 - 85
	DQO (%)	65 - 80	65 - 85
	SS (%)	70 - 80	80 - 87

Fonte: Adaptado de vonSperling (2002).

Tabela 4- Principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização

Parâmetro de projeto	Lagoas anaeróbias	Lagoas aeradas de mistura completa	Lagoas de decantação
Tempo de detenção t (d)	3 – 6	2 - 4	≈ 2
Taxa de aplicação volumétrica Lv (kgDBO5)m ³ .d	0,10 – 0,35	-	-
Profundidade H (m)	3,0 – 5,0	2,5 – 4,0	3,0 – 4,0
Relação L/B (comprimento/largura) usual	1 a 3	1 a 2	-

Fonte: Adaptado de vonSperling (2002).

3.4. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A legislação ambiental brasileira é um instrumento de extrema importância para a proteção dos recursos naturais. Antigamente, pensava-se que esses recursos eram inesgotáveis, promovendo seu uso indiscriminado e, conseqüentemente, a deterioração da qualidade e até redução da quantidade dos chamados “produtos da natureza” (BORGES *et al* 2009).

Entretanto, ao longo dos anos a sociedade foi percebendo que esses recursos naturais não eram ilimitados, e que grande parte estava ficando escassa e com a qualidade comprometida. Sendo assim, houve a necessidade da implantação de normas sobre o uso e manejo dos recursos da natureza, em destaque os recursos hídricos.

Os frigoríficos e matadouros, por gerarem grandes quantidades de efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica, são um dos grandes responsáveis pela poluição dos cursos d'água. Até algumas décadas atrás, o lançamento indiscriminado desses efluentes não era fiscalizado, e não existia uma legislação que impusesse normas e nem fizesse cobranças quanto aos teores lançados. Contudo, quando o nível de poluição passou a atingir um patamar que influenciou negativamente no uso e no consumo da água pelo homem, prejudicando inclusive a saúde humana, a sociedade passou a ter uma maior preocupação e, assim, conscientização de que era necessário ter mais rigor quanto ao uso dos recursos hídricos. A partir disso, a legislação ambiental brasileira passou a ter maior expressividade e a controlar melhor esse uso.

A primeira legislação brasileira para recursos hídricos, criada em 1934, teve por objetivo principal a instauração de normas para classificação e utilização das águas (BRASIL, 1934 *apud* VENANCIO & KURTZ, 2008). Em 1988, a partir da nova Constituição, as águas superficiais passaram a ser considerados bens do Estado. Já em 1986, foi publicada pelo CONAMA (1986) a Resolução nº20, responsável pelo enquadramento e classificação dos corpos hídricos em classes, considerando desde as águas doces até as salinas e salobras, condição que não constava nas leis anteriores. Em Minas Gerais, também em 1986, foram impostos limites de lançamento em cursos d'água, através da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01.

A Resolução CONAMA nº430, de 13 de maio de 2011, revoga parcialmente a Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, legislação federal até então em vigor, no qual foram estabelecidos as condições e padrões de lançamento de efluentes, mantendo os critérios e parâmetros relativos à classificação e ao enquadramento de corpos receptores.

As condições de lançamento de efluentes estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/05, foram mantidas na Resolução CONAMA 430/11, tendo sido acrescido um limite mínimo de 60% para remoção de DBO, e considerando que, para haver a redução desse limite, faz-se necessário a realização de um estudo de autodepuração do corpo receptor do efluente comprovando o atendimento às condições de enquadramento desse mesmo corpo d'água.

Alguns estados possuem uma legislação própria acerca dos padrões de lançamento de efluentes. No caso de Minas Gerais é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH

nº01, de 05 de maio de 2008, que rege esses padrões. Diferentemente da legislação federal atual (Resolução CONAMA 430/11), a DN Conjunta COPAM/CERH 01/08 estabelece padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos mais restritivos. Enquanto na Resolução CONAMA não são apresentados valores mínimos para remoção de DQO, nem sólidos suspensos, na DN Conjunta COPAM/CERH essa remoção deve ser de até 180 mg/L ou uma eficiência de redução maior ou igual a 70%, sendo a média anual de remoção maior ou igual a 75%, e para sólidos suspensos, o limite máximo permissível é de 150 mg/L, considerando um sistema constituído de lagoas de estabilização, como é o caso do presente trabalho.

Em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio, na qual a legislação federal estabelece uma remoção mínima de 60% e um estudo de autodepuração para redução desse limite, na DN COPAM/CERH o limite estabelecido é de até 60 mg/L de DBO, ou então, uma eficiência de redução maior ou igual a 75%, sendo a média anual maior ou igual a 85%.

O único parâmetro, dentro dos analisados durante o presente trabalho (DBO, DQO, SS e OG), que possui os mesmos padrões para lançamento de efluentes tanto para a Resolução CONAMA e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM é Óleos e Graxas, cujos valores variam de 20 mg/L para óleos minerais e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais.

Para efeito de comparação, na Tabela 5 encontram-se os valores para lançamento em corpos d'água (abordados nesse estudo) estabelecidos pela legislação federal (Resoluções CONAMA, 357/05 e 430/11) e pela legislação estadual de Minas Gerais (DN Conjunta COPAM/CERH nº01 de 05/05/08).

Tabela 5 - Padrões de lançamento em corpo d'água.

PARÂMETRO	UNIDADE	Resolução CONAMA nº357, 17/03/05	Resolução CONAMA nº430, 13/05/11	MINAS GERAIS DN COPAM/CERH nº01, 05/05/08
DBO	mg/L	-	Remoção mínima de 60% Estudo de autodepuração	Até 60 ou eficiência de redução ≥ 75% e média anual ≥ 85%
DQO	mg/L	-	-	Até 180 ou eficiência de redução ≥ 70% e média anual ≥ 75%
Sólidos Suspensos	mg/L	-	-	150 p/ lagoas de estabilização
Óleos e Graxas	mg/L	50 (óleos vegetais e gorduras animais)	50 (óleos vegetais e gorduras animais)	50 (óleos vegetais e gorduras animais)

4. METODOLOGIA

Este trabalho refere-se à avaliação de desempenhos de estações de tratamento de efluentes em unidades de abate de bovinos e suínos, todas localizadas no estado de Minas Gerais, em relação ao atendimento dos limites legais estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH 01/08. Com o intuito de uma melhor compreensão dos resultados obtidos acerca das diferenças entre as eficiências de cada sistema de tratamento avaliado, foi abordada a caracterização das indústrias, contemplando o processamento produtivo do empreendimento, a caracterização das ETEs, bem como os fluxogramas. Posteriormente, foram avaliados os resultados das análises efetuadas antes do ingresso do efluente no tratamento biológico, e após sua saída da última lagoa de estabilização (lagoa de decantação). Foi considerada uma série de laudos analíticos de amostras coletadas nos últimos três anos, avaliando os seguintes parâmetros: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Sólidos em suspensão e Óleos e graxas.

4.1. INDÚSTRIAS DE ABATE

4.1.1. Caracterização das unidades frigoríficas

O primeiro frigorífico em análise, localizado na cidade de Betim/MG, possui uma capacidade máxima de abate de 1.400 cabeças por dia, sendo desse total 800 bovinos e 600 suínos, além disso, o empreendimento realiza a industrialização de carne, cuja quantidade diária produzida é de 8 toneladas. Durante o processamento industrial são produzidos 1.451 m³/d de efluente. Esse efluente gerado, após tratamento na ETE, é lançado diretamente no Riacho das Areias.

O frigorífico 2 localiza-se no município de Governador Valadares/MG, e tem como capacidade nominal diária o abate de 500 cabeças bovinas, gerando uma vazão máxima de 1.288 m³/d. O corpo receptor do efluente tratado é o Córrego do Cardoso, que deságua no Rio Doce.

Já o terceiro frigorífico em questão, possui uma capacidade máxima de abate de 370 bovinos por dia, bem como a industrialização diária de 100 toneladas de carne. O total de 951 m³/d de

efluente gerado na indústria e posteriormente tratado na ETE do próprio empreendimento é despejado diretamente no Rio Mucuri.

4.1.2. Caracterizações das Estações de Tratamento de Efluentes

Tratamento Preliminar/Primário

Os empreendimentos frigoríficos abordados no presente trabalho possuem como princípio básico o mesmo sistema de tratamento preliminar e primário, tanto para efluentes sanitários, quanto para industriais, apresentando apenas algumas divergências entre os elementos implantados devido à necessidade de cada abatedouro.

Frigorífico 1

Na ETE do empreendimento, o tratamento dos despejos sanitários é realizado em conjunto com os despejos industriais. Entretanto, esses despejos passam, anteriormente, por um tanque séptico. Os despejos sanitários são, então, encaminhados para o poço de sucção e em seguida ao tratamento biológico.

As três linhas de efluentes industriais, linha vermelha, verde e negra, sofrem um pré-tratamento antes de serem misturadas e enviadas ao tratamento biológico. A linha verde é direcionada primeiramente para as esterqueiras, a linha vermelha é direcionada para uma peneira estática e em seguida para uma caixa de gordura com sistema de flotação, e a linha negra é direcionada para uma caixa de separação de água e óleo. Todos esses efluentes são encaminhados ao poço de sucção, sendo misturados aos despejos sanitários.

Frigorífico 2

O sistema de tratamento do empreendimento inicia-se com a segregação das linhas vermelha e verde, sendo o efluente proveniente de cada uma, encaminhado a uma peneira estática e a uma peneira rotativa, respectivamente, para remoção dos sólidos grosseiros. O efluente da linha vermelha, após passar pelo peneiramento, é enviado ao poço de sucção e então bombeado para uma câmara de saturação, onde ocorre a injeção de ar no efluente. A partir da introdução

de bolhas de ar no meio líquido, as partículas são levadas até a superfície do tanque de flotação, as quais são separadas por um raspador mecânico. Após essa etapa, o efluente é encaminhado ao tanque equalizador.

O efluente da linha verde, após passar pela peneira rotativa, é encaminhado a uma peneira estática e, em seguida, encaminhado ao tanque equalizador, assim como os despejos sanitários, que primeiramente passam por um tanque séptico.

No tanque de equalização os efluentes sofrem uma homogeneização, bem como a regularização da vazão a partir desse elemento, preparando-o para seu ingresso às etapas posteriores, tratamento secundário (biológico).

Frigorífico 3

No Frigorífico 3, o efluente industrial é segregado em três diferentes linhas, sendo duas delas vermelhas e a outra verde. O efluente da primeira linha vermelha é encaminhado para uma peneira rotativa e o efluente da segunda linha, para uma peneira estática, objetivando a remoção dos sólidos grosseiros carregados das águas residuárias afluente ao sistema. Posteriormente, esses efluentes são encaminhados à mesma caixa de gordura com sistema de flotação, para remoção de óleos e graxas, bem como possíveis sólidos ainda presentes. Esse efluente é então misturado ao efluente da linha verde, passando por uma peneira rotativa.

Os despejos sanitários são enviados para o tanque séptico. O efluente oriundo do refeitório passa primeiramente por uma caixa de gordura, e em seguida, é encaminhado ao mesmo tanque séptico que os esgotos sanitários. Já o efluente da graxaria passa por uma peneira estática e então para uma caixa de gordura, sendo encaminhado ao poço de sucção, que também receberá o efluente sanitário e do refeitório.

Tratamento Secundário

O tratamento secundário de todos os abatedouros, assim como exposto no objetivo do trabalho, é formado por um sistema de lagoas de estabilização constituído por lagoa

anaeróbia, lagoa aerada e lagoa de decantação, principais responsáveis pela remoção de matéria orgânica, DQO, amônia, e remoção de remanescentes de sólidos suspensos.

Frigoríficos 1, 2 e 3

Após a passagem dos efluentes sanitários e industriais pelo tratamento preliminar, e em seguida pelo tratamento primário, os mesmos são bombeados a partir de um tanque equalizador ou um poço de sucção para o tratamento secundário, constituído por um sistema de lagoas de estabilização sendo elas: lagoa anaeróbia, lagoa aerada de mistura completa e lagoa de decantação.

A primeira etapa desse sistema é a lagoa anaeróbia, onde ocorre a estabilização da matéria orgânica através de processo biológico. Essa unidade reduz as concentrações de DBO e DQO afluentes, possuindo ainda vantagens como baixa produção de lodo e ausência de consumo de energia. Entretanto, fez-se necessário a complementação dessa etapa por um sistema aeróbio (lagoa aerada), uma vez que o efluente oriundo do processo anaeróbio ainda possui concentrações significativas de DBO e DQO, bem como altos teores de amônia.

Apesar da boa eficiência do processo aeróbio, o efluente possui grande quantidade de biomassa em suspensão no meio aquoso, não obtendo qualidade satisfatória para ser lançado em corpo receptor, sendo assim, foi implantada como complementação, uma lagoa de decantação.

Caso esse efluente seja lançado em um corpo receptor, a matéria orgânica presente irá exercer uma demanda de oxigênio, causando a deterioração da qualidade das águas. A lagoa de decantação tem como objetivo principal a sedimentação e a estabilização dessas partículas, possibilitando o lançamento do efluente, como determinado pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH N° 01/2008.

Entre as três estações de tratamento citadas, duas realizam a retirada de forma contínua do lodo da lagoa de decantação, que é encaminhado a leitos de secagem como disposição, as ETEs dos frigoríficos 1 e 2. Dessas duas indústrias, apenas o frigorífico 2 possui um sistema

de recirculação do lodo excedente da lagoa de decantação para a lagoa aerada. A ETE do frigorífico 3 não apresenta nenhuma das duas alternativas citadas acima.

O fluxograma com o detalhamento das Estações de Tratamento encontra-se explicitado na Figura 7 a seguir, bem como o detalhamento do tratamento secundários das ETEs do frigorífico 1 e 2 nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

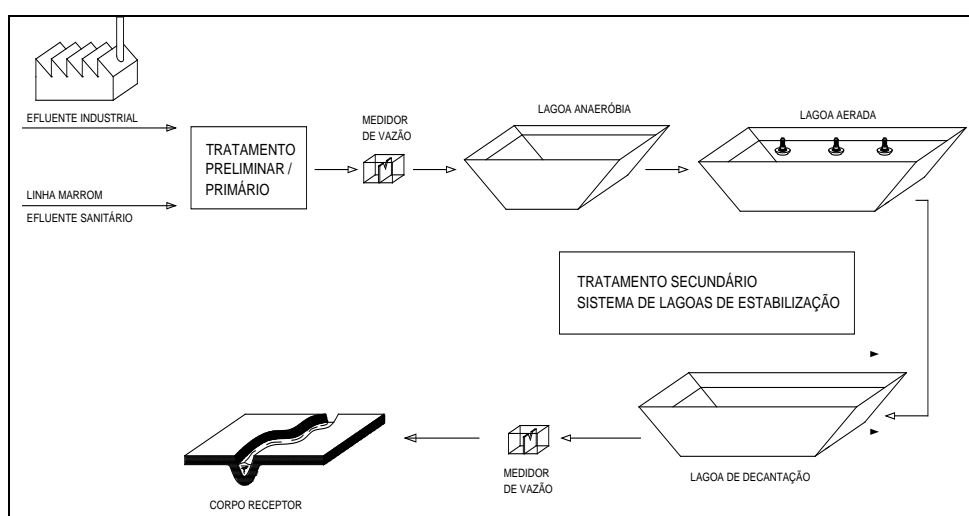


Figura 7 – Fluxograma geral das estações de tratamento de efluentes.



Figura 8 – Tratamento secundário do frigorífico 1.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 9 – Tratamento secundário do frigorífico 2.

Fonte:Engenho 9, 2012.

4.2. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

No presente trabalho foram analisados os resultados obtidos através de 120 amostras dos efluentes líquidos brutos e tratados da ETE de cada frigorífico para os parâmetros DBO, DQO, Óleos e graxas e Sólidos em suspensão. Essa análise foi realizada através de representações gráficas e aplicação de testes estatísticos. Para representação gráfica, foram utilizados gráficos para séries temporais para representação dos valores do afluente e do efluente do sistema de tratamento, bem como o limite permissível para lançamento estabelecido pelo órgão ambiental para cada parâmetro. Foram apresentadas também, tabelas apresentando os valores das médias, medianas, coeficientes de variação e desvio padrão das amostras, calculados através do programa Microsoft® Office Excel e, posteriormente, gráficos Box-Whisker, mostrando os percentis e os valores máximos e mínimos.

A representação gráfica dos resultados tem por objetivo identificar os valores que se apresentaram fora dos padrões estabelecidos pela legislação ambiental estadual, e quais foram os parâmetros que apresentaram tais violações. A partir disso, foi aplicado um teste de hipóteses não paramétrico, já que este tipo de dado não segue uma distribuição normal, com o intuito de mostrar se podem ser identificadas diferenças significativas entre as estações de tratamento analisadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados das análises do afluente e do efluente líquido gerado nas três indústrias de abate, durante o período de 2009 a 2011, totalizando 120 amostras para cada estação de tratamento. Cabe ressaltar que as amostras analisadas foram coletadas após a saída do efluente do tratamento primário, e após a saída da última lagoa do tratamento biológico (lagoa de decantação). Posteriormente, esses resultados foram submetidos a um tratamento estatístico com o intuito de mostrar a eficiência de remoção das cargas orgânicas e possíveis violações de alguns parâmetros aos limites permissíveis pela legislação ambiental de Minas Gerais. Foram apresentados tabelas e gráficos para melhor entendimento dos resultados obtidos nas análises.

5.1. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

5.1.1. Avaliação de desempenho das estações de tratamento

Foi realizada uma avaliação de desempenho da estação de tratamento de cada indústria de abate, denominados no presente trabalho como frigorífico 1, frigorífico 2 e frigorífico 3, após a apresentação dos gráficos de séries temporais dos parâmetros DBO, DQO, Óleos e graxas e Sólidos em Suspensão, ilustrados a seguir.

Cabe ressaltar que os pontos representativos com os resultados obtidos em cada data de coleta encontram-se interligados por linhas pontilhadas apenas para facilitar a visualização e interpretação da representação gráfica.

Em função do parâmetro de atendimento legal para DBO e DQO estar relacionado às eficiências das ETEs, foram elaborados gráficos de eficiências unicamente para esses dois parâmetros. As altas concentrações das cargas orgânicas nos efluentes brutos em indústrias de abate frigorífico impõem que a verificação do atendimento à legislação seja feita pelo cálculo da eficiência, uma vez que os limites para valores absolutos foram arbitrados com base nas concentrações de esgotos domésticos.

Frigorífico 1

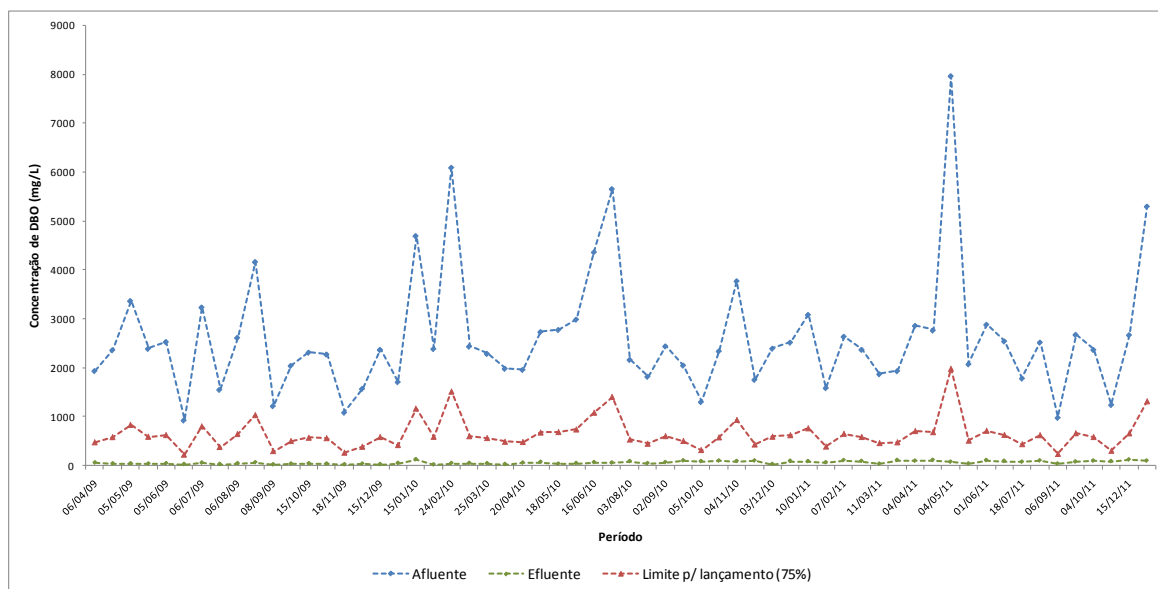


Figura 10- Valores de concentração de DBO₅ afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 1.

Em relação às concentrações de DBO₅, os valores de remoção de carga orgânica apresentaram-se, em sua totalidade, em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN n° 01/2008 COPAM/CERH para lançamento em corpos d'água. A eficiência mínima de remoção de DBO₅ encontrada foi de 94,03%, estando acima dos 75% exigidos. Os resultados encontrados na entrada da ETE para o período analisado ficaram situados entre 6.094 mg/L em 24/02/2010 e 935 mg/L em 15/06/2009, como demonstrado na Figura 11. Já na saída da ETE, os valores oscilaram entre 133 mg/L em 15/1/2010 e 24mg/L em 19/02/2010. A eficiência média de remoção de carga orgânica foi de 97,36%, sendo a DBO₅ média de entrada de 2.618 mg/L e de saída de 70 mg/L.

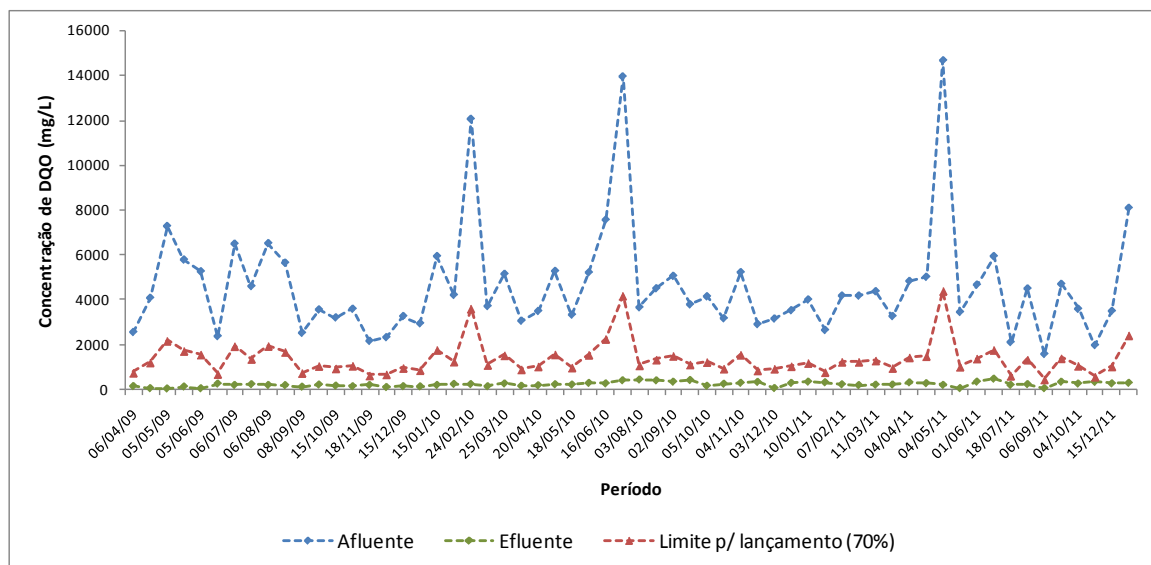


Figura 11- Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 1.

A ETE obteve uma eficiência mínima de 81,68% na remoção de DQO dos efluentes líquidos industriais gerados, estando em acordo com o parâmetro estabelecido de 70% de eficiência pela legislação ambiental vigente. Os resultados obtidos na entrada da ETE (Figura 12) variaram entre 14.715 mg/L em 04/05/2010 e 1.628 mg/L em 06/09/2011, com média de 4.675 mg/L no período analisado. Já na saída da ETE, os valores oscilaram entre 478 mg/L em 03/08/2010 e 65 mg/L em 05/05/2009 com uma média de 259 mg/L. A eficiência média de remoção de DQO foi de 94,45%.

Para a representação dos resultados dos parâmetros Óleos e graxas e Sólidos em suspensão, para os três frigoríficos, foram utilizados gráficos para entrada e saída do efluente no sistema de tratamento.

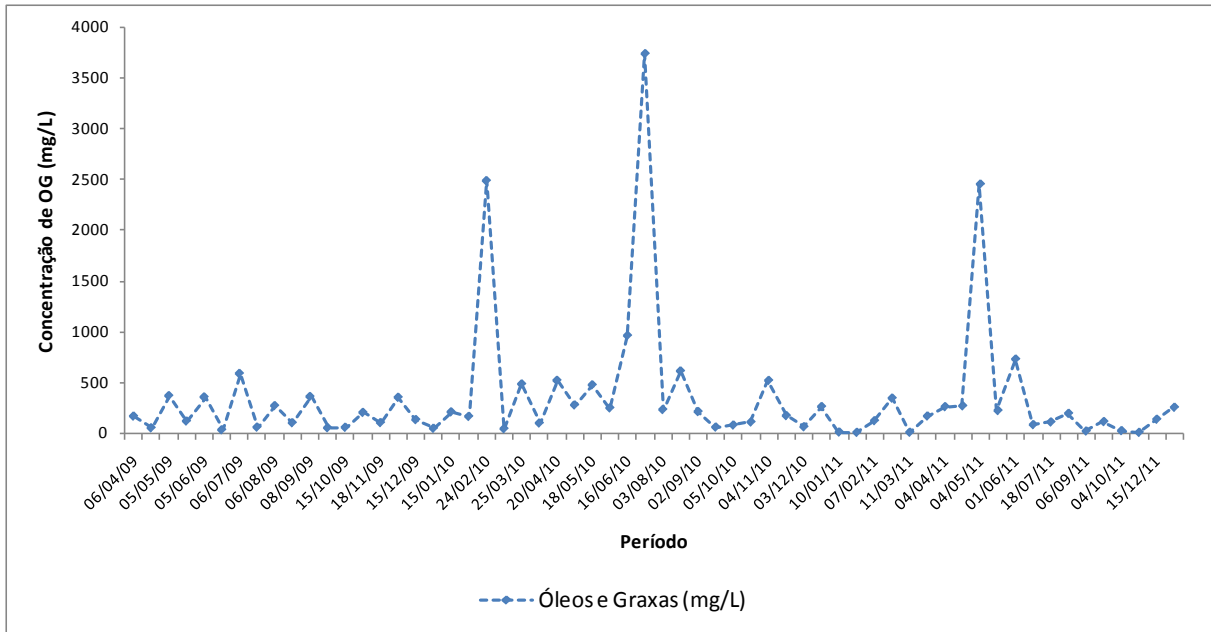


Figura 12 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETE do Frigorífico 1.

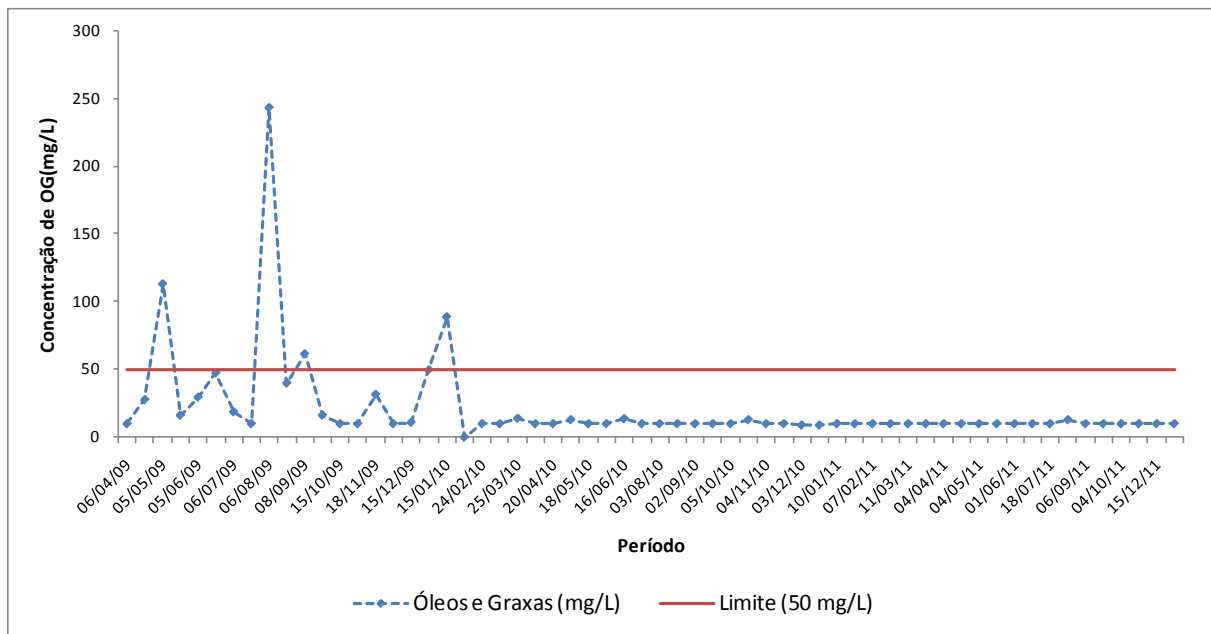


Figura 13 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETE do Frigorífico 1.

As concentrações de entrada do parâmetro Óleos e Graxas, conforme mostra a Figura 12, demonstraram uma significativa variabilidade entre os valores obtidos nas análises, situados entre 3743 mg/L em 02/07/2010 e 10 mg/L em 17/1/2011 e 17/10/2011, com média de 353 mg/L. Já os resultados obtidos nos lançamentos (Figura 14) apresentaram-se entre 10 mg/L e 244 mg/L em 6/8/2009, com média de 21 mg/L. Cabe ressaltar que apenas 04 das 60 amostras

analisadas apresentaram valores acima aos limites permissíveis pela legislação ambiental, de 50 mg/L.

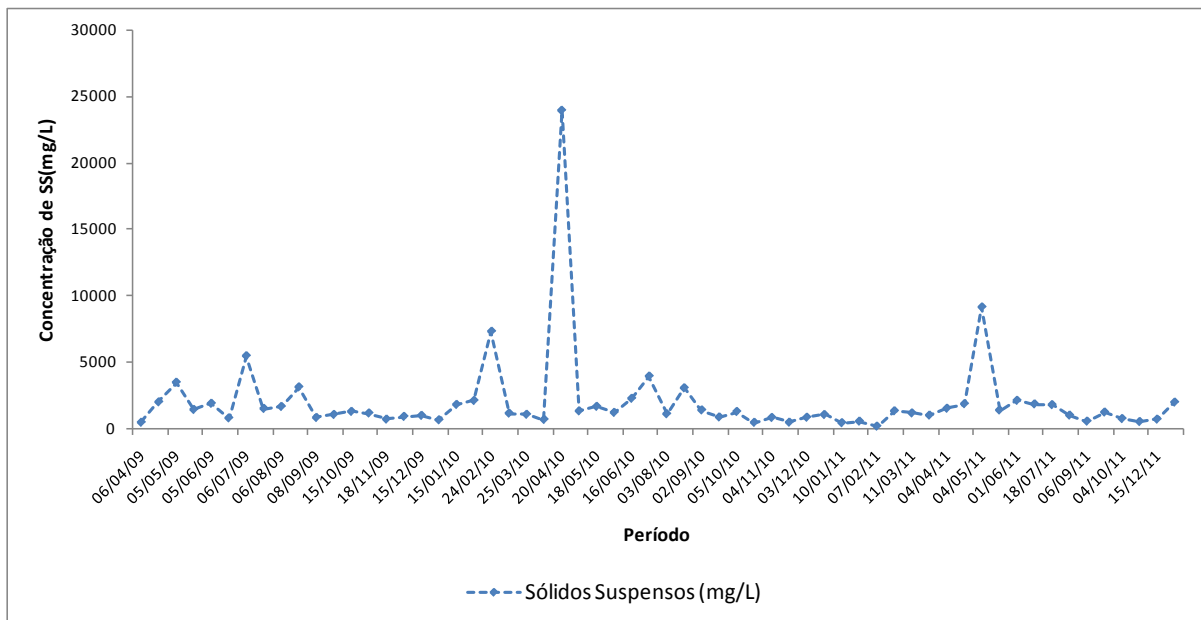


Figura 14 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na entrada da ETE do Frigorífico 1.

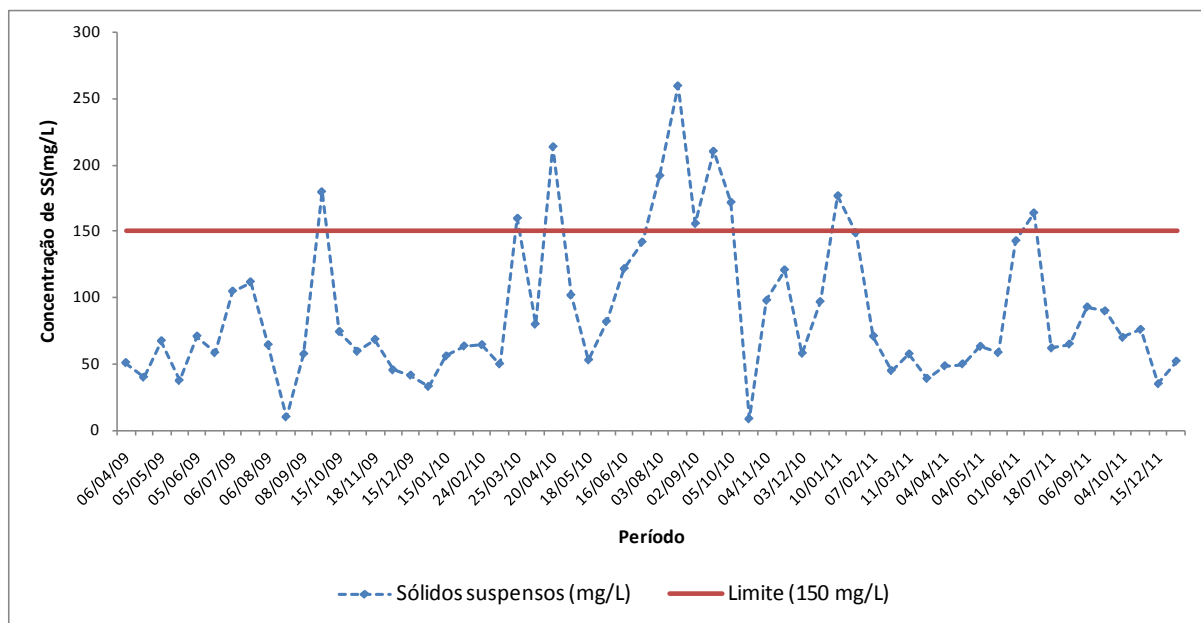


Figura 15 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na saída da ETE do Frigorífico 1.

Na análise do parâmetro Sólidos em Suspensão verificaram-se alguns valores de concentrações não satisfatórios, sendo eles, em maioria, de amostras coletadas durante o ano

de 2010, e apenas 02 amostras durante 2011, totalizando 09 amostras analisadas. Esses resultados ultrapassaram o limite estabelecido pela DN/01/2008 COPAM/CERH, de 150 mg/L para lagoas de estabilização. A variação das concentrações de entrada desse parâmetro (Figura 15) foi entre 24.000 mg/L em 20/4/2010 e 168 mg/L em 7/2/2011 com média de 2.003mg/L. Já os resultados obtidos na saída da ETE (Figura 16) variaram de 260 mg/L em 17/8/2010 a 9 mg/L em 19/10/2010, sendo sua média de 89 mg/L.

Frigorífico 2

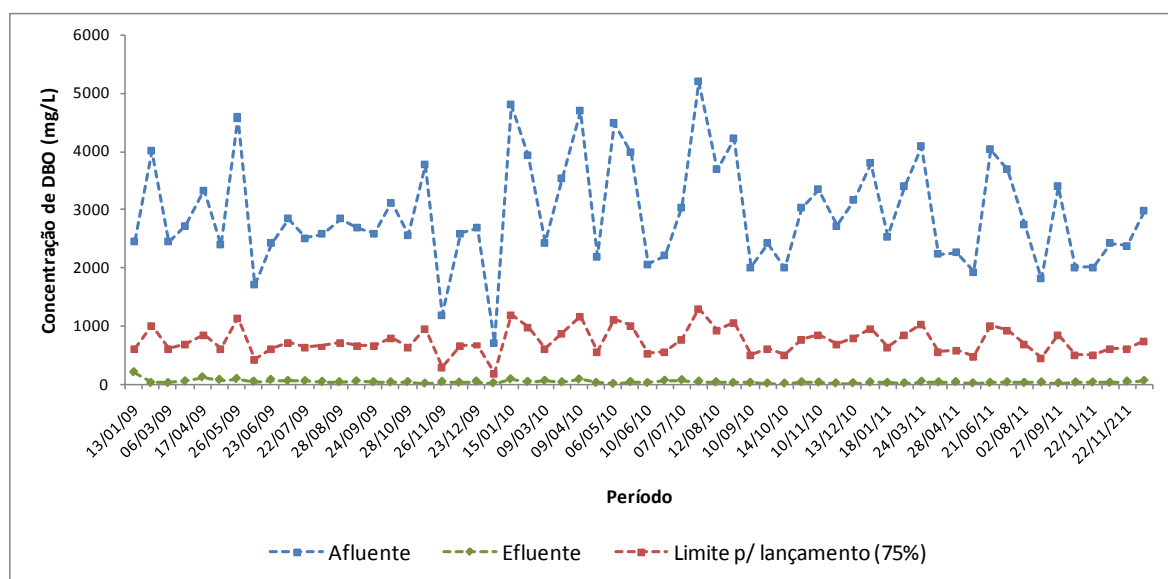


Figura 16 - Valores de concentração de DBO₅ afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 2.

As amostras coletadas na entrada da ETE (Figura 17), para o parâmetro DBO₅, apresentaram valores variando entre 4.809 mg/L em 15/01/2010 e 718 mg/L em 19/02/2010, com uma média de 2.933 mg/L. Nas análises de saída, os valores máximo e mínimo apresentados foram de 199 mg/L em 13/01/2009 e 3 mg/L em 06/05/2010, respectivamente, com uma média anual de 38 mg/L. A eficiência média anual de remoção de DBO₅ foi de 98,71%, sendo a eficiência mínima de 91,95%, a partir desses dados, pode-se concluir que ambas enquadram-se aos padrões de lançamento estabelecidos pela DN01/2008 COPAM, de no mínimo 75% para eficiência de remoção e de no mínimo 85% para média anual.

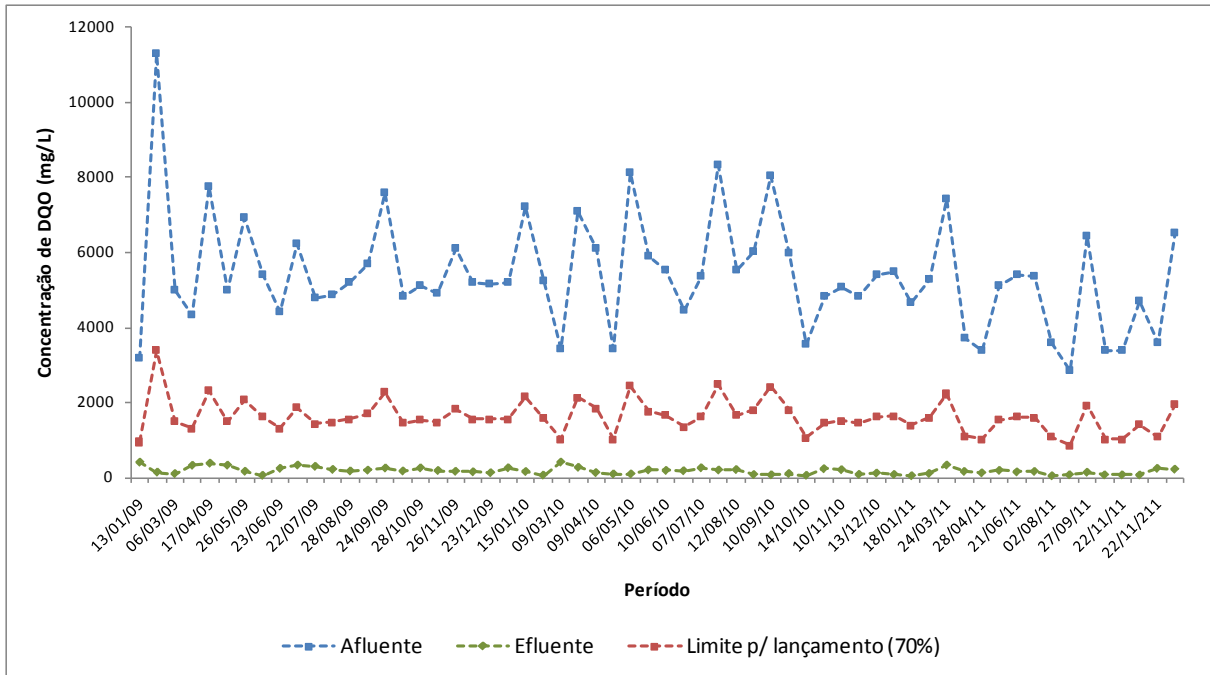


Figura 17 - Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 2.

O parâmetro DQO também apresentou resultados satisfatórios de eficiência de remoção, tendo em vista que a eficiência mínima de remoção foi de 92,0% e a eficiência média anual foi de 96,39%. Os valores encontrados variaram entre 8.326 mg/L e 3.199 mg/L na entrada da ETE, conforme apresentado na Figura 18, e entre 436 mg/L e 72 mg/L no efluente tratado.

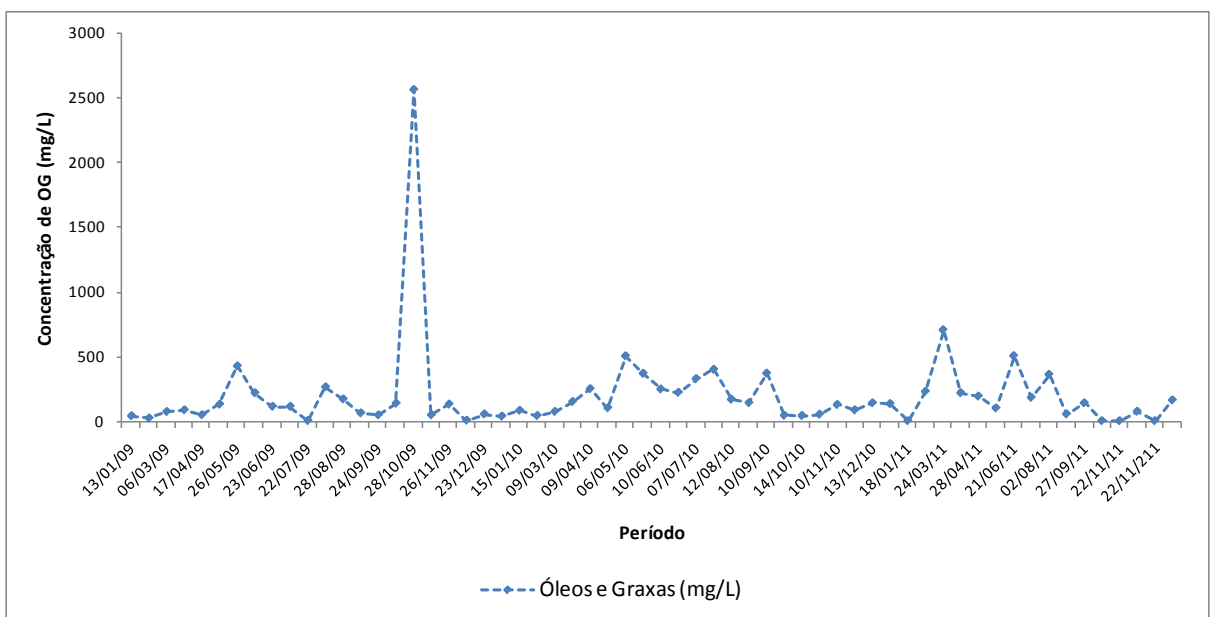


Figura 18 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETE do Frigorífico 2.

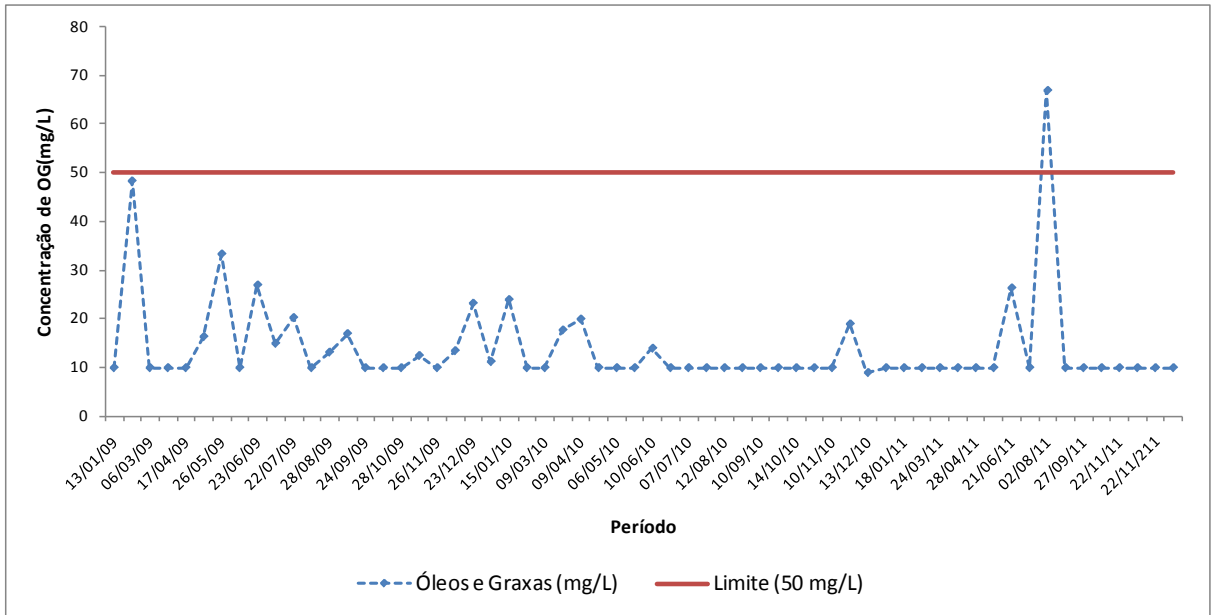


Figura 19 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETE do Frigorífico 2.

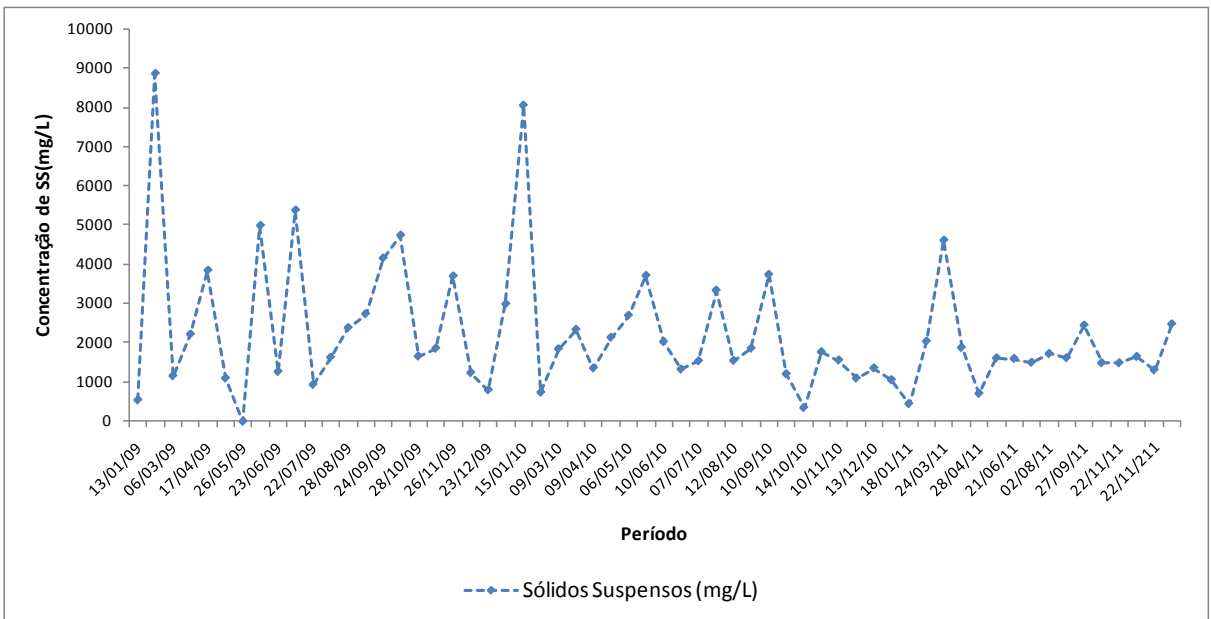


Figura 20 - Valores de concentração de Sólidos em Suspensão na entrada da ETE do Frigorífico 2.

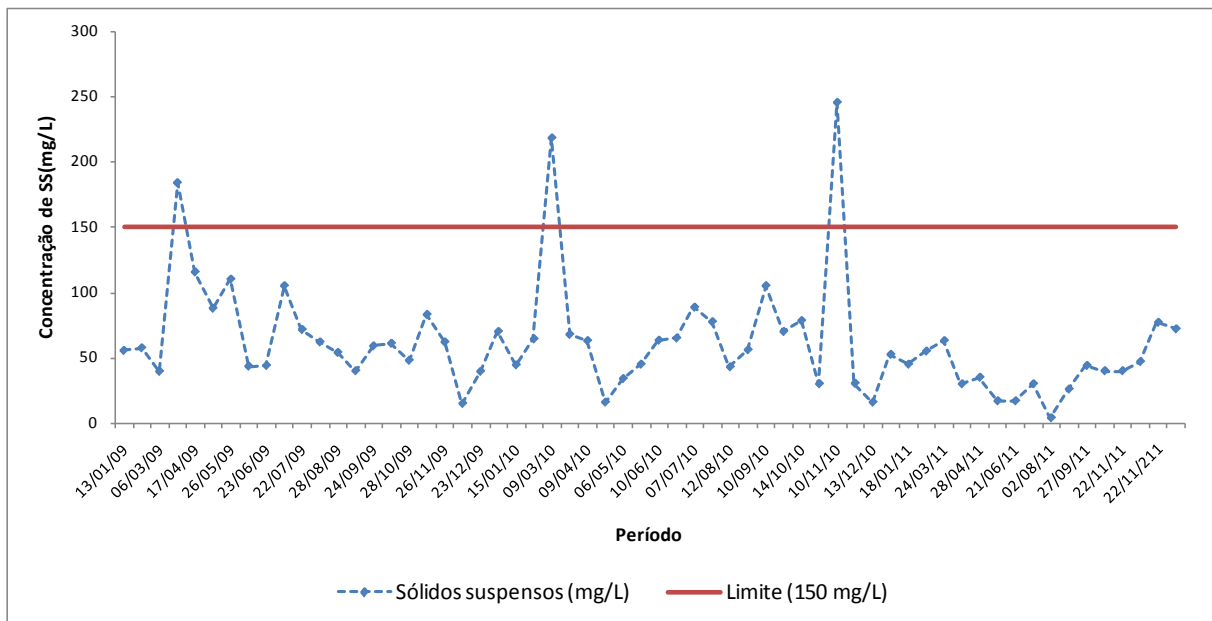


Figura 21- Valores de concentração de Sólidos em Suspensão na saída da ETE do Frigorífico 2.

Os parâmetros Óleos e Graxas e Sólidos em Suspensão, dentre os analisados, foram os únicos a apresentarem resultados insatisfatórios. Entretanto, esses resultados dividem-se em apenas 01 amostra do primeiro parâmetro e 03 amostras do segundo, dentre 60 análises cada. Para Óleos e Graxas, o maior valor encontrado foi de 2.568 mg/L e o menor 10 mg/L no efluente bruto (Figura 19), já no efluente de saída (Figura 20), esses valores foram de 67 mg/L e 9 mg/L. Para Sólidos em Suspensão, o maior valor encontrado foi de 8.860 mg/L e o menor 350 mg/L no efluente bruto (Figura 21), já no efluente de saída, esses valores foram de 245 mg/L e 4 mg/L (Figura 22). Os padrões exigidos para lançamento em relação a esses parâmetros são: máximo de 50 mg/L para Óleos e Graxas e máximo de 150 mg/L para Sólidos em Suspensão.

Frigorífico 3

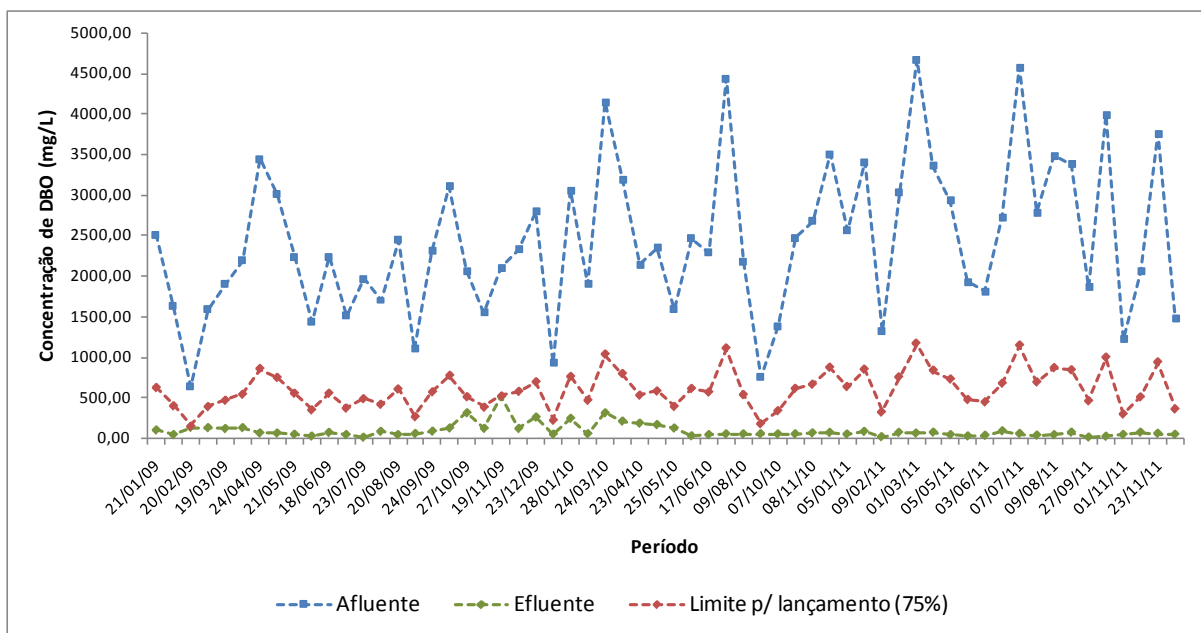


Figura 22 - Valores de concentração de DBO₅ afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 3.

A partir dos gráficos apresentados, no qual foram analisados os parâmetros DBO, DQO, OG e SS, pode-se atribuir à ETE avaliada, um desempenho satisfatório na remoção de cargas poluentes geradas no processo industrial.

Os valores de remoção de DBO₅ apresentaram-se, em sua totalidade, em conformidade com os padrões estabelecidos pela DN01/2008 COPAM/CERH para lançamento em corpos d'água. A eficiência mínima de remoção de DBO₅ encontrada foi de 75,47%, estando acima dos 75% exigidos. Os resultados encontrados na entrada da ETE para o período analisado ficaram situados entre 4.671 mg/L em 01/03/2011 e 636 mg/L em 20/02/2009, como demonstrado no Figura 23. Já na saída da ETE, os valores oscilaram entre 516 mg/L em 19/11/2009 e 21 mg/L em 23/07/2009. A eficiência média de remoção de carga orgânica foi de 95,84%, sendo a DBO₅ média de entrada de 2.426 mg/L e de saída de 101 mg/L.

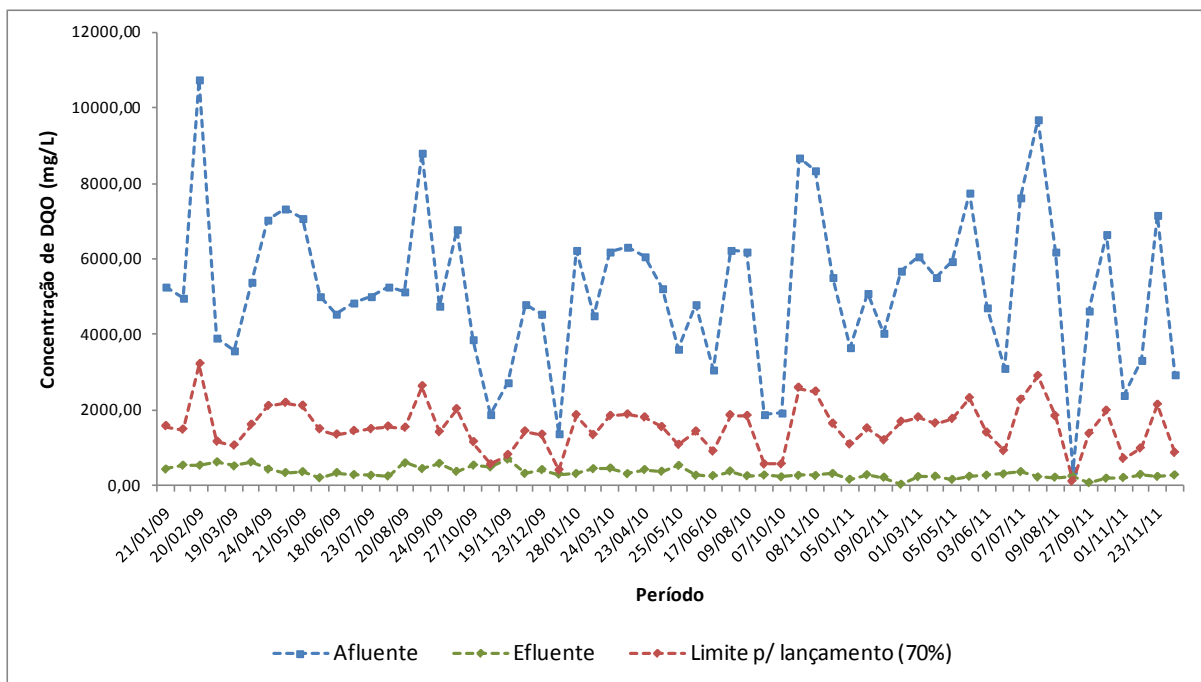


Figura 23- Valores de concentração de DQO afluente e efluente ao sistema de tratamento do Frigorífico 3.

Os resultados obtidos na entrada da ETE, conforme Figura 24, variaram entre 10.744 mg/L em 20/02/2009 e 1.392 mg/L em 12/01/2011, com média de 5.194,87 mg/L no período analisado. Já na saída da ETE, os valores oscilaram entre 712mg/L em 19/11/2009 e 34 mg/L em 22/02/2011 com uma média de 348 mg/L. A eficiência média de remoção de DQO foi de 93,31% e a eficiência mínima de 81,68%, estando ambas em acordo com o parâmetro estabelecido de 75% e 70%, respectivamente, pela legislação ambiental vigente.

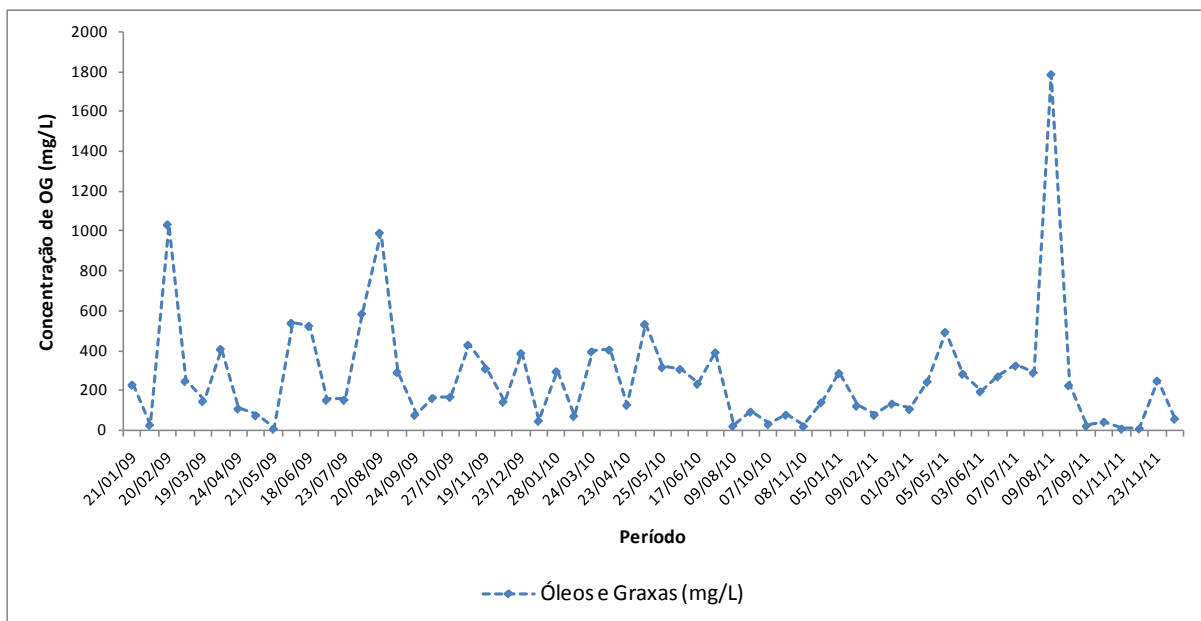


Figura 24 - Valores de concentração de Óleos e Graxas na entrada da ETE do Frigorífico 3.

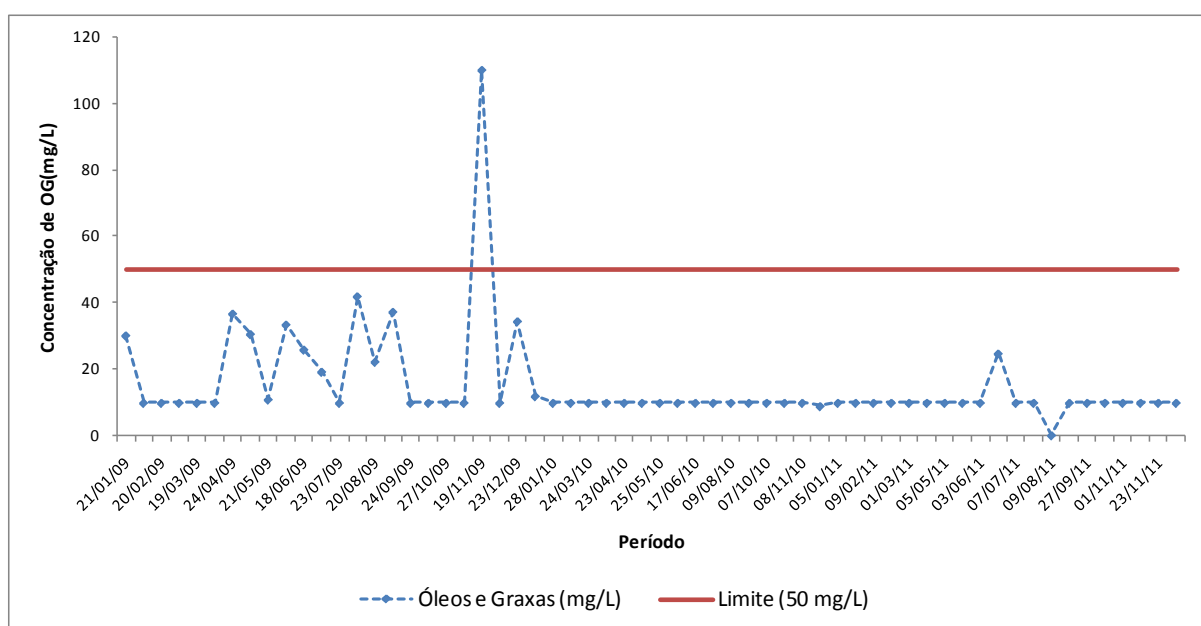


Figura 25- Valores de concentração de Óleos e Graxas na saída da ETE do Frigorífico 3.

As amostras de entrada do parâmetro Óleos e Graxas (Figura 25) apresentaram resultados situados entre 1.785 mg/L em 09/08/2011 e 10mg/L em 21/05/2009 e 01/11/2011, com média de 272 mg/L. Já os resultados obtidos no lançamento do efluente (Figura 26) apresentaram-se entre 42 mg/L em 06/08/2009 e 10 mg/L, com média de 15 mg/L. Cabe ressaltar que apenas 01 das 60 amostras analisadas apresentou valor acima do limite permissível pela DN 01/2008 COPAM/CERH, de 50 mg/L.

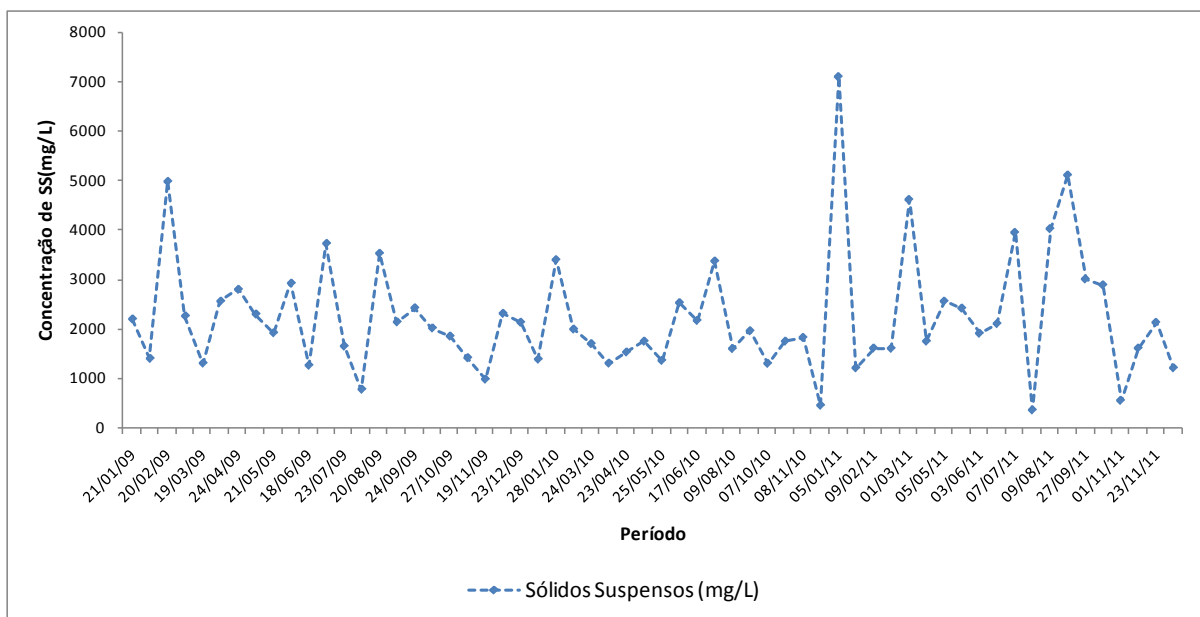


Figura 26 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na entrada da ETE do Frigorífico 3.

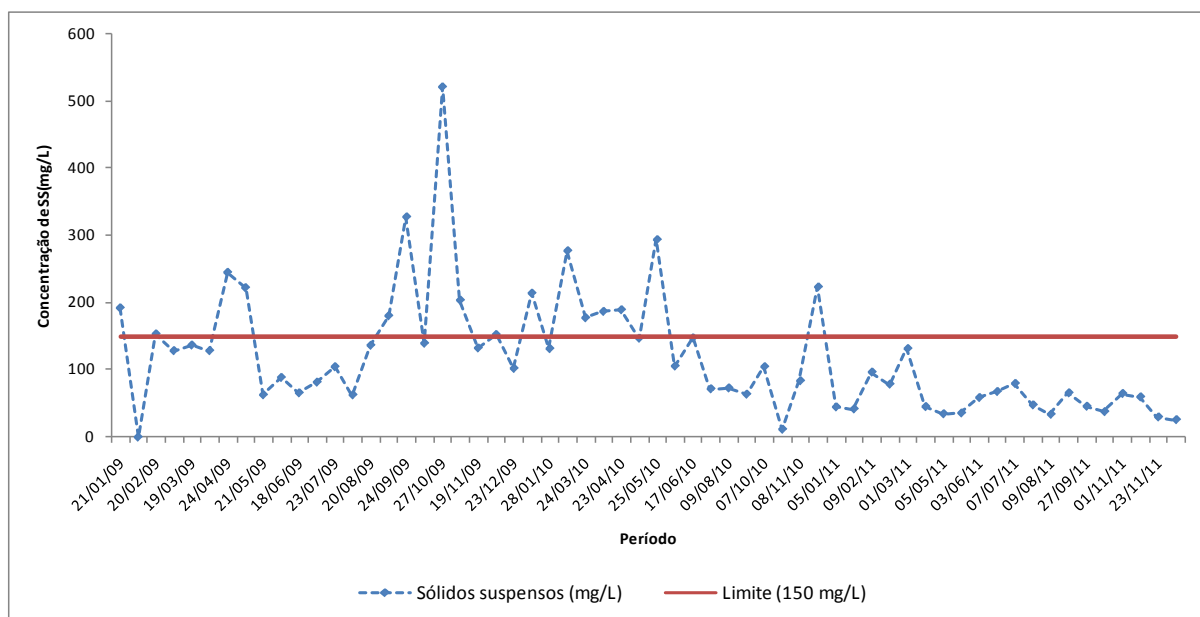


Figura 27 - Valores de concentração de Sólidos Suspensos na saída da ETE do Frigorífico 3.

Conforme a Figura 27, na análise do parâmetro Sólidos em Suspensão verificaram-se 16 valores de concentrações que ultrapassaram o limite estabelecido pela DN01/2008 COPAM/CERH, de 150 mg/L para lagoas de estabilização. Todos os resultados provêm de amostras coletadas durante o ano de 2009 até 2010. A variação das concentrações de entrada desse parâmetro foi entre 4.9856 mg/L em 20/02/2009 e 451 mg/L em 07/12/2010 com média

de 2.234 mg/L. Já os resultados obtidos na saída da ETE (Figura 28) variaram de 523 mg/L em 27/10/2009 a 12 mg/L em 21/10/2010, sendo sua média de 122 mg/L.

5.1.2. Estatística Descritiva

As Tabelas 6, 7 e 8 a seguir apresentam os valores das medidas de tendência central e das medidas de dispersão acerca dos resultados dos quatro parâmetros (DBO, DQO, OG, SS) analisados no efluente após tratamento em cada estação de tratamento.

Tabela 6 – Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 1.

ETE 1				
	PARÂMETRO			
	DBO	DQO	OG	SS
Média	69,2	93,6	21,0	89,1
Mediana	62,9	94,0	10,0	68,0
Desvio Padrão	30,3	3,3	35,0	54,5
Coefficiente de variação	0,44	0,0	1,66	0,61

(*) Número de amostras em cada parâmetro: 60.

Tabela 7 – Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 2.

ETE 2				
	PARÂMETRO			
	DBO	DQO	OG	SS
Média	37,8	195,0	14,1	62,0
Mediana	30,7	182,3	10,0	55,3
Desvio Padrão	30,0	171,6	12,5	43,3
Coefficiente de variação	0,79	0,5	0,69	0,7

(*) Número de amostras em cada parâmetro: 60.

Tabela 8 – Valores do efluente tratado na ETE do Frigorífico 3.

ETE 3				
	PARÂMETRO			
	DBO	DQO	OG	SS
Média	101,0	195,0	15,3	122,4
Mediana	71,4	182,3	10,0	102,5
Desvio Padrão	86,2	96,7	15,2	89,8
Coefficiente de variação	0,85	0,5	0,99	0,73

(*) Número de amostras em cada parâmetro: 60.

5.1.3. Representação gráfica – Box-Whisker

Foram apresentados a seguir, gráficos Box-Whisker para representação gráfica dos resultados estatísticos dos parâmetros DBO, DQO, OG e SS em cada estação de tratamento avaliada. Para os parâmetros DBO e DQO, que apresentaram nenhuma e 1 violação aos limites impostos pela legislação ambiental, respectivamente, considerando os resultados das três estações de tratamento, foram representadas nos gráficos Box-Whisker a percentagem das eficiências de remoção. Para os parâmetros Óleos e graxas e Sólidos em suspensão, que apresentaram mais resultados fora dos padrões estabelecidos, foram representados nos gráficos os resultados do efluente tratado.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

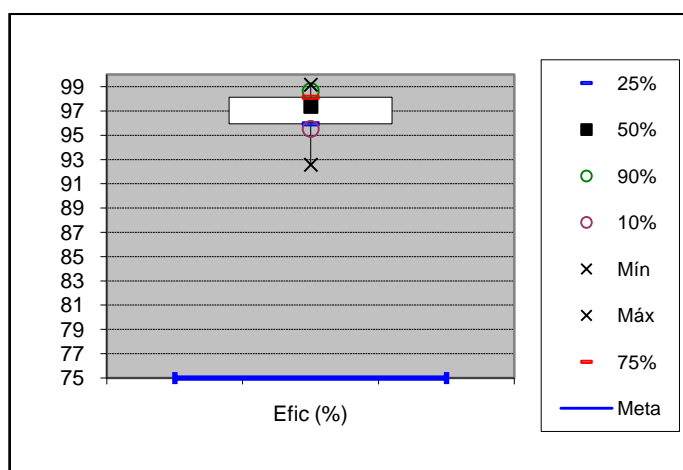


Figura 28 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 1

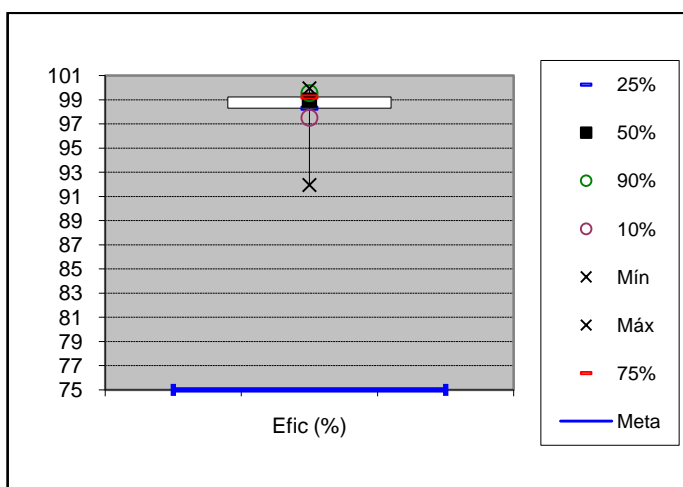


Figura 29 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 2.

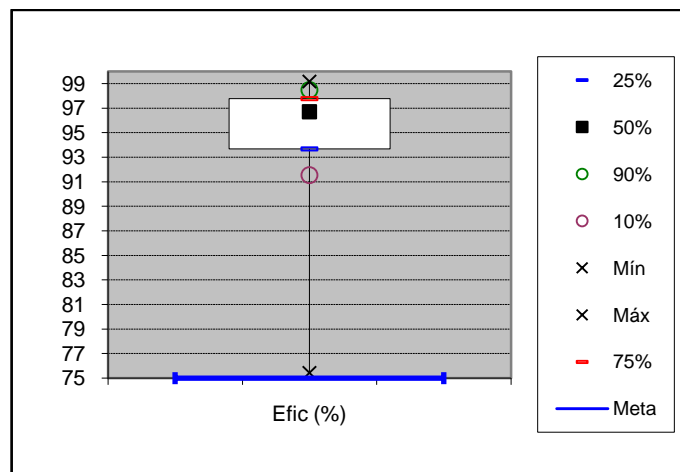


Figura 30 – Eficiência de remoção de DBO na ETE 3.

Após análise dos gráficos das Figuras 29, 30 e 31, pode-se observar que, para o parâmetro DBO, todos os resultados das três estações de tratamento não apresentaram nenhum valor abaixo da eficiência mínima de remoção estabelecida pela Deliberação Normativa COPAM/CERH nº01, de 05 de maio de 2008 de 75%.

As ETEs do frigorífico 1 e 3, apresentaram 50% dos resultados com eficiência de até 97% de remoção de carga orgânica. A ETE do frigorífico 2 apresentou resultados mais satisfatórios ainda, com 50% dos resultados com até 99% de eficiência de remoção. A menor eficiência encontrada foi na ETE do terceiro frigorífico em análise, com 75% de eficiência.

Demanda Química de Oxigênio

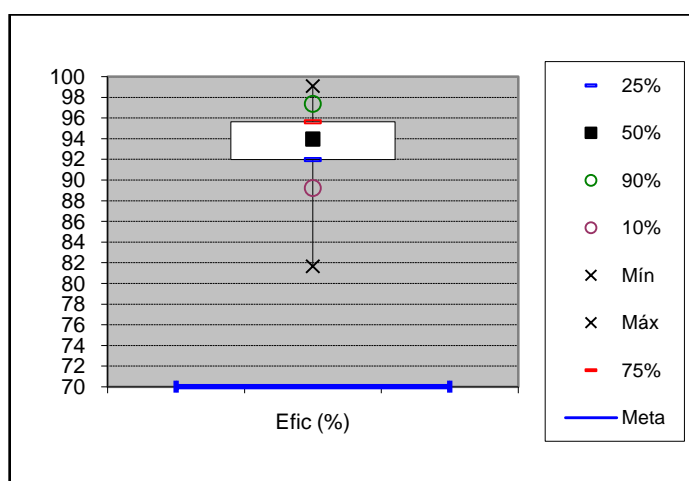


Figura 31 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 1.

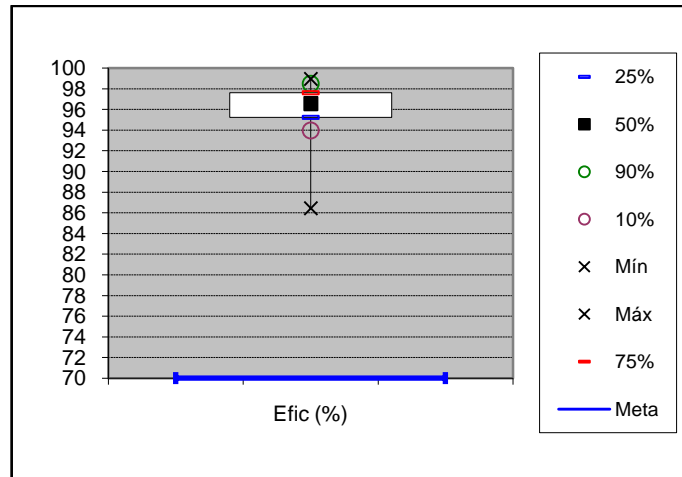


Figura 32 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 2.

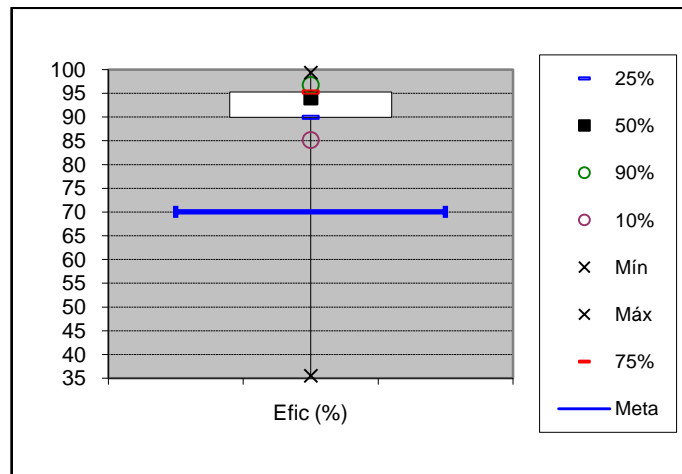


Figura 33 – Eficiência de remoção de DQO na ETE 3.

No parâmetro analisado nos gráficos das Figuras 32, 33 e 34, Demanda Química de Oxigênio, pode-se constatar que dentre todos os resultados, apenas 1 valor, encontrado no efluente da ETE do frigorífico 3, apresentou uma eficiência abaixo do limite permissível pela legislação ambiental estadual, que preconiza 70% de eficiência mínima de remoção. No caso, a eficiência encontrada foi de 36%. Entretanto, esse valor muito abaixo dos outros encontrados pode ser considerado um valor atípico, uma vez que a amostra do afluente recolhida possuía uma concentração de DQO substancialmente inferior à média das concentrações das outras 59 amostras analisadas. Considerando-se que após tratamento, a concentração de DQO encontrada foi similar às outras demais 59 amostras, pode-se afirmar que por isso, a eficiência apresentou um valor tão abaixo do esperado.

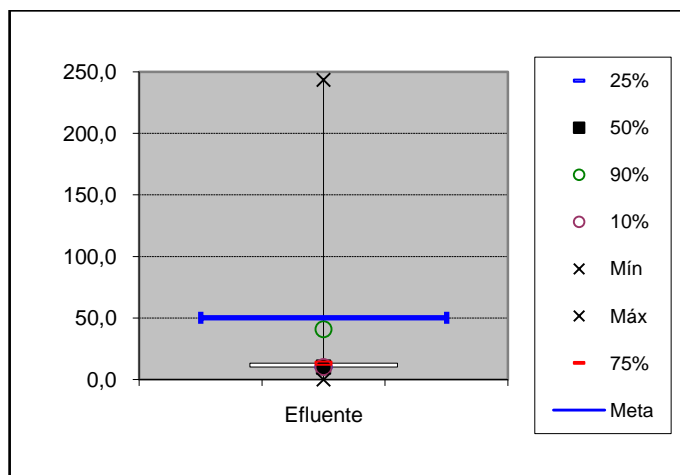


Figura 34 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 1.

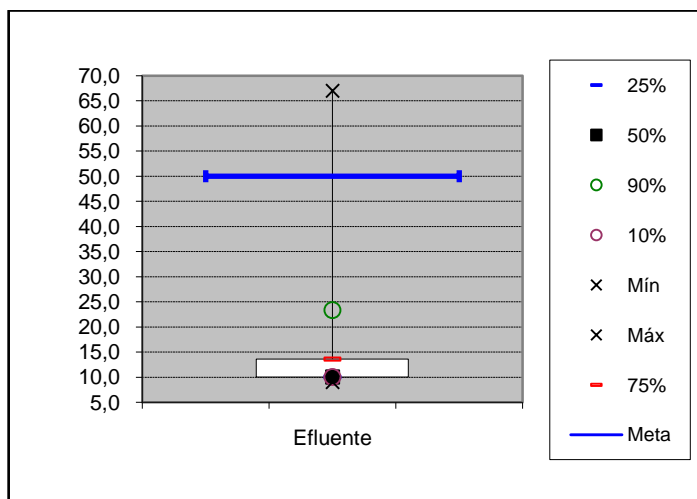


Figura 35 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 2.

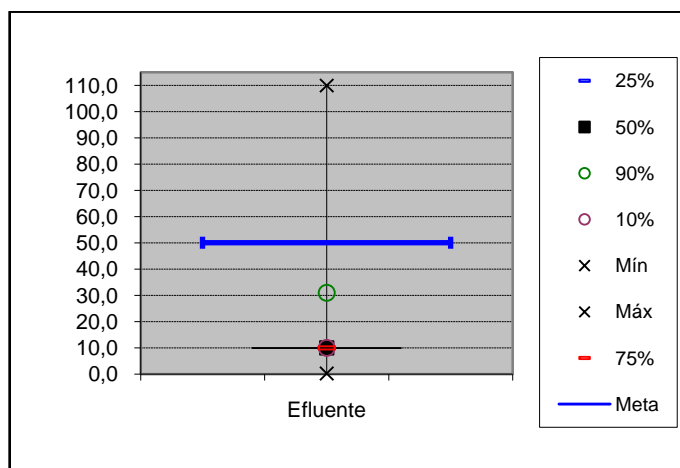


Figura 36 – Valores de Óleos e graxas nos resultados do efluente na ETE 3.

Para o parâmetro Óleos e Graxas, conforme mostram as Figuras 35, 36 e 37, em todas as três estações de tratamento, em particular a do frigorífico 1, apresentaram-se valores muito acima do estabelecido pela legislação ambiental mineira, totalizando 4 violações no efluente da ETE 1, e nas ETE's 1 e 2, 1 violação cada. Em contrapartida, nas três estações de tratamento, a maioria dos resultados apresentaram-se conforme os padrões estabelecidos pela DN COPAM/CERH nº01, de 05 de maio de 2008, que preconiza um limite de até 50 mg/L.

Sólidos em suspensão

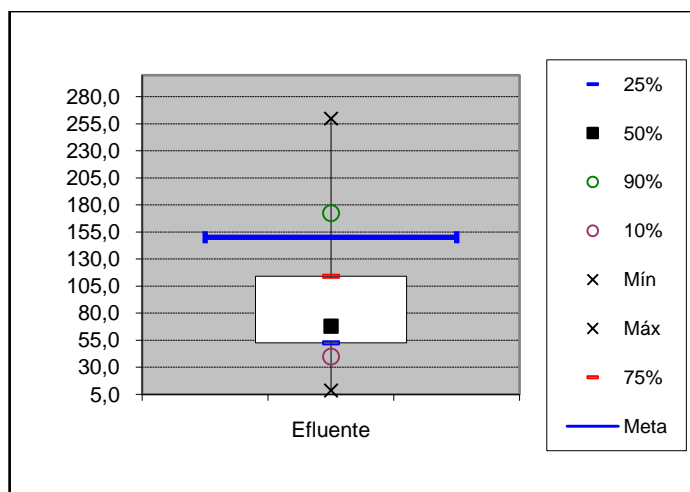


Figura 37 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 1.

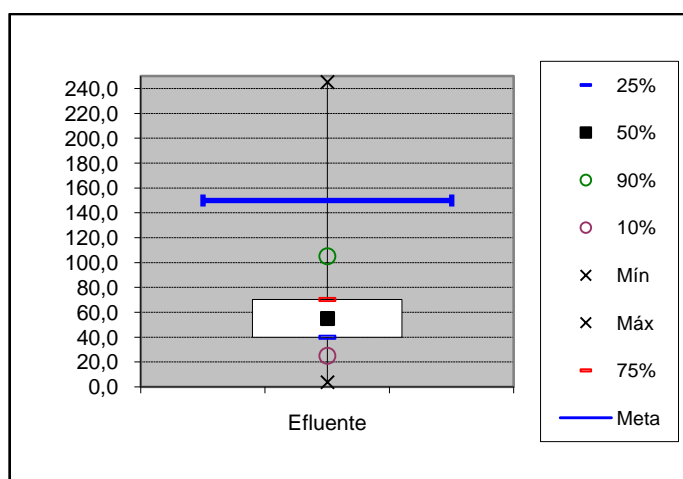


Figura 38 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 2.

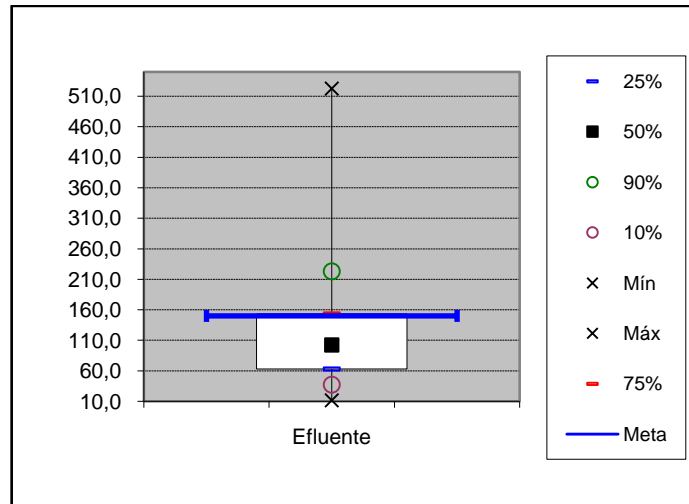


Figura 39 – Valores de Sólidos suspensos nos resultados do efluente na ETE 3.

Conforme apresentado nos gráficos das Figuras 38, 39 e 40, o parâmetro Sólidos em suspensão, dentre todos os outros analisados, foi o que apresentou mais resultados insatisfatórios. A estação de tratamento do frigorífico 3 foi a que mais obteve resultados com violações, totalizando 16 violações, seguida da ETE do frigorífico 1, com 9, e enfim, a ETE do frigorífico 2 com 3 violações. Entretanto, pode-se afirmar que em todas as estações de tratamento de efluente, 50% dos resultados obtidos apresentaram valores inferiores ao limite de 150 mg/L, para lagoas de estabilização, impostos pela legislação ambiental.

5.1.4. Comparação Entre As Estações De Tratamento

Após análise dos gráficos de séries temporais, bem como os gráficos Box-plot, verificou-se violações de alguns parâmetros, são eles: DQO, Óleos e graxas e Sólidos em suspensão. Na Tabela 9, encontra-se um resumo de todas as violações de cada parâmetro analisado nas estações de tratamento dos frigoríficos 1, 2 e 3.

Tabela 9 – Número de violações das ETES (por parâmetro e totais)

Parâmetro/Ano	ETE 01				ETE 02				ETE 03			
	2009	2010	2011	Total anual	2009	2010	2011	Total anual	2009	2010	2011	Total anual
DBO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DQO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SS	0	7	2	9	1	2	0	3	9	7	0	16
OG	3	1	0	4	0	0	1	1	1	0	0	1
TOTAL DE VIOLAÇÕES	13				4				18			

(*) Número total de amostras avaliadas para efluente tratado: 240.

A partir dessa tabela, pode-se observar que a indústria que apresentou mais violações dentre as três avaliadas foi o frigorífico 3, com 18 violações, seguido do frigorífico 1, com 13 violações, e finalmente, o frigorífico 2, com apenas 4 valores fora dos padrões impostos pela legislação. Cabe ressaltar que o número de violações totais seguiu a mesma ordem que o número de violações do parâmetro Sólidos em suspensão, ou seja, por apresentar um número de valores fora dos padrões muito superior aos outros parâmetros, o parâmetro Sólidos suspensos influenciou diretamente na totalidade de violações. Sendo assim, os Sólidos em suspensão podem ser considerados o parâmetro que requer maior atenção na operação das estações de tratamento.

Tabela 10 - Valores médios das concentrações afluentes e efluentes aos sistemas de tratamento.

PARÂMETRO	UNIDADE	AFLUENTE			EFLUENTE		
		ETE 1	ETE 2	ETE 3	ETE 1	ETE 2	ETE 3
DBO	mg/L	2618	2933	2426	69	38	101
DQO	mg/L	4674	5407	5195	259	195	348
OG	mg/L	353	204	272	21	14	15
SS	mg/L	2003	2306	2234	89	62	122

Entre as três estações de tratamento de efluentes analisadas no presente trabalho, pode-se constatar através da Tabela 10 e de todos os gráficos já apresentados que, a ETE que apresentou maior eficiência de remoção de todos os parâmetros (DBO, DQO, OG e SS) foi a pertencente ao frigorífico 2. Mesmo em alguns casos apresentando valores de concentrações afluentes maiores que os das outras ETEs, todas as médias das amostras do efluente analisado mostraram-se inferiores às demais. A estação de tratamento com menor eficiência foi a ETE do frigorífico 3, apresentando as maiores médias de valores de concentrações para três parâmetros dentre as três estações, DBO, DQO e SS, obtendo uma concentração de Óleos e graxas inferior apenas à média da estação do frigorífico 1. A baixa eficiência da última ETE avaliada pode ser atribuída ao grande número de violações dos parâmetros Óleos e graxas e Sólidos suspensos, principalmente devido ao segundo parâmetro citado.

Como já apresentado anteriormente, o frigorífico 2 adota em seu sistema de tratamento de efluentes, a retirada do lodo contínua da lagoa de decantação para a disposição em leitos de secagem, bem como a recirculação do lodo excedente para a lagoa de aeração. O frigorífico 1 adota um sistema parecido com o do frigorífico anterior, possuindo também leitos de secagem para disposição do lodo retirado da lagoa de decantação. Ao contrário dos frigoríficos citados,

o frigorífico 3 não possui nenhuma dessas operações em seu sistema de tratamento de efluentes, fato esse que pode ser o motivo pelo qual o principal parâmetro com violações, os Sólidos suspensos, apresente baixa eficiência de remoção.

Entretanto, vale ressaltar que durante o ano de 2010 houve uma retirada de lodo, com posterior disposição no solo, após 9 anos de acumulação na ETE 3, o que pode ter gerado resultados de concentração de sólidos em suspensão maiores que os esperados. Pode-se basear essa afirmação no fato de que no ano de 2011 não houve violações em relação a esse parâmetro.

A estação de tratamento do frigorífico 1, cujo parâmetro SS apresentou alguns resultados também insatisfatórios, teve seus leitos de secagem duplicado durante o ano de 2010, período de maior ocorrência de violações, com 7 resultados fora dos limites permissíveis dentre os 9 resultados totalizados. Após essa duplicação dos leitos, apenas 2 resultados durante o ano de 2011 apresentaram violações.

Em relação ao parâmetro Óleos e graxas, a estação que apresentou maior ocorrência de violações foi a pertencente ao frigorífico 1, entretanto, todos os resultados fora dos padrões ocorreram no ano de 2009. Nos outros frigoríficos, dentre as 60 amostras analisadas de cada estação, apenas 1 em cada apresentou resultados não conformes com os limites impostos pela legislação ambiental estadual.

Todos os resultados referentes os quatro parâmetros analisados durante o período de 2009 a 2011 das três estações de tratamento em questão encontram-se apresentadas nas tabelas do APÊNDICE A.

O teste de Kruskal-Wallis, teste de hipóteses não paramétrico, foi utilizado para mostrar se há diferenças significativas entre as estações de tratamento de efluente avaliadas no presente trabalho, considerando-se os parâmetros que apresentaram violações aos padrões da legislação ambiental de Minas Gerais.

Para realização do memorial de cálculo não se utilizou a violação do parâmetro DQO, pois o mesmo apresentou apenas uma única ocorrência, conforme se pode observar na Tabela 9, sendo considerado um valor atípico dentre os resultados.

As violações analisadas (Tabela 11 e Tabela 12) correspondem aos parâmetros Óleos e Graxas e Sólidos em Suspensão, cujas ocorrências apresentaram-se com maior frequência e quantidade nas três estações de tratamento.

Pelo teste estatístico de Kruskal-Wallis, não se pode afirmar que existem diferenças significativas entre as medianas do número de violações das três estações de tratamento de efluentes, ao nível de significância de 5%. Pode-se tirar essa conclusão a partir dos resultados obtidos de H corrigido (5,089) e H tabelado (5,361), conforme teste realizado e apresentado no APÊNDICE C.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

As indústrias de abate de bovinos e suínos constituem uma tipologia industrial cujo potencial poluidor é bastante alto, principalmente devido às altas concentrações de matéria orgânica presentes no efluente gerado após o processamento industrial, e que são lançados, na maioria das vezes, diretamente nos cursos d'água.

O fato de o Brasil pertencer ao grupo de países que mais produzem e exportam carnes bovinas e suínas, fez com que a legislação ambiental impusesse medidas mais rigorosas para maior controle do lançamento desses efluentes, ocasionando conseqüentemente, a adoção de sistemas de tratamento de efluentes pelas próprias indústrias.

Visando avaliar o desempenho de três estações de tratamento de indústrias de abate quanto à remoção de cargas orgânicas, foram realizadas análises de dados secundários através de gráficos e tabelas a partir dos resultados de 120 amostras do afluente e do efluente de cada ETE, num período compreendido entre 2009 e 2011.

Após a análise desses dados, observou-se que todas as estações de tratamento de efluente apresentaram valores de eficiência de remoção de cargas orgânicas acima do padrão estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº01/86. O parâmetro DBO foi o que apresentou eficiências mais elevadas, seguido pelo parâmetro DQO, que dentre todos os 60 resultados obtidos, apenas um sofreu violação, mas que foi considerado um valor atípico devido à baixa concentração do afluente, o que ocasionou a baixa eficiência.

Mesmo todas as estações apresentando eficiências bastante satisfatórias na remoção de DBO e DQO, os outros dois parâmetros, OG e SS, apresentaram resultados não conformes com os limites permissíveis pela legislação ambiental estadual. Entretanto, para Óleos e Graxas, os valores com violações mostraram-se mais frequentes no primeiro ano avaliado, 2009, no frigorífico 1 e nas outras indústrias os valores mostraram-se pontuais, sem grande significância se comparados ao número total de amostras analisadas. Sólidos em suspensão foi o parâmetro cujos valores obtidos apresentaram maior número de violações dentre todas as estações de tratamento. A partir disso, pode-se constatar que esse é o parâmetro que merece maior cuidado no manejo durante a operação das ETES.

Apesar de cada frigorífico possuir capacidades de abate diferentes, variando entre 370 a 1.400 animais abatidos ao dia, dois deles possuem industrialização da carne (frigorífico 1 e 3) e, inclusive, apenas um deles realizar abate de suínos (frigorífico 1), as concentrações de entrada e saída de todos os parâmetros analisados apresentaram valores similares. Cabe ressaltar que os frigoríficos que possuem maior número de violações foram a indústria de maior capacidade nominal de abate e o de maior capacidade de industrialização de carne.

Entretanto, um fator importante a ser considerado é a disposição e o destino do lodo acumulado na lagoa de decantação, principal responsável pela presença de sólidos em suspensão no efluente. Enquanto a ETE do frigorífico 2, responsável pelos melhores resultados, realiza a retirada do lodo e o encaminha para leitos de secagem e, além disso, possui um sistema de recirculação do lodo excedente da lagoa de decantação para a lagoa aerada, a ETE do frigorífico 1, realiza apenas a retirada do lodo para os leitos de secagem. Já a ETE da indústria 3 não possui nenhum desses dois sistemas para gerenciamento do lodo, fator que pode ter contribuído para os resultados com valores mais insatisfatórios dentre as três estações.

Ao ser constatado essa diferença de eficiência nos parâmetros OG e SS entre as ETEs, realizou-se no presente trabalho um tratamento estatístico dos dados obtidos através do teste de hipóteses não paramétrico Teste de Kruskal-Wallis. Após a realização do teste não se verificou diferenças significativas entre as estações. Apesar disso, é evidente que devem ser tomadas precauções quanto aos parâmetros com violações, em particular, o parâmetro Sólidos suspensos. Sendo assim, recomenda-se que, para as indústrias de abate 1 e 3 obterem resultados com menor número de violações, ou nenhuma, deve ser adotado o mesmo procedimento de manejo do lodo acumulado na lagoa de decantação que o frigorífico 2 possui, uma vez que o mesmo apresentou resultados satisfatórios.

Cabe ressaltar que mesmo após a adequação desses sistemas de tratamento nos frigoríficos 1 e 3, deve-se adotar medidas de prevenção durante a operação de todas as etapas das ETEs, desde o tratamento preliminar até a saída do efluente do tratamento biológico. Essa recomendação é válida também para a ETE 2, uma vez que mesmo apresentando bons resultados, uma operação irregular do sistema pode atribuir posteriores resultados negativos, e conseqüentemente, violações à legislação ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível em <<http://www.abiec.com.br/br>> Acesso em nov. 2011.

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em nov. 2011.

ANDRADE, J. B.; SARNO, P. Química Ambiental em Ação: Uma nova abordagem para tópicos de química relacionados com o ambiente. Química Nova. Órgão de Divulgação da Sociedade Brasileira de Química. v.13. n.3, 1990.

ARRUDA, V. C. M. *Tratamento anaeróbio de efluentes gerados em matadouros bovinos*. 2004. 128 f. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. *Manual de tratamento de águas residuárias*. São Paulo: CETESB, 1993. 764 p.

BRASIL. *Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário da União, Brasília, 2 set. 1981.

_____. *Resolução CONAMA n°430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n°357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

_____. *Resolução n° 357 de 17 de março de 2005*. 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. Brasília, 2005.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. *Guia técnico ambiental de abate (bovino e suíno)*. São Paulo, SP. CETESB, 2006.

CIKOSKI, A.; ROTTA, M.; BECEGATO, V.; MACHADO, W. C. P.; ONOFRE, S. B. Caracterização de efluentes gerados no processo agroindustrial – Caso da indústria frigorífica. *Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí*, Jataí, n.11, p.92-102, 2008.

ERLON, Alves Ribeiro. *Tratamento de efluente de abate bovino com lagoas de estabilização e impacto do lançamento sobre o corpo receptor*. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2010.

HORTA, Leonardo Telles. *Estudo do incremento protéico do conteúdo estomacal de bovinos em reator de bancada, como uma alternativa de reciclagem do resíduo de abate frigorífico*. 2004. 132 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

LEITE, V. D.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; PRASAD, S.; SILVA, S. A. Tratamento de águas residuárias em lagoas de estabilização para aplicação na fertirrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, (suplemento), p.71-75, 2005.

MESS, J. B. R.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A.; FAZOLO, A.; SAMPAIO, S. C. Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using *Eichhorniacrassipes* and evaluation of the generated biomass composting. *Engenharia Agrícola*, v.29, p.466-473, 2009.

MELO, G.C.B.; TÔRRES FILHO, A.; ABREU, L.R.; DIAS, L.C., BEIRIGO, L.C.; SCHERER, D. Resíduos sólidos em indústrias de abate frigorífico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Florianópolis, 2004.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, 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. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

M.A.P.A. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em nov. 2011.

MORENO, J.; MAGALHÃES, C. A. C.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. Modelagem matemática da relação entre DBO total e DBO solúvel versus a taxa de aplicação superficial, em lagoas de estabilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro, p.326-332, 1999.

REIDEL, A.; DAMASCENO, S.; ZENATTI, D. C.; SAMPAIO, S. C.; FEIDEN, A.; QUEIROZ, M. M. F. Utilização de efluente frigorífico, tratado com macrófita aquática, no cultivo de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, (suplemento), p.181-185, 2005.

ROSA, André Pereira, *Avaliação da viabilidade técnica e ambiental do uso do conteúdo ruminal bovino como biocombustível*. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SPERLING, M. *Lagoas de estabilização*. 2 ed. ampliada. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

_____, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SPIEGEL, M. R. *Estatística: resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos*; tradução de Pedro Cosentino; ed. rev. por Carlos José Pereira de Lucena. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1977.

THEBALDI, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; ROCHA, M. S.; NETO, S. A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.3, p.302-309, 2011.

VIDAL, C. L. R. Gestão de aquíferos – generalidades. *A água em revista*. v.5, p. 10-13, 1997.

VIEIRA JOSÉ, J.; RIBAS, M. M. F.; FREITAS, P. S. L.; FRANCISCONI JÚNIOR, J. P. Efeito da aplicação de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.2, n.1, 2009.

APÊNDICE A – TABELAS COM OS VALORES DOS PARÂMETROS DBO, DQO, OG E SS.

Tabela 11 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 1 durante os anos 2009, 2010 e 2011.

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente			Afluente		Efluente			Afluente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	DBO ₅	DQO		
1	06/04/09	1944	64	486	2606	177	782	170	10	50	460	51	150	96,7	93,2		
2	15/04/09	2369	45	592	4129	79	1239	55	28	50	2000	40	150	98,1	98,1		
3	05/05/09	3373	46	843	7330	65	2199	371	113	50	3480	68	150	98,6	99,1		
4	18/05/09	2398	41	599	5835	156	1750	122	16	50	1425	38	150	98,3	97,3		
5	05/06/09	2537	47	634	5310	74	1593	359	30	50	1892	71	150	98,1	98,6		
6	15/06/09	935	32	234	2422	291	727	36	48	50	790	59	150	96,6	88,0		
7	06/07/09	3242	61	811	6543	227	1963	591	19	50	5480	105	150	98,1	96,5		
8	15/07/09	1561	33	390	4652	263	1396	62	10	50	1504	112	150	97,9	94,3		
9	06/08/09	2621	50	655	6566	227	1970	273	244	50	1653	65	150	98,1	96,5		
10	17/08/09	4169	68	1042	5695	221	1709	105	40	50	3129	10	150	98,4	96,1		
11	08/09/09	1226	25	307	2570	149	771	363	62	50	822	58	150	98,0	94,2		
12	15/09/09	2050	40	512	3609	247	1083	55	16	50	1050	180	150	98,0	93,2		
13	15/10/09	2320	47	580	3255	198	977	60	10	50	1280	75	150	98,0	93,9		
14	05/11/09	2282	40	570	3641	169	1092	207	10	50	1160	60	150	98,2	95,4		
15	18/11/09	1095	28	274	2212	227	664	106	32	50	697	69	150	97,5	89,7		
16	07/12/09	1578	40	395	2375	132	712	356	10	50	903	46	150	97,5	94,4		
17	15/12/09	2375	29	594	3315	171	995	136	11	50	980	42	150	98,8	94,8		
18	05/01/10	1717	55	429	2994	162	898	50	50	50	645	33	150	96,8	94,6		
19	15/01/10	4700	133	1175	5988	227	1797	212	89	50	1805	56	150	97,2	96,2		
20	19/02/10	2393	24	598	4261	276	1278	167	0	50	2105	64	150	99,0	93,5		

N° de amostras	Data	Afluyente		Efluente			Afluyente		Efluente			Afluyente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %			
														DBO ₅	DQO		
21	24/02/10	6094	52	1523	12107	266	3632	2491	10	50	7327	65	150	99,2	97,8		
22	10/03/10	2443	55	611	3762	169	1129	46	10	50	1150	50	150	97,8	95,5		
23	25/03/10	2294	48	573	5197	296	1559	487	14	50	1060	160	150	97,9	94,3		
24	06/04/10	1990	32	497	3110	190	933	102	10	50	675	80	150	98,4	93,9		
25	20/04/10	1967	61	492	3544	213	1063	523	10	50	24000	214	150	96,9	94,0		
26	04/05/10	2740	77	685	5327	260	1598	280	13	50	1320	102	150	97,2	95,1		
27	18/05/10	2783	38	696	3381	246	1014	478	10	50	1660	53	150	98,6	92,7		
28	08/06/10	2993	52	748	5262	322	1579	251	10	50	1205	82	150	98,3	93,9		
29	16/06/10	4367	71	1092	7609	299	2283	964	14	50	2267	122	150	98,4	96,1		
30	02/07/10	5657	62	1414	13998	442	4199	3743	10	50	3945	142	150	98,9	96,8		
31	03/08/10	2171	93	543	3707	478	1112	235	10	50	1100	192	150	95,7	87,1		
32	17/08/10	1827	50	457	4554	439	1366	615	10	50	3060	260	150	97,3	90,4		
33	02/09/10	2447	71	612	5108	377	1532	215	10	50	1390	156	150	97,1	92,6		
34	16/09/10	2056	107	514	3837	455	1151	62	10	50	860	211	150	94,8	88,1		
35	05/10/10	1310	91	327	4196	190	1259	82	10	50	1273	172	150	93,0	95,5		
36	19/10/10	2346	102	586	3218	283	965	112	13	50	455	9	150	95,6	91,2		
37	04/11/10	3777	95	944	5271	325	1581	522	10	50	823	98	150	97,5	93,8		
38	18/11/10	1764	105	441	2957	367	887	175	10	50	466	121	150	94,0	87,6		
39	03/12/10	2400	33	600	3206	86	962	65	9	50	840	58	150	98,6	97,3		
40	22/12/10	2524	99	631	3576	322	1073	264	9	50	1045	97	150	96,1	91,0		
41	10/01/11	3088	92	772	4054	380	1216	13	10	50	426	177	150	97,0	90,6		

Nº de amostras	Data	Afluyente		Efluente		Afluyente		Efluente		Afluyente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %	
														DBO ₅	DQO
42	17/01/11	1594	69	399	2696	351	809	10	10	50	545	149	150	95,7	87,0
43	07/02/11	2644	113	661	4228	257	1268	125	10	50	168	71	150	95,7	93,9
44	21/02/11	2377	97	594	4228	221	1268	348	10	50	1325	45	150	95,9	94,8
45	11/03/11	1878	38	470	4424	240	1327	11	10	50	1163	58	150	98,0	94,6
46	21/03/11	1941	116	485	3315	247	995	171	10	50	1000	39	150	94,0	92,6
47	04/04/11	2865	100	716	4880	348	1464	263	10	50	1518	49	150	96,5	92,9
48	18/04/11	2771	117	693	5066	309	1520	271	10	50	1860	50	150	95,8	93,9
49	04/05/11	7962	79	1991	14715	230	4415	2457	10	50	9160	63	150	99,0	98,4
50	16/05/11	2081	42	520	3501	82	1050	225	10	50	1385	59	150	98,0	97,7
51	01/06/11	2888	113	722	4717	380	1415	732	10	50	2115	143	150	96,1	91,9
52	16/06/11	2549	99	637	5988	517	1797	86	10	50	1845	164	150	96,1	91,4
53	18/07/11	1790	80	448	2158	230	647	112	10	50	1790	62	150	95,5	89,3
54	01/08/11	2525	106	631	4545	266	1364	197	13	50	1000	65	150	95,8	94,1
55	06/09/11	988	40	247	1628	80	488	23	10	50	545	93	150	96,0	95,1
56	20/09/11	2683	84	671	4750	376	1425	116	10	50	1230	90	150	96,9	92,1
57	04/10/11	2375	103	594	3641	292	1092	27	10	50	740	70	150	95,7	92,0
58	17/10/11	1250	93	313	2025	371	608	10	10	50	515	76	150	92,6	81,7
59	15/12/11	2675	126	669	3544	299	1063	139	10	50	695	35	150	95,3	91,6
60	20/12/11	5300	102	1325	8140	325	2442	257	10	50	1980	52	150	98,1	96,0
-	Média	2618	69	654	4675	259	1402	353	21	50	2003	89	150	97,4	94,5

Obs: Os valores em vermelho foram considerados violações ao parâmetro.

Tabela 12 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 2 durante os anos 2009, 2010 e 2011.

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente			Afluente		Efluente			Afluente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %			
														DBO ₅	DQO		
1	13/01/09	2469	199	617	3199	434	960	48	10	50	545	56	150	92,0	86,4		
2	20/01/09	4010	18	1003	11304	159	3391	31	48	50	8860	58	150	99,6	98,6		
3	06/03/09	2453	17	613	4999	119	1500	81	10	50	1160	40	150	99,3	97,6		
4	19/03/09	2734	46	684	4347	348	1304	94	10	50	2220	184	150	98,3	92,0		
5	17/04/09	3341	113	835	7765	407	2329	56	10	50	3845	116	150	96,6	94,8		
6	08/05/09	2400	71	600	4999	351	1500	137	16	50	1100	88	150	97,0	93,0		
7	26/05/09	4584	85	1146	6926	183	2078	433	33	50	4820	110	150	98,1	97,4		
8	10/06/09	1712	42	428	5400	71	1620	226	10	50	4988	44	150	97,5	98,7		
9	23/06/09	2425	71	606	4409	264	1323	121	27	50	1269	44	150	97,1	94,0		
10	10/07/09	2854	53	714	6217	354	1865	121	15	50	5380	105	150	98,2	94,3		
11	22/07/09	2523	49	631	4815	319	1444	12	20	50	940	72	150	98,1	93,4		
12	13/08/09	2588	38	647	4880	234	1464	271	10	50	1633	62	150	98,6	95,2		
13	28/08/09	2850	32	712	5197	191	1559	178	13	50	2386	54	150	98,9	96,3		
14	11/09/09	2690	45	673	5695	214	1709	70	17	50	2740	40	150	98,3	96,2		
15	24/09/09	2593	32	648	7602	273	2281	55	10	50	4160	59	150	98,8	96,4		
16	07/10/09	3128	31	782	4848	191	1454	145	10	50	4740	61	150	99,0	96,1		
17	28/10/09	2568	34	642	5108	276	1532	2568	10	50	1660	48	150	98,7	94,6		
18	12/11/09	3768	9	942	4913	204	1474	56	13	50	1860	83	150	99,8	95,8		
19	26/11/09	1183	38	296	6109	182	1833	138	10	50	3700	62	150	96,8	97,0		
20	15/12/09	2602	26	651	5206	169	1562	14	14	50	1240	15	150	99,0	96,8		

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente			Afluente		Efluente			Afluente			Efluente			Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %					
														DBO ₅	DQO				
21	23/12/09	2694	44	673	5168	142	1550	63	23	50	800	40	150	98,4	97,2				
22	19/02/10	718	14	180	5197	279	1559	46	11	50	2990	70	150	98,0	94,6				
23	15/01/10	4809	80	1202	7218	176	2165	90	24	50	8050	45	150	98,3	97,6				
24	26/02/10	3941	37	985	5262	78	1579	50	10	50	740	64	150	99,1	98,5				
25	09/03/10	2443	55	611	3436	436	1031	82	10	50	1847	218	150	97,8	87,3				
26	23/03/10	3543	31	886	7087	292	2126	158	18	50	2340	68	150	99,1	95,9				
27	09/04/10	4694	78	1173	6119	146	1836	257	20	50	1360	63	150	98,3	97,6				
28	20/04/10	2193	19	548	3436	110	1031	110	10	50	2140	16	150	99,1	96,8				
29	06/05/10	4494	3	1123	8130	110	2439	511	10	50	2700	34	150	99,9	98,7				
30	19/05/10	3984	35	996	5914	221	1774	376	10	50	3715	45	150	99,1	96,3				
31	10/06/10	2069	19	517	5522	206	1657	255	14	50	2030	63	150	99,1	96,3				
32	23/06/10	2216	57	554	4479	197	1344	229	10	50	1330	65	150	97,4	95,6				
33	07/07/10	3051	66	763	5392	279	1618	335	10	50	1540	89	150	97,8	94,8				
34	21/07/10	5203	43	1301	8326	217	2498	407	10	50	3340	78	150	99,2	97,4				
35	12/08/10	3687	31	922	5522	230	1657	176	10	50	1550	43	150	99,2	95,8				
36	17/08/10	4216	18	1054	6044	92	1813	149	10	50	1860	56	150	99,6	98,5				
37	10/09/10	2017	21	504	8065	86	2420	378	10	50	3740	105	150	99,0	98,9				
38	22/09/10	2422	11	605	5979	120	1794	52	10	50	1210	70	150	99,6	98,0				
39	14/10/10	1999	9	500	3576	72	1073	50	10	50	350	78	150	99,6	98,0				
40	20/10/10	3029	32	757	4848	253	1454	60	10	50	1770	30	150	99,9	94,8				
41	10/11/10	3358	28	840	5076	227	1523	135	10	50	1560	245	150	99,2	95,5				

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente			Afluente		Efluente			Afluente			Efluente			Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %					
														DBO ₅	DQO				
42	24/11/10	2725	11	681	4848	98	1454	93	19	50	1100	30	150	99,6	98,0				
43	13/12/10	3161	15	790	5402	133	1621	148	9	50	1360	16	150	99,5	97,5				
44	11/01/11	3803	29	951	5499	95	1650	142	10	50	1060	53	150	99,2	98,3				
45	18/01/11	2541	20	635	4652	60	1396	10	10	50	450	45	150	99,2	98,7				
46	10/02/11	3409	14	852	5304	123	1591	237	10	50	2040	55	150	99,6	97,7				
47	24/03/11	4092	40	1023	7423	354	2227	712	10	50	4613	63	150	99,0	95,2				
48	12/04/11	2243	30	561	3739	178	1122	226	10	50	1880	30	150	98,7	95,2				
49	28/04/11	2271	34	568	3380	139	1014	200	10	50	710	35	150	98,5	95,9				
50	17/05/11	1944	13	486	5140	208	1542	108	10	50	1615	17	150	99,3	96,0				
51	21/06/11	4041	22	1010	5402	165	1621	512	26	50	1600	17	150	99,5	96,9				
52	05/07/11	3693	30	923	5369	178	1611	190	10	50	1503	30	150	99,2	96,7				
53	02/08/11	2750	21	688	3609	59	1083	368	67	50	1725	4	150	99,2	98,4				
54	16/08/11	1815	29	454	2859	87	858	62	10	50	1620	26	150	98,4	97,0				
55	27/09/11	3410	15	853	6445	156	1934	148	10	50	2450	44	150	99,6	97,6				
56	20/10/11	2023	27	506	3381	84	1014	10	10	50	1490	40	150	98,7	97,5				
57	22/10/11	2023	27	506	3381	84	1014	10	10	50	1490	40	150	98,7	97,5				
58	08/11/11	2425	22	606	4717	81	1415	83	10	50	1650	47	150	99,1	98,3				
59	22/11/211	2393	43	598	3609	263	1083	10	10	50	1310	77	150	98,2	92,7				
60	21/12/11	2978	51	745	6510	240	1953	170	10	50	2480	72	150	98,3	96,3				
-	MÉDIA	2933	38	733	5407	195	1622	204	14	50	2306	62	150	98,7	96,9				

Obs: Os valores em vermelho foram considerados violações ao parâmetro.

Tabela 13 – Valores afluentes e efluentes das concentrações dos principais parâmetros do frigorífico 3 durante os anos 2009, 2010 e 2011.

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente			Afluente		Efluente			Afluente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %			
														DBO ₅	DQO		
1	21/01/09	2516	110	629	5279	442	1584	231	30	50	2200	193	150	95,6	91,6		
2	04/02/09	1625	53	406	4968	547	1490	29	10	50	1400	-	150	96,7	89,0		
3	20/02/09	636	143	159	10744	547	3223	1033	10	50	4986	154	150	77,5	94,9		
4	05/03/09	1587	138	397	3912	636	1174	249	10	50	2262	129	150	91,3	83,7		
5	19/03/09	1896	127	474	3570	526	1071	148	10	50	1306	137	150	93,3	85,3		
6	09/04/09	2189	138	547	5400	636	1620	409	10	50	2560	129	150	93,7	88,2		
7	24/04/09	3439	73	860	7050	441	2115	111	37	50	2800	246	150	97,9	93,7		
8	12/05/09	3008	72	752	7330	348	2199	77	31	50	2300	223	150	97,6	95,3		
9	21/05/09	2238	58	559	7078	373	2123	10	11	50	1920	63	150	97,4	94,7		
10	03/06/09	1427	35	357	4999	208	1500	540	34	50	2925	89	150	97,6	95,8		
11	18/06/09	2237	80	559	4533	348	1360	525	26	50	1262	66	150	96,4	92,3		
12	09/07/09	1514	53	379	4848	292	1454	155	19	50	3730	82	150	96,5	94,0		
13	23/07/09	1970	21	493	5011	273	1503	155	10	50	1650	105	150	98,9	94,6		
14	06/08/09	1698	92	425	5239	257	1572	586	42	50	776	63	150	94,6	95,1		
15	20/08/09	2443	52	611	5141	609	1542	991	22	50	3530	137	150	97,9	88,2		
16	11/09/09	1096	66	274	8792	455	2638	294	37	50	2140	181	150	94,0	94,8		
17	24/09/09	2306	95	576	4750	596	1425	79	10	50	2425	329	150	95,9	87,5		
18	08/10/09	3107	134	777	6771	381	2031	164	10	50	2017	140	150	95,7	94,4		
19	27/10/09	2066	320	517	3870	549	1161	169	10	50	1853	523	150	84,5	85,8		
20	04/11/09	1557	129	389	1902	500	571	430	10	50	1415	204	150	91,7	73,7		

N° de amostras	Data	Afluyente		Efluente			Afluyente		Efluente			Afluyente		Efluente			Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %				
														DBO ₅	DQO			
21	19/11/09	2103	516	526	2729	712	819	312	110	50	980	133	150	75,5	73,9			
22	10/12/09	2327	128	582	4805	325	1442	145	10	50	2313	153	150	94,5	93,2			
23	23/12/09	2794	267	698	4522	428	1356	389	35	50	2133	103	150	90,4	90,5			
24	12/01/10	923	58	231	1392	307	418	50	12	50	1385	215	150	93,7	77,9			
25	28/01/10	3053	252	763	6240	322	1872	298	10	50	3400	132	150	91,8	94,8			
26	24/02/10	1894	63	473	4489	452	1347	74	10	50	1995	278	150	96,7	89,9			
27	24/03/10	4144	319	1036	6174	472	1852	397	10	50	1700	178	150	92,3	92,4			
28	08/04/10	3194	218	798	6305	319	1891	406	10	50	1305	188	150	93,2	94,9			
29	23/04/10	2144	193	536	6044	430	1813	129	10	50	1530	190	150	91,0	92,9			
30	06/05/10	2344	175	586	5197	384	1559	534	10	50	1750	148	150	92,5	92,6			
31	25/05/10	1594	133	398	3632	540	1090	318	10	50	1360	295	150	91,7	85,1			
32	10/06/10	2469	37	617	4805	276	1442	309	10	50	2530	106	150	98,5	94,3			
33	17/06/10	2293	52	573	3045	266	914	235	10	50	2170	148	150	97,7	91,3			
34	09/07/10	4438	61	1110	6240	390	1872	392	10	50	3373	72	150	98,6	93,7			
35	09/08/10	2170	61	543	6174	263	1852	24	10	50	1600	73	150	97,2	95,7			
36	02/09/10	752	63	188	1902	283	571	95	10	50	1960	64	150	91,6	85,1			
37	07/10/10	1384	61	346	1918	234	576	33	10	50	1300	105	150	95,6	87,8			
38	21/10/10	2472	62	618	8661	273	2598	80	10	50	1750	12	150	97,5	96,8			
39	08/11/10	2675	74	669	8326	270	2498	22	10	50	1825	84	150	97,2	96,8			
40	07/12/10	3501	79	875	5499	324	1650	142	9	50	451	224	150	97,7	94,1			
41	05/01/11	2564	59	641	3674	169	1102	288	10	50	7110	45	150	97,7	95,4			

Nº de amostras	Data	Afluente		Efluente		Afluente		Efluente		Afluente		Efluente		Eficiência global %	
		DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Limite (75% ou 60 mg/L)	DQO (mg/L)	DQO (mg/L)	Limite (70% ou 180 mg/L)	OG ¹ (mg/L)	OG ¹ (mg/L)	Limite (<50mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Sólidos Susp. (mg/L)	Limite(<150 mg/L)	Eficiência global %	
														DBO ₅	DQO
42	20/01/11	3409	91	852	5076	289	1523	125	10	50	1210	42	150	97,3	94,3
43	09/02/11	1321	27	330	4033	224	1210	79	10	50	1610	97	150	98,0	94,4
44	22/02/11	3029	79	757	5662	34	1699	135	10	50	1605	79	150	97,4	99,4
45	01/03/11	4671	71	1168	6044	240	1813	108	10	50	4620	132	150	98,5	96,0
46	01/04/11	3358	82	840	5522	252	1657	245	10	50	1750	46	150	97,5	95,4
47	05/05/11	2928	52	732	5914	165	1774	494	10	50	2560	35	150	98,2	97,2
48	18/05/11	1928	36	482	7739	250	2322	285	10	50	2420	36	150	98,1	96,8
49	03/06/11	1815	44	454	4717	279	1415	197	10	50	1910	59	150	97,6	94,1
50	22/06/11	2726	99	681	3087	312	926	272	25	50	2107	68	150	96,4	89,9
51	07/07/11	4580	66	1145	7609	374	2283	326	10	50	3953	80	150	98,6	95,1
52	20/07/11	2786	46	697	9695	230	2909	291	10	50	357	48	150	98,3	97,6
53	09/08/11	3480	51	870	6174	224	1852	1785	0	50	4030	34	150	98,5	96,4
54	18/08/11	3375	82	844	408	263	122	228	10	50	5116	66	150	97,6	35,5
55	27/09/11	1865	22	466	4610	79	1383	25	10	50	3010	46	150	98,8	98,3
56	11/10/11	3990	32	998	6640	198	1992	45	10	50	2890	38	150	99,2	97,0
57	01/11/11	1225	54	306	2403	217	721	10	10	50	550	65	150	95,6	91,0
58	09/11/11	2055	82	514	3315	299	995	11	10	50	1610	60	150	96,0	91,0
59	23/11/11	3758	68	940	7162	246	2149	250	10	50	2130	30	150	98,2	96,6
60	13/12/11	1470	56	368	2924	286	877	60	10	50	1210	26	150	96,2	90,2
-	MÉDIA	2426	101	606	5195	348	1558	267	15	50	2234	122	150	95,8	93,3

Obs: Os valores em vermelho foram considerados violações ao parâmetro.

APÊNDICE B – TESTE DE HIPÓTESES (KRUSKAL-WALLIS)

O teste de Kruskal-Wallis é um teste de hipóteses não paramétrico. No presente item, ele será utilizado para mostrar se há diferenças significativas entre as estações de tratamento de efluente avaliadas no presente trabalho, considerando-se os parâmetros que apresentaram violações aos padrões da legislação ambiental de Minas Gerais. Esse teste foi escolhido a partir da análise dos gráficos dos parâmetros Óleos e graxas e Sólidos em suspensão, cujas distribuições não seguiram a normalidade.

Teste de Kruskal-Wallis

Teste estatístico 1

Para realização do memorial de cálculo não se utilizou a violação do parâmetro DQO, pois o mesmo apresentou apenas uma única ocorrência, sendo considerado um valor atípico dentre os resultados.

As violações analisadas correspondem aos parâmetros Óleos e Graxas e Sólidos em Suspensão, cujas ocorrências apresentaram-se com maior frequência e quantidade nas três estações de tratamento.

Para a realização do teste de Kruskal-Wallis será utilizada a premissa a seguir:

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3$$

H_1 = nem todas as medianas são iguais

Tabela 14 - Número de violações aos padrões por estação de tratamento.

	ETE 01	ETE 02	ETE 03
2009	3	1	10
2010	8	2	7
2011	2	1	0*

Tabela 15 - Conversão dos dados em classificações.

	ETE 01	ETE 02	ETE 03
2009	5	1 (1,5)	8
2010	7	5 (3,5)	6
2011	3(3,5)	2 (1,5)	-

Soma dos postos	R_i	15,5	6,5	14
Nº de dados	n_i	3	3	2
Posto médio (média dos postos)		5,2	2,2	7

Dois empates no posto 3,5 \Rightarrow **CE = (t³ - t) = (2³-2) = 6** (4)

Soma das classificações para cada grupo:

$$\mathbf{R1 + R2 + R3 = \frac{N(N+1)}{2} \Rightarrow 15,5 + 6,5 + 14 = \frac{8(8+1)}{2}} \quad (5)$$

36 = 36 (verificação correta)

Cálculo da estatística H:

$$\mathbf{H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)}$$

$$\mathbf{H = \left\{ \frac{12}{8(8+1)} \left[\frac{(15,5)^2}{3} + \frac{(6,5)^2}{3} + \frac{(14)^2}{2} \right] \right\} - 3(8+1) = 5,028} \quad (6)$$

Correção do H:

Considerando **CE = 6**, tem-se:

$$\mathbf{FC = 1 - \frac{CE}{N^3 - N} \quad CE = \sum(t^3 - t)}$$

$$\mathbf{FC = 1 - \frac{6}{8^3 - 8} = 0,988} \quad (7)$$

$$\mathbf{H_{corrig} = \frac{H}{FC} = \frac{5,028}{0,988} = 5,089} \quad (8)$$

Tabela 16 – Valores críticos da distribuição H de Kruskal-Wallis

n_1	n_2	n_3	α	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
2	2	2		4,571						
3	2	1		4,286						
3	2	2		4,500	4,714					
3	3	1		4,571	5,143					
3	3	2		4,556	5,361	6,250				
3	3	3		4,622	5,600	6,489	(7,200)	7,200		
4	2	1		4,500						
4	2	2		4,458	5,333	6,000				
4	3	1		4,056	5,208					
4	3	2		4,511	5,444	6,144	6,444	7,000		
5	...									
5	5	2		4,623	5,338	6,446	7,338	8,131	6,446	7,338
5	5	3		4,545	5,705	6,866	7,578	8,316	8,809	9,521
5	5	4		4,523	5,666	7,000	7,823	8,523	9,163	9,606
5	5	5		4,940	5,780	7,220	8,000	8,780	9,620	9,920
6	1	1		-						
6	2	1		4,200	4,822					
6	2	2		4,545	5,245	6,182	6,982			
6	3	1		3,909	4,855	6,236				
6	3	2		4,682	5,348	6,227	6,970	7,515	8,182	
6	3	3		4,538	5,615	6,590	7,410	7,872	8,628	9,346
6	4	1		4,038	4,947	6,174	7,106	7,614		
6	4	2		4,494	5,340	6,571	7,340	7,846	8,494	8,827
6	4	3		4,604	5,610	6,725	7,500	8,033	8,918	9,170
6	4	4		4,595	5,681	6,900	7,795	8,381	9,167	9,861
6	5	1		4,128	4,990	6,138	7,182	8,077	8,515	
6	5	2		4,596	5,338	6,585	7,376	8,196	8,967	9,189
6	5	3		4,535	5,602	6,829	7,590	8,314	9,150	9,669
6	5	4		4,522	5,661	7,018	7,936	8,643	9,458	9,960
6	5	5		4,547	5,729	7,110	8,028	8,859	9,771	10,271
6	6	1		4,000	4,945	6,286	7,121	8,165	9,077	9,692

A partir da Tabela 16 e considerando 0,05 de nível de significância, obteve-se o novo $H = 5,361$, sendo assim, tem-se que:

Como $H = 5,089 < H_{0,05;3;3;2} = 5,361 \Rightarrow$ não se rejeita H_0

Pelo teste estatístico de Kruskal-Wallis, não se pode afirmar que existem diferenças significativas entre as medianas do número de violações das três estações de tratamento de efluentes, ao nível de significância de 5%.

ANEXO 1 – PROCESSO PRODUTIVO: ABATE DE BOVINOS



Figura 40 – Esfola.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 41 – Processo produtivo.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 42 – Processo produtivo.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 43 – Meias carcaças.

Fonte: Engenho 9, 2012.

ANEXO 2 – PROCESSO PRODUTIVO: ABATE DE SUÍNOS



Figura 44 – Baias dos animais.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 45 – Insensibilização dos animais.

Fonte: Engenho 9 (2012).



Figura 46 – Sangria.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 47 – Escaldagem.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 48 – Toalete e chauscagem.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 49 – Transporte aéreo dos animais.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 50 – Serra de carcaça.

Fonte: Engenho 9, 2012.



Figura 51 – Lavagem das meias-carcaças.

Fonte: Engenho 9, 2012.