



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS ZONA LESTE  
DEPARTAMENTO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**LUCAS DOS SANTOS BRAZ**

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR EFLUENTES INDUSTRIAIS DE  
ABATEDOUROS-FRIGORÍFICOS DE BOVINOS NOS CORPOS HÍDRICOS**

**MANAUS-AM  
2021**

**LUCAS DOS SANTOS BRAZ**

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR EFLUENTES INDUSTRIAIS DE  
ABATEDOUROS-FRIGORÍFICOS DE BOVINOS NOS CORPOS HÍDRICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Medicina Veterinária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), como requisito parcial para obtenção do Grau de Médico Veterinário.

Orientador: Prof. Dr. Edson Francisco do Espírito Santo.

**MANAUS - AM  
2021**



### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

B827i

Braz, Lucas dos Santos.

Impactos ambientais causados por efluentes industriais de abatedouros-frigoríficos de bovinos nos corpos hídricos / Lucas dos Santos Braz. -- Manaus, 2021.

56 f.; il : color, 30 cm

Inclui CD-ROM.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas –  
Campus Manaus Zona Leste, Curso de Medicina Veterinária, 2021.

Orientador: Prof. Edson Francisco do Espírito Santo.

1. Corpos hídricos. 2. Efluente de abatedouros. 3. Impacto ambiental. 4. Saúde pública. 5. Tratamento de efluentes. I. Espírito Santo, Edson Francisco do. II. Título.

CDD – 664.902

LUCAS DOS SANTOS BRAZ

**IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR EFLUENTES INDUSTRIAIS DE  
ABATEDOUROS-FRIGORÍFICOS DE BOVINOS NOS CORPOS HÍDRICOS**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Médico Veterinário no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Edson Francisco do Espírito Santo.

Aprovado em 25 de maio de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

*Edson F. do Espírito Santo*

Prof. Dr. EDSON FRANCISCO DO ESPÍRITO SANTO  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

*Isuandira Almeida A. Silva*

Profa. Dra. ISNANDIA ANDREA ALMEIDA DA SILVA  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

*Carlos Eduardo Brasil de Castro*

M. V. CARLOS EDUARDO BRASIL DE CASTRO  
NR Comércio de Frios LTDA

*À minha mãe, que me trouxe ao mundo e sempre me incentivou, ao meu pai, por ser minha fonte de inspiração.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, devo agradecer aos meus pais por me trazerem a este mundo e por terem me dado amor, carinho e a educação necessária para ser a pessoa que sou hoje.

Ao Instituto Federal do Amazonas, pela oportunidade a mim proporcionada de adquirir conhecimento durante estes longos anos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Francisco do Espírito Santo, pela paciência, dedicação, resiliência, por sempre me nortear quando preciso e, também, pela orientação neste trabalho.

Aos demais professores do IFAM, por terem me dado, no decorrer da graduação, todo o conhecimento que hoje possuo em Medicina Veterinária.

Às minhas amigas de sala de aula, Anna Victória, Brenda Climaco, Carolina Vilhena, Diana Motta e Vivian Oliveira, por sempre estarem ao meu lado, terem me apoiado e me erguido durante a graduação e na vida.

Ao meu amigo Thiago Tuma Camilo, por ter me dado tantas ideias para esta lida e por sempre me incentivar e me guiar, tanto no âmbito profissional quanto no pessoal.

À todas as outras pessoas que me ajudaram no decorrer da elaboração deste trabalho.

E, por fim, devo agradecer à vida por me dar a graça de gozar dos prazeres que ela proporciona.

*"Se você não gosta do seu destino, não aceite.  
Em vez disso, tenha a coragem de mudá-lo do  
jeito que você quer que seja."*

*(Uzumaki Naruto)*

**RESUMO:**

O rebanho bovino brasileiro mantém seu posto de segundo maior rebanho bovino no mundo. Atualmente, o comércio de bovinos consiste na atividade econômica mais expressiva no Brasil, sendo assim, este setor deve estar de acordo com todas as exigências sanitárias, bem como atender-se às problemáticas ambientais. A prática de abate de bovinos requer demasiadas quantidades de água que, em quase toda sua totalidade, é descartada como efluente industrial com elevada carga de matéria orgânica, como sangue, fragmentos de tecidos, entre outros resíduos, que caracterizam um rejeito de alta capacidade poluidora. Essas águas residuárias são classificadas como fator de grande impacto ambiental, uma vez que ocasionam alterações deletérias nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos da região em que se localiza o abatedouro, quando lançados diretamente. Neste contexto, pode-se afirmar que é crescente a consciência acerca do tratamento de águas residuárias, e este é fundamental para o combate à poluição hídrica e para a manutenção da saúde pública. Dessa forma, este trabalho teve o intuito de realizar uma revisão de literatura acerca dos impactos ambientais que os efluentes de abatedouros-frigoríficos de bovinos provocam nos corpos hídricos.

**Palavras-chave:** Corpos hídricos. Efluente de abatedouros. Impacto ambiental. Saúde pública. Tratamento de efluentes.

**ABSTRACT:**

The Brazilian cattle herd maintains its position as the second largest cattle herd in the world. Currently, the cattle trade is the most significant economic activity in Brazil, so this sector must comply with all health requirements, as well as paying attention to environmental issues. The practice of slaughtering cattle requires too much water, which, in almost all of it, is discarded as an industrial effluent with a high load of organic matter, such as blood, tissue fragments, among other wastes, which characterize a highly polluting waste. These wastewaters are classified as a factor of great environmental impact, since they cause deleterious changes in the surface and underground water bodies of the region where the slaughterhouse is located, when launched directly. In this context, it can be said that there is a growing awareness about wastewater treatment, and this is fundamental for the fight against water pollution and for the maintenance of public health. Thus, this work had the intention of carrying out a literature review about the environmental impacts that the effluents of slaughterhouses-slaughterhouses of cattle cause in the water bodies.

**Keywords:** Water bodies. Slaughterhouse wastewaters. Environmental impact. Public health. Wastewater treatment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Curral de matança .....	20
<b>Figura 2</b> – Lavagem dos animais .....	21
<b>Figura 3</b> – Insensibilização .....	22
<b>Figura 4</b> – Verificação de ausência de sinais vitais .....	23
<b>Figura 5</b> – Evisceração .....	23
<b>Figura 6</b> – Câmara fria .....	24
<b>Figura 7</b> – Fluxograma de abate de bovinos .....	25
<b>Figura 8</b> – Peneira com limpeza mecânica .....	29
<b>Figura 9</b> – Lagoa facultativa .....	33
<b>Figura 10</b> – Lagoa aerada .....	34
<b>Figura 11</b> – Fluxograma da eutrofização .....	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Carga orgânica poluidora por animal abatido e concentração no efluente líquido .....	27
<b>Tabela 2</b> – Concentrações médias de poluentes em efluentes de abatedouros .....	28
<b>Tabela 3</b> – Características biológicas dos efluentes líquidos .....	40
<b>Tabela 4</b> – Legislações estaduais do Brasil .....	44
<b>Tabela 5</b> – Legislações internacionais sobre emissão de efluentes .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>µm</b>	– Micrômetro.
<b>ABNT</b>	– Agência Nacional de Normas Técnicas.
<b>ADAF</b>	– Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do estado do Amazonas.
<b>atm</b>	– Atmosfera.
<b>°C</b>	– Graus Celsius.
<b>C</b>	– Carbono
<b>Cl<sup>-</sup></b>	– Íon de Cloro.
<b>cm</b>	– Centímetro.
<b>CNRH</b>	– Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
<b>CONAMA</b>	– Conselho Nacional do Meio Ambiente.
<b>DBO</b>	– Demanda Bioquímica de Oxigênio.
<b>DQO</b>	– Demanda Química de Oxigênio.
<b>ETE</b>	– Estação de Tratamento de Efluentes.
<b>g/l</b>	– Gramas por Litro.
<b>H<sup>+</sup></b>	– Íon de Hidrogênio.
<b>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	– Dihidrogenofosfato.
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	– Ácido Fosfórico.
<b>HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	– Hidrogenofosfato.
<b>IBGE</b>	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
<b>IPAAM</b>	– Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas.
<b>ISO</b>	– International Organization for Standardization.
<b>kg</b>	– Quilograma.
<b>MAPA</b>	– Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
<b>mm</b>	– Milímetro.
<b>MMA</b>	– Ministério do Meio Ambiente.
<b>N</b>	– Nitrogênio.

<b>N<sub>2</sub></b>	– Gás Nitrogênio.
<b>NBR</b>	– Norma Brasileira.
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	– Nitrito
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	– Nitrato.
<b>O<sub>2</sub></b>	– Gás Oxigênio.
<b>OD</b>	– Oxigênio Dissolvido.
<b>P</b>	– Fósforo.
<b>pH</b>	– Potencial Hidrogeniônico.
<b>PNRH</b>	– Política Nacional de Recursos Hídricos.
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	– Fosfato.
<b>PPM</b>	– Pesquisa de Pecuária Municipal.
<b>SIE</b>	– Sistema de Inspeção Estadual.
<b>ST</b>	– Sólidos Totais.
<b>SV</b>	– Sólidos Voláteis.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
3.1. OBJETIVO GERAL.....	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>4. MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
5.1. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE ABATE DE BOVINOS.....	20
<b>5.1.1. Recepção .....</b>	<b>20</b>
<b>5.1.2. Condução e lavagem dos animais.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.3. Insensibilização .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.4. Sangria .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1.5. Esfolação e remoção da cabeça .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.6. Evisceração .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.7. Corte da carcaça .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.8. Refrigeração .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1.9. Corte e desossa .....</b>	<b>24</b>
5.2. ASPECTOS AMBIENTAIS DO PROCESSO PRODUTIVO .....	25
<b>5.2.1. Consumo de água.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.2. Efluentes líquidos.....</b>	<b>26</b>
5.2.2.1. Aspectos gerais e impactos causados .....	26
<b>5.2.3. Tratamento dos efluentes líquidos nas indústrias.....</b>	<b>28</b>
5.2.3.1. Processos físicos.....	28
5.2.3.2. Processos químicos.....	30
5.2.3.3. Processos biológicos.....	31
5.2.3.3.1. <i>Reatores biológicos</i> .....	31
5.2.3.3.2. <i>Lodo ativado</i> .....	32
5.2.3.3.3. <i>Lagoas de estabilização</i> .....	33
<b>5.2.4. Parâmetros físicos de qualidade de água.....</b>	<b>34</b>
5.2.4.1. Cor.....	35
5.2.4.2. Turbidez.....	35
5.2.4.3. Série de sólidos.....	35

5.2.4.4. Temperatura.....	36
<b>5.2.5. Parâmetros químicos de qualidade de água .....</b>	<b>36</b>
5.2.5.1. pH.....	36
5.2.5.2. Série de nitrogênio.....	37
5.2.5.3. Fósforo.....	37
5.2.5.4. Oxigênio dissolvido (OD) .....	38
5.2.5.5. Demanda química de oxigênio (DQO).....	38
5.2.5.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	39
<b>5.2.6. Parâmetros biológicos de qualidade de água .....</b>	<b>39</b>
5.3. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .....	40
5.4. REUSO DE EFLUENTES TRATADOS .....	41
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2019, o rebanho bovino brasileiro apresentou um crescimento de 0,4% em relação aos anos anteriores, que apresentavam queda. Esta elevação garantiu a marca de 214,7 milhões de cabeças de gado, mantendo seu posto de segundo maior rebanho bovino no mundo, bem como consta na Pesquisa de Pecuária Municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Atualmente, o comércio de bovinos consiste na atividade econômica mais expressiva no Brasil, tendo em vista que o país é o terceiro maior consumidor (IMPrensa SISTEMA FARSUL, 2020) e o primeiro maior exportador de carne bovina no âmbito mundial (IBGE, 2019). Levando isto em conta, o setor deve atender a todas as exigências sanitárias para garantir a satisfação de seus compradores, assegurando o comércio de seus produtos, bem como atentando-se às problemáticas ambientais.

A prática de abate de bovinos requer demasiadas quantidades de água que, em quase toda sua totalidade, é descartada como efluente industrial. Estes efluentes contêm carga elevada de matéria orgânica, como sangue, fragmentos de tecidos, gordura, substâncias provenientes do trato gastrointestinal dos animais, excrementos, entre tantos outros, caracterizando um rejeito de alta carga poluidora (SANTOS, 2011).

Essas águas residuárias são classificadas como fator de grande impacto ambiental, pois, se lançadas diretamente ao meio, podem ocasionar alterações nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos da região em que se localiza o abatedouro, sendo capazes de causar focos de proliferação de insetos e agentes patogênicos. Além disso, dado à sua característica orgânica, este efluente está sujeito à rápida decomposição, formando-se gases fétidos que tornam difícil a respiração nos arredores dos estabelecimentos, causando incômodo à população local. Deste modo, esses estabelecimentos geralmente são relacionados a uma imagem negativa por parte da população (SARCINELLI, 2007).

O tratamento de águas residuárias é de fundamental importância para o combate à poluição hídrica, bem como se faz necessário para a manutenção da saúde pública, e tem-se identificado o aumento da consciência da sociedade sobre tal situação (FIGUEIREDO, 2016). A ineficácia do tratamento destes efluentes resulta no despejo de rejeitos orgânicos nos corpos receptores, culminando na proliferação exagerada de bactérias e algas que se reproduzem exponencialmente. Conseqüentemente, isto leva a um déficit de oxigênio no meio aquático que acaba levando a óbito os seres vivos presentes nestes ecossistemas. Isto acarreta à necessidade de se desenvolver sistemas que combinam alta eficiência com baixos custos de construção e de operação. Dessa forma, o tratamento de efluentes deve atender aos padrões de qualidade

ambiental estabelecidos em normas específicas (FILHO et al., 2018). No entanto, devido ao abate clandestino disseminado no interior dos estados, torna-se ineficaz o controle e monitoração pelos órgãos competentes, sobre os danos ambientais provenientes desta atividade.

Haja vista a caracterização dos efluentes como fator de grande impacto ambiental, a análise dos riscos inerentes às atividades dos abatedouros de bovinos contribui para que ações mitigadoras e compensatórias sejam implantadas e, desta forma, para que o meio ambiente afetado não seja degradado e que os impactos a este sejam os menores possíveis (FIGUEIREDO, 2016).

Dado o exposto, este trabalho teve o intuito de realizar uma revisão de literatura acerca dos impactos ambientais que os efluentes de abatedouros-frigoríficos de bovinos provocam nos corpos hídricos receptores.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A escolha do tema proposto neste trabalho foi definida durante visitas técnicas realizadas ao longo do curso de Medicina Veterinária e visitas externas a abatedouros-frigoríficos de bovinos, um em Manaus, outro em Iranduba, situações em que foram observadas diversas não conformidades em relação ao tratamento de efluentes destes estabelecimentos. A partir destas observações, foi realizada uma pesquisa de literatura no tocante ao tratamento de efluentes na região do estado do Amazonas, e durante tal ação, foi notada a ausência de tais estudos com o tema aqui proposto.

Sendo assim, dado a escassa produção de estudos com esta problemática, foi proposto a confecção deste trabalho, a fim de fornecer à comunidade científica, bem como a leiga, informações acerca da atual situação dos efluentes líquidos despejados em rios pelos abatedouros-frigoríficos. Outro motivo de grande relevância é a necessidade de conscientização social relativa aos impactos que estes estabelecimentos acarretam ao meio ambiente, assim como à população dos arredores.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo avaliar os impactos ambientais que os sistemas de tratamentos de efluentes industriais de abatedouros-frigoríficos de bovinos acarretam nos corpos hídricos.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir efluente não tratado, utilizando as variáveis de qualidade hídrica;
- Definir o efluente tratado, antes de ser lançado ao córrego local, utilizando as mesmas variáveis de qualidade hídrica;
- Definir águas doces de acordo com a Resolução N° 357, de março de 2005;
- Discutir sobre o impacto que os abatedouros causam nos corpos hídricos.

#### **4. MÉTODOS**

Este trabalho é uma pesquisa qualitativa dos impactos ambientais gerados pelas Estações de Tratamento de Efluentes de abatedouros-frigoríficos no Brasil. A fim de comparar os métodos de tratamento, a legislação brasileira e a internacional foram utilizadas, bem como plataformas online de pesquisas, entre elas Google Scholar, SciELO, Pubmed, ResearchGate, SpringerLink e ScienceDirect. Também foram consultados revistas eletrônicas, livros, Diário Oficial da União e Diários Oficiais Estaduais.

## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS DE ABATE DE BOVINOS.

O estado do Amazonas possui 7 abatedouros registrados no Sistema de Inspeção Estadual (SIE), que são fiscalizados pela Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas (ADAF). Entende-se por abatedouros-frigoríficos os estabelecimentos dotados de instalações próprias para o abate de animais produtores de carne para consumo humano, à manipulação, ao acondicionamento, à rotulagem, à armazenagem e à expedição dos produtos oriundos do abate, dotado de instalações de frio industrial, que podem realizar o recebimento, a manipulação, a industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos (BRASIL, 2020). Sendo assim, aborda-se a seguir as etapas do processo produtivo em abatedouros de bovinos.

#### 5.1.1. Recepção

Os animais são transportados em caminhões ao Curral de Recepção dos frigoríficos, onde são desembarcados por meio de rampas apropriadas, preferencialmente na mesma altura dos caminhões, onde serão separados por lotes de acordo com sexo, idade e categoria. Logo após, são direcionados ao Curral de Observação, local este destinado exclusivamente a receber, para observação e um exame mais acurado, os animais que, na inspeção “ante-mortem”, forem excluídos da matança normal por suspeita de doenças. Em seguida, os animais são destinados ao Curral de Matança (Figura 1), que é o local designado a receber os animais aptos à matança normal, onde permanecerão em repouso e jejum alimentar e dieta hídrica, por um período de 16 a 24 horas, período este utilizado para propiciar tanto a diminuição do conteúdo estomacal, quanto o restabelecimento das reservas de glicogênio na musculatura, melhorando a qualidade da carne (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020; PACHECO, 2006).

**Figura 1:** Curral de Matança.



**Fonte:** ROYER et al., 2010.

Após o descarregamento dos animais, os caminhões são lavados, geralmente, em instalação própria do estabelecimento, a fim de higienizá-los. Os efluentes provenientes desta lavagem são desviados para a estação de tratamento de efluentes (ETE) da unidade. A limpeza dos currais é realizada de forma que o esterco e outras sujidades sejam adequadamente separadas, e, em seguida, seja feita uma lavagem com água e, eventualmente, com produto sanitizante. Os efluentes desta limpeza também seguem para a ETE (PACHECO, 2006).

### 5.1.2. Condução e lavagem dos animais

Posteriormente, os bovinos são conduzidos à sala de abate por meio de um corredor com rampa que se afunila de forma que os animais fiquem dispostos em fila única, também chamado de “seringa”, para posteriormente serem insensibilizados. Neste percurso, os animais são lavados por jatos de água clorada (Figura 2), a fim de diminuir o esterco e outras sujidades presentes nos animais, bem como manter o conforto térmico. Estes jatos devem possuir pressão regulada de 3 atm, com sistema tubular de chuveiros (lateral, transversal e longitudinal), com jatos voltados para o centro. Os efluentes líquidos desta etapa seguem para a ETE (BRASIL, 2007; SARCINELLI, 2007).

**Figura 2:** Lavagem dos animais.



**Fonte:** SARCINELLI, 2007.

### 5.1.3. Insensibilização

Esta etapa tem como objetivo proporcionar rapidamente um estado de insensibilidade, com as funções vitais mantidas até a sangria; este local é chamado de “Box de Atordoamento”. Os métodos de insensibilização para o abate humanitário previstos em lei são: métodos mecânicos, com pistola com dardo cativo ou pistola que provoque um golpe no crânio (Figura 3); métodos elétricos por eletronarcole, com eletrodos posicionados de modo a permitir que a corrente elétrica atravesse o cérebro; e métodos de exposição à atmosfera controlada, com

atmosfera de dióxido de carbono ou com mistura de dióxido de carbono e gases do ar (BRASIL, 2000a). Após esta operação, o animal insensibilizado é direcionado a um pátio ao lado do box de atordoamento, onde é içado com auxílio de um guincho e de uma corrente presa a um dos membros posteriores, sendo pendurado em um trilho aéreo, e encaminhado a uma zona chamada de “área de vômito”. Este local é destinado à regurgitação dos animais (comportamento comum após o atordoamento), sendo comum a limpeza do vômito por meio de jatos de água (SARCINELLI, 2007). Os efluentes desta etapa seguem para a ETE.

**Figura 3:** Insensibilização.



**Fonte:** COSTA, 2016.

#### 5.1.4. Sangria

Impreterivelmente, todo bovino a ser abatido deve estar inconsciente, devendo permanecer neste estado até o óbito. Para que não haja o retorno da consciência, a sangria deve ser realizada imediatamente após a insensibilização, com limite máximo de 1 minuto. Uma sangria de eficiência é aquela em que os grandes vasos que emergem do coração são seccionados (artérias carótidas e artérias vertebrais). A perda excessiva de sangue acarreta no processo de choque hipovolêmico (falência múltipla de órgãos) e hipóxia cerebral (ausência de oxigênio no cérebro), causando a morte do animal. Apesar de aceita, a secção transversal apenas das artérias carótidas e veias jugulares é um pouco mais demorada que a supracitada, podendo causar o retorno do bovino. Este sangue deve ser recolhido em calha para ser reaproveitado ou enviado para a ETE. Os animais devem permanecer içados durante a sangria, e esta operação deve ocorrer no período mínimo de 3 minutos, não sendo permitida nenhuma outra operação. Somente deve ser realizada a esfolagem dos animais quando estes estiverem comprovadamente falecidos (Figura 4) (BRASIL, 2000a; LUDTKE et al.; SILVA, 2012).

**Figura 4:** Verificação de ausência de sinais vitais.

Fonte: LUDTKE et al., 2012.

### 5.1.5. Esfola e remoção da cabeça

Consiste na remoção dos chifres e das patas dianteiras (para aproveitamento do mocotó), abertura da barbeta até a região inguinal, incisão longitudinal da pele do peito até o ânus e corte das patas traseiras. A operação de retirada do couro, que ocorre nesta etapa, deve ser efetuada de modo que não haja contaminação da carcaça por pelos ou resíduos fecais, eventualmente presentes no couro. Caso haja contaminação, a retirada deve ser realizada por corte superficial com faca, nunca por aspersão de água. Após retirada, o couro deve seguir diretamente ao setor de curtumes (ROÇA, 2001). As águas residuárias oriundas das lavagens desta etapa seguem para a ETE, podendo conter sangue (CARDOSO, 2015).

### 5.1.6. Evisceração

Após a retirada completa do couro, é realizado o corte da caixa torácica e do abdômen para a retirada das vísceras (Figura 5). Deve ser realizada com cautela, para que nenhuma víscera seja rompida, bem como devem ser amarradas as duas extremidades do intestino grosso para evitar a contaminação pelo conteúdo intestinal (ARRUDA, 2004). Os úteros cheios são removidos da mesa por abertura apropriada, passando a um carrinho, que os leva diretamente à graxaria. Não são permitidas a abertura de úteros, nem a esfola de fetos na sala de matança. Os efluentes aqui gerados são provenientes das águas de lavagens para visualização das estruturas, e da máquina lavadora de buchos (BRASIL, 2007; CARDOSO, 2015).

**Figura 5:** Evisceração.

Fonte: PACHECO, 2006

### 5.1.7. Corte da carcaça

A seguir, as carcaças são serradas longitudinalmente ao meio, seguindo o cordão espinhal. Então, as meias carcaças passam por um processo de limpeza, no qual pequenas aparas de gordura com alguma carne e outros apêndices (tecidos sem carne) são removidos com facas, e lavados com água pressurizada, para remoção de partículas ósseas. As duas metades das carcaças seguem para a refrigeração. O efluente aqui gerado é oriundo das águas de lavagem das serras e da retirada de fragmentos ósseos, aparas de gordura e outros resíduos (CARDOSO, 2015; PACHECO, 2006).

### 5.1.8. Refrigeração

As meias carcaças devem imediatamente ser resfriadas em câmaras frias (Figura 6) com temperaturas entre 0 e 4°C, a fim de reduzir o possível crescimento microbiano (conservação). O tempo normal deste resfriamento, para carcaças bovinas, fica entre 24 e 48 horas. Vale ressaltar a importância do processo chamado de “maturação sanitária” que ocorre durante este período, também previsto em lei brasileira e é requisito para exportação. Este procedimento consiste no processo natural de relaxamento do músculo enrijecido (*rigor mortis*). Nestas condições de resfriamento, ocorre a queda do pH por meio da degradação de glicogênio, produzindo ácido lático na musculatura. O aumento da acidez promove a transformação do músculo em carne, aumenta a maciez dos cortes, e, juntamente à diminuição da temperatura, exerce a função de barreira sanitária contra micro-organismos (ARRUDA, 2004; FELÍCIO, 2018).

**Figura 6:** Câmara fria.



**Fonte:** Arquivo Pessoal.

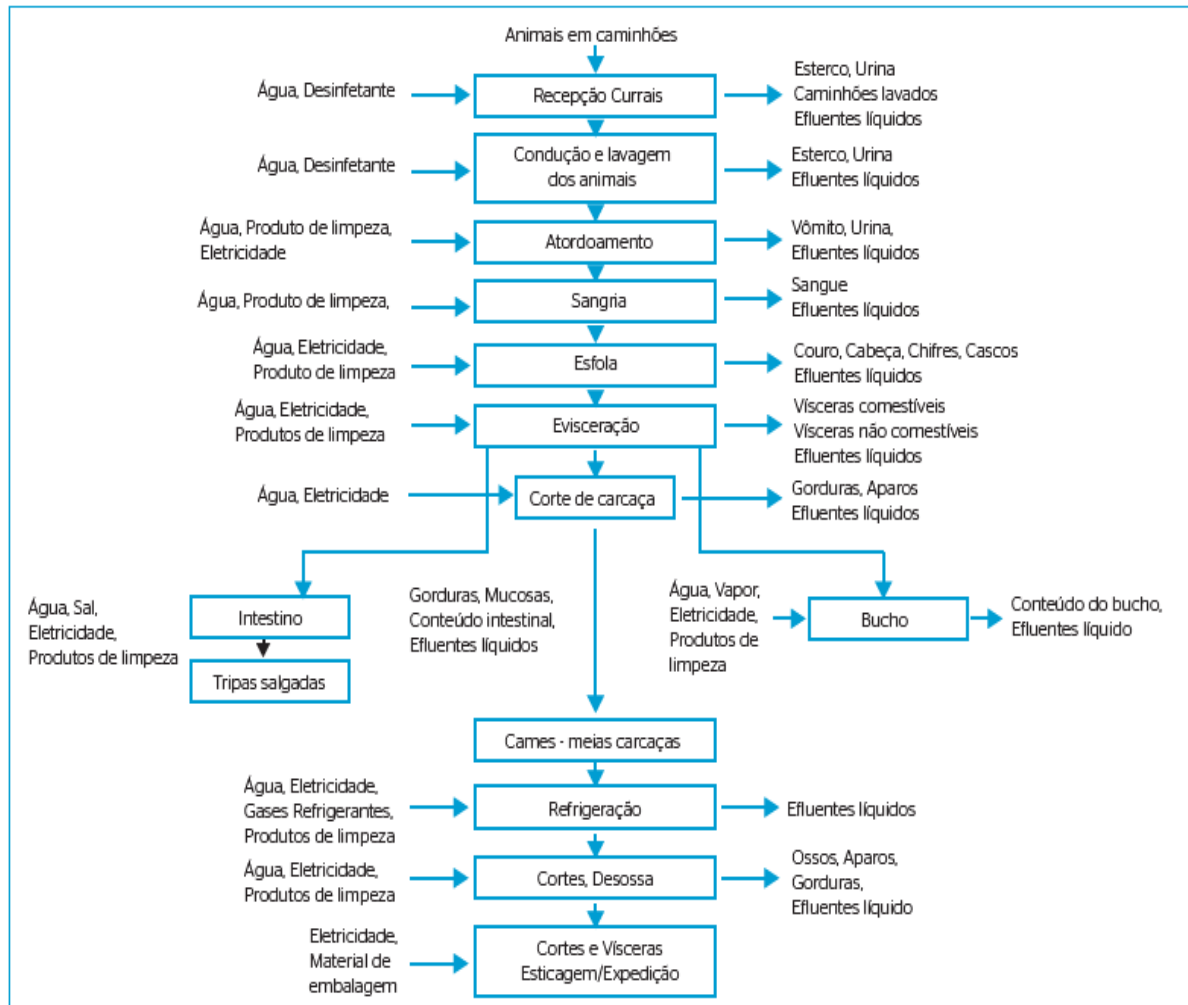
### 5.1.9. Corte e desossa

Nesta etapa, as carcaças resfriadas possuem duas finalidades: podem ser divididas em porções menores para comercialização, ou para posterior processamento de produtos derivados.

Durante esta operação, medidas de controle devem ser tomadas para que não aconteça contaminação cruzada entre produtos comestíveis e os destinados à graxaria (AMARAL, 2010).

A Figura 7 apresenta o fluxograma básico de abate em abatedouros-frigoríficos de bovinos, bem como os efluentes gerados.

**Figura 7:** Fluxograma de abate de bovinos.



Fonte: RABELO; SILVA; PERES, 2014.

## 5.2. ASPECTOS AMBIENTAIS DO PROCESSO PRODUTIVO

### 5.2.1. Consumo de água

A NBR ISO 14001 da ABNT (2015) define como aspecto ambiental o “elemento das atividades, produtos e/ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” e impacto ambiental como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”. Sendo assim, os aspectos ambientais são formados pelos agentes geradores ou causadores das interações e alterações do meio ambiente, por exemplo, efluentes líquidos, consumo de

matérias-primas, energia, água, entre outros. Os impactos ambientais são as consequências provenientes da relação entre os aspectos ambientais e o meio ambiente, como alteração da qualidade de corpos d'água, do ar, contaminação do solo, entre outros (PACHECO, 2006).

A água se faz necessária em todas as fases do abate e lavagem dos animais, lavagem dos caminhões, lavagem de carcaças, vísceras e intestinos, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas, geração de vapor, resfriamento de compressores. Nesse processo são utilizados cerca de 1000 litros de água por cabeça. Sendo assim, os impactos ambientais da indústria de carnes estão principalmente relacionados ao alto consumo de água e à alta carga orgânica presente nos efluentes (PACHECO, 2006).

Os efluentes líquidos de frigoríficos estão se tornando uma das principais preocupações mundiais devido às elevadas quantidades de água utilizada durante o abate, processamento e limpeza das instalações. Entre as indústrias de bebidas e alimentos, a de processamento de carnes é uma das maiores consumidoras de água doce (BUSTILLO-LECOMPTE, 2017a).

## **5.2.2. Efluentes líquidos**

### **5.2.2.1. Aspectos gerais e impactos causados**

Uma das maiores preocupações do setor industriário alimentício é o tratamento de efluentes, haja vista as exigências quanto à qualidade do processo produtivo, tanto do mercado interno quanto do externo. Apesar de haver investimento em processos que visam a diminuição da geração de efluentes e tratamentos, ainda é muito elevada a quantidade de resíduos gerados, tendo a água como principal efluente com alta concentração de carga poluente (PACHECO, 2008).

Nos abatedouros, os efluentes líquidos são divididos em duas “linhas”: a linha verde, que é composta pelos resíduos líquidos gerados em áreas sem a presença de sangue, como nas áreas de condução do animal para abate, nas áreas de lavagem dos caminhões e pátios, currais, na área da seringa, bucharia e triparia; já a “linha vermelha”, consiste no resíduo líquido formado por água com sangue e água gordurosa (sebo), contendo grandes quantidades de matéria orgânica, nutrientes e, geralmente, possui coloração avermelhada. O resíduo líquido da linha verde é separado para que as concentrações de matéria orgânica nela presentes sejam menores em comparação às da linha vermelha (KLANK, 2011; PEREIRA, 2016).

Tendo em vista os diferentes processos realizados nas indústrias, a quantidade de despejos pode variar entre os estabelecimentos, de acordo com o volume de água consumida no local, bem como dentro da própria indústria, em razão do horário de funcionamento das

operações (FEISTEL, 2011). Exemplificando tal contexto, SCARASSATI et al. (2003), calculam que no abate de bovinos são despejados 2500 litros por cabeça, distribuídos em 900 litros na sala de matança, 1000 litros nas demais dependências (como bucharia, triparia e sanitários), e 600 litros nos anexos externos como pátios e currais, incluindo a lavagem de caminhões.

Os resíduos despejados pelos abatedouros são de alta carga orgânica. Esta é composta por grande quantidade de sangue, alto teor de gorduras, fragmentos de tecidos, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal. Sendo assim, os parâmetros utilizados para quantificar a carga poluidora orgânica de um efluente, como DBO (demanda bioquímica de oxigênio), são bastantes elevados (Tabela 1), bem como os valores de DQO (demanda química de oxigênio), sólidos em suspensão, graxas e material flotável. Fragmentos de carne, gorduras e vísceras comumente são encontradas nos efluentes (PARDI et al., 2006).

**Tabela 1:** Carga orgânica poluidora por animal abatido e concentração no efluente líquido.

Animal	Tipo de Abatedouro	Carga Poluidora (kg de DBO <sub>5</sub> /cabeça)	Concentração Total da DBO <sub>5</sub> no Efluente (mg/l)
Bovino	Com industrialização da carne	3,76	1.250 - 3.760
	Sem industrialização da carne	2,76	1.100 - 5.520

**Fonte:** Adaptado de PACHECO, 2006.

A descarga destes compostos biodegradáveis é responsável pela redução da quantidade de OD dos corpos d'água que recebem os efluentes, o que ocasiona a diminuição das atividades e até mesmo a morte dos seres aquáticos, fator que culmina com forte impacto ambiental (ARANA, 1997).

Os nutrientes presentes nos efluentes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), são essenciais para o desenvolvimento de micro-organismos, plantas e animais, porém em excesso (tal qual ocorre nos efluentes da agroindústria), pode provocar sérios problemas ao meio ambiente, como o fenômeno da eutrofização em lagoas, represas e corpos receptores (FIGUEIREDO, 2016). A Tabela 2 apresenta as concentrações médias de alguns poluentes presentes nos efluentes.

**Tabela 2:** Concentrações médias de poluentes em efluentes de abatedouros.

Parâmetro (unidade)	Abate Bovino
DBO5 (mg/l)	2.000
DQO (mg/l)	4.000
Sólidos suspensos (mg/l)	1.600
Nitrogênio total (mg/l)	180
Fósforo total (mg/l)	27
Óleos e graxas (mg/l)	270
pH	7,2

**Fonte:** Adaptado de PACHECO, 2006.

Na caracterização de efluente, muitas vezes é desejável a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo em questão. Tais parâmetros definem a qualidade de um efluente, podendo ser dividido em três categorias: parâmetros físicos, químicos e biológicos, a seguir abordados (VON SPERLING, 2005).

### 5.2.3. Tratamento dos efluentes líquidos nas indústrias

De modo que a emissão dos efluentes líquidos industriais seja minimizada, a fim de atenderem às legislações ambientais locais, os abatedouros devem realizar o tratamento destes efluentes. O esgoto sanitário humano produzido no estabelecimento deverá possuir destinação separada do esgoto industrial conforme legislação específica (FIGUEIREDO, 2016).

#### 5.2.3.1. Processos físicos

Estes processos basicamente são voltados à remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes por meio de processos físicos, como: gradeamento, peneiramento, separação de óleos e gorduras, sedimentação e flotação.

Para a remoção de sólidos mais grosseiros, o método de *gradeamento* é utilizado, processo este no qual são instaladas grades mecânicas ou de limpeza manual, cujas barras possuem espaçamento variável de 0,5 a 10 cm. Esta técnica visa evitar a ocorrência de entupimentos dos equipamentos e sistemas de condução das águas residuárias nas unidades da rede de tratamento (GIORDANO, 2004).

O *peneiramento* (Figura 8) tem como objetivo remover sólidos com diâmetro superiores a 1 mm, semelhante ao gradeamento, porém com malhas menores, que variam de 0,5 a 2 mm de diâmetro, podendo a limpeza ser estática ou mecanizada. Este procedimento minimiza o

risco de obstrução no sistema e retém parcialmente os sólidos responsáveis pela alta carga orgânica dos efluentes (GIORDANO, 2004).

**Figura 8:** Peneira com limpeza mecânica.



**Fonte:** GIORDANO, 2004

O processo de *filtração* consiste na remoção física de partículas em suspensão ainda menores, dependendo da malha porosa utilizada, e permite a passagem da fase líquida. Estes filtros podem ser formados por areia ou membranas, sendo estas últimas mais dinâmicas para aplicações industriais e mais seletivas quanto ao material filtrado. É uma técnica comum em diversos tipos de indústrias para a remoção micro-organismos (ultrafiltração) e moléculas orgânicas (nanofiltração) responsáveis pela coloração e toxicidade do efluente (GIORDANO, 2004).

Devido à diferença de densidade das substâncias que constituem os efluentes, muitas vezes a aplicação de fases é empregada. Logo, foram desenvolvidas três etapas para o isolamento das referidas fases: *separação*, *sedimentação* e *flotação* (SILVA, 2011).

Para a *separação*, o processo ocorre por diferença de densidade. As frações oleosas geralmente são menos densas, logo, são recolhidas na superfície. A remoção da película superficial de óleo é importante, pois compromete seriamente o tratamento biológico, além de impedir a dissolução de oxigênio. O óleo retirado destes tanques é muito utilizado por outras indústrias, como de petróleo, postos de serviço, oficinas mecânicas e outras atividades. Uma desvantagem deste processo é que a aplicação é ineficiente para remoção de óleos emulsificados (gotículas de óleo em solução aquosa), devendo, então, ser utilizado na etapa preliminar dos sistemas de tratamento (GIORDANO, 2004).

Para os óleos e borras oleosas mais densas, os quais decantam após determinado período de repouso, a remoção é feita por limpeza de fundo do tanque pelo processo de *sedimentação*,

que consiste na retenção do efluente em um taque decantador, até que ocorra a clarificação da fase líquida. O efluente clarificado é, então, retirado e periodicamente executa-se a remoção do material sedimentado (GIORDANO, 2004).

A *flotação* é uma técnica físico-química auxiliar para a separação física das fases existentes nas águas residuárias. Consiste no emprego de substâncias químicas que alteram a afinidade dos sólidos, tornando-os hidrofóbicos. Após tal etapa, aera-se o efluente de modo que ocorra a formação de bolhas, as quais possibilitam a remoção por raspagem da fase sólida acumulada na superfície. Deve, principalmente, ser aplicada em sólidos com altos teores de óleos e graxas e/ou detergentes. Apesar de ser uma técnica de custo elevado devido à mecanização, tem como vantagem a utilização de áreas menores (HELLER, 2006 *apud* SILVA, 2011; GIORDANO, 2004).

#### 5.2.3.2. Processos químicos

Estes processos podem ser definidos como a inserção de reagentes químicos que modificam as propriedades dos poluentes, ocorrendo sua coagulação, floculação, neutralização, oxidação, redução ou desinfecção, os quais permitem sua remoção e condicionam o efluente poluído para tratamentos posteriores (BRAILE, 1993; GIORDANO, 2004).

Visto que os processos químicos são fortemente dependentes de um grau ótimo de potencial hidrogeniônico (pH), é comum utilizar-se de reagentes para a manutenção do pH no tratamento do efluente, a fim de se obter a maior eficiência possível do tratamento (BRAILE, 1993; GIORDANO, 2004).

A *clarificação química* de efluentes consiste em processos físico-químicos aplicados de modo que ocorra a desestabilização dos coloides, formados por micro-organismos, gorduras, proteínas, argilas e outras partículas com diâmetro entre 0,001 e 1,2  $\mu\text{m}$ , com posterior floculação e separação física das fases formadas por sedimentação ou flotação. A desestabilização pode ocorrer de diversas formas, tais como: calor, agitação, agentes coagulantes químicos, processos biológicos, passagem de corrente elétrica ou eletrocoagulação com adição de coagulantes químicos. A coagulação química, por meio de agentes coagulantes (sais de ferro ou alumínio), mostra-se muito eficiente para remoção de poluentes, assim como para o fósforo. Entretanto, como desvantagem, o custo dos insumos pode ser oneroso e o volume de lodo formado é maior (GIORDANO, 2004).

A *precipitação química* é uma ferramenta auxiliadora na remoção de P em efluentes com alta carga de nutrientes, e para remoção de outros metais; no entanto, existe a problemática de a precipitação de outros metais não coincidirem com concentrações mínimas das curvas de

solubilidade. As reações de precipitação tornam insolúveis determinados elementos existentes no efluente, o que possibilita a separação, sedimentação ou centrifugação dos sólidos precipitados para sua remoção (REBOUÇAS, 2008 *apud* SILVA, 2011; GIORDANO, 2004).

#### 5.2.3.3. Processos biológicos

Este tipo de processamento tem o intento de reproduzir em escala tempo-área a autodepuração que ocorre na natureza. Para tanto, a matéria orgânica dissolvida e em suspensão é removida por conversão em elementos sedimentáveis ou substâncias sólidas simples ou gases, por meio do princípio de esta matéria ser utilizada como substrato para micro-organismos, como bactérias, fungos e protozoários. Os mecanismos de degradação empregados são diversos, os quais incluem processos aeróbios, facultativos e anaeróbios. Todos estes processos devem atentar-se a manter as proporções de C, N e P a níveis adequados para propiciar o crescimento de organismos degradadores (CETESB, 2011; RAMALHO, 1991 *apud* GIORDANO, 2004; GIORDANO, 2004).

Estes produtos do tratamento devem ter aspectos mais claros, pois devem ser mais estáveis, bem como necessitam ter significativa redução de micro-organismos e matéria orgânica (GIORDANO, 2004).

Existem diversos tipos de métodos para o processamento biológico, dentre os quais podemos citar, como sendo os mais comuns: *reatores biológicos, lodos ativados e lagoas de estabilização* (VON SPERLING, 2005).

##### 5.2.3.3.1. *Reatores biológicos*

Este tipo de tratamento compreende a utilização de unidades de tratamento as quais fornecem ambientes adequados para o desenvolvimento dos micro-organismos atuantes na redução da carga orgânica de águas residuárias. Existem diversas formas de apresentação de reatores. De um modo geral, podem ser sistemas *aeróbios* ou *anaeróbios* (VON SPERLING, 2005)

Os reatores *anaeróbios* são aqueles nos quais a degradação é realizada em condições de ausência de oxigênio. Consistem em tanques com sistema de retenção de biomassa, captação de gases produzidos e evasão das águas residuárias tratadas, em concentrações mínimas de micro-organismos. Em reatores de manta de lodo, a parte superior consiste em um separador trifásico que retira e acumula as fases a partir da fase líquida, e restitui os pequenos grânulos formados pelo aglutinamento da microbiota, permanecendo em suspensão. Outros sistemas consistem na formação de um biofilme por intermédio dos micro-organismos, o qual diminui a

possibilidade de extravasamento de biomassa ativa juntamente com o efluente tratado. Neste tratamento, a proporção de DQO:N:P com base na composição das células dos micro-organismos da massa ativa deve ser de, pelo menos, 350:7:1. Devido à ausência de oxigênio, ocorre a produção de metano e compostos inorgânicos (dióxido de carbono e amônia) como rejeitos. A vantagem deste tipo de tratamento é a baixa produção de lodo, o qual permanece ativo por vários meses para posteriores tratamentos, mesmo sem alimentação, bem como a produção de gás metano (NASCIMENTO, 1996 *apud* SILVA, 2011; VON SPERLING, 2005).

Os reatores *aeróbios* seguem o mesmo padrão dos reatores anaeróbios. Entretanto, algumas individualidades podem ser relacionadas, como a relação de DBO:N:P que deve ser mantida nos valores mínimos de 100:5:1. As reações biológicas aeróbias produzem maiores quantidades de energia, por conseguinte, a proliferação da população microbiana ocorre de maneira mais rápida. Estes reatores podem ser caracterizados de acordo com a biomassa em suspensão como *lodos ativados e lagoas de estabilização*, ou mesmo a biomassa ativa fixa, como os biodiscos, os quais consistem em unidades circulares semi-submersos que giram em torno de seu eixo central. A aderência da microbiota ativa na superfície do biodisco forma um biofilme de espessura milimétrica; à medida em que o disco gira, os micro-organismos absorvem as moléculas orgânicas do efluente, e, logo após, quando em contato com o ar, provê oxigênio para degradação biológica (DEZOTTI, 2008 *apud* SILVA, 2011).

#### 5.2.3.3.2. Lodo ativado

Fundamentalmente, este processo consiste na alimentação de oxigênio (atmosférico ou puro) para a biodegradação da matéria orgânica dissolvida e em suspensão pelos micro-organismos, formando gás carbônico, água e flocos biológicos. A população microbiana tende a formar flocos de biomassa - formados a partir da fração orgânica das águas residuárias pelos micro-organismos, constituindo os lodos biológicos dos reatores; apenas pequena parte da fração orgânica é convertida em compostos de baixa energia, como nitratos, sulfatos e gás carbônico. A biomassa é, então, contida nos reatores após a separação das fases líquidas e sólidas para continuidade do tratamento (GIORDANO, 2004; BRAILE, 1993).

Dado ao contínuo fornecimento de matéria orgânica proveniente do efluente, o crescimento de lodo biológico em excesso deve ser descartado. Sua eficiência refere-se à relação de matéria orgânica injetada diariamente com a massa de micro-organismos presentes no reator (GIORDANO, 2004). Além disto, outro importante fator é a presença de diferentes micro-organismos, como protozoários e rotíferas, os quais são responsáveis pela depuração da

fase líquida, pois consomem bactérias que não floclaram ou outros flocos biológicos que não sedimentaram (VON SPERLING, 2005).

A presença de óleos e gorduras de quaisquer procedências na mistura do afluente pode significar intoxicação do lodo biológico e conseqüente redução de sua atividade (GIORDANO, 2004).

Esta técnica de lodo ativado possui diversas variações devido às necessidades de adaptações e aperfeiçoamentos do tratamento de resíduos líquidos dos diferentes ramos industriais (BRAILE, 1993).

#### 5.2.3.3.3. Lagoas de estabilização

Um dos sistemas de tratamentos de efluentes industriais ou domésticos mais utilizados são as lagoas de estabilização. Isto se deve ao fato de ser um sistema simples e que apresenta baixo custo de instalação e manutenção, apesar de exigir uma grande área de terreno para as lagoas; ademais, o resultado final do procedimento é adequado e não utiliza equipamentos de alta sofisticação. Basicamente, as instalações das lagoas de estabilização consistem no corte ou aterro de solo, e preparação de taludes de suas margens (FIGUEIREDO, 2016; VON SPERLING).

Existem as *lagoas facultativas* (Figura 9), que são as consideradas as mais simples. Elas consistem na interação harmônica entre microalgas fotossintetizantes produtoras de oxigênio, necessário para a aerobiose, e micro-organismos degradadores e produtores de dióxido de carbono, nitratos e fosfatos, estes necessários para o metabolismo das algas. A denominação “facultativa” dá-se pelas limitações fotossintéticas que a luz promove.

**Figura 9:** Lagoa facultativa.



**Fonte:** Arquivo Pessoal.

Durante a noite, a produção de oxigênio é menor em relação ao dia, e o consumo sobrepassa a produção de oxigênio pelas algas, decaindo as concentrações que, com efeito,

torna o ambiente um meio anaeróbico. Portanto, os micro-organismos responsáveis pela depuração do efluente são, predominantemente, facultativos. Este tipo de lagoa é indicado para indústrias que possuem efluentes de grandes variações físico-químicas, uma vez que possui expressiva tolerância às modificações de carga orgânica na água residuária (DEZOTTI, 2008 *apud* SILVA, 2011; VON SPERLING, 2005).

Diferentemente das lagoas facultativas, as *lagoas aeradas* (Figura 10) não possuem as limitações fotossintéticas presentes na supracitada, pois a alimentação de oxigênio é feita de forma artificial, não dependendo somente de algas. Para tanto, a instalação dos aeradores deve ser feita de forma que a rotação em seu eixo vertical cause turbilhonamento das águas residuárias, propiciando a dissolução do oxigênio atmosférico na massa líquida. Com isto, comparando à lagoa facultativa, a introdução de oxigênio é maior e, conseqüentemente, a degradação da matéria orgânica ocorre mais rapidamente. Este tipo de lagoa também pode ser chamado de lagoa aerada facultativa, devido ao fato de a energia introduzida pelos gerados ser suficiente apenas para oxigenação, porém carece em manter os sólidos em suspensão, e, desta forma, ocasiona na sedimentação destes sólidos, formando a camada de lodo de fundo, que vem a ser decomposta de maneira anaeróbia. Uma vez empregada a mecanização do processo, as lagoas aeradas tornam-se mais custosas, no tocante à manutenção e operação, em relação à lagoa facultativa convencional, porém o requisito de área disponível é menor (VON SPERLING, 2005).

**Figura 10:** Lagoa aerada.



**Fonte:** Arquivo Pessoal.

#### **5.2.4. Parâmetros físicos de qualidade de água**

Von Sperling (2005) define os parâmetros físicos gerais para caracterização das águas de abastecimento, águas residuárias, mananciais e corpos receptores. Entre eles, podem ser citados: cor, turbidez, série de sólidos e temperatura.

#### 5.2.4.1. Cor

Este parâmetro está associado com a redução da intensidade de luz capaz de penetrar na água. A coloração das águas acontece em decorrência dos sólidos dissolvidos resultantes, em condições naturais, da decomposição da matéria orgânica ou presença de ferro e manganês. A interpretação deste parâmetro deve ser realizada após distinguir-se a *cor aparente* e *cor verdadeira*; no valor da cor aparente pode estar incluída a turbidez da água, devendo-se, então, realizar centrifugação para obter a cor verdadeira (CETESB, 2018).

#### 5.2.4.2. Turbidez

Neste parâmetro, é avaliado o grau de interferência da passagem de luz através da água que, dependendo do grau de interferência da penetração da luz, confere-lhe aparência turva devido aos sólidos em suspensão. Apesar de a origem natural (partículas de rocha, argila, silte, algas e outros micro-organismos) não conferir problemas sanitários diretos, a sua aparência é esteticamente desagradável, e estes sólidos em suspensão podem albergar micro-organismos patogênicos. No entanto, a origem industrial (despejos domésticos e industriais, micro-organismos, erosão) pode indicar presença de compostos tóxicos e agentes patogênicos (VON SPERLING, 2005).

#### 5.2.4.3. Série de sólidos

Refere-se a toda matéria que está em suspensão na água, sendo de origem orgânica e/ou inorgânica. Estes sólidos podem ser subdivididos em coloidais ou sedimentáveis/flutuantes, de acordo com a mensuração das partículas. Sólidos coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro (inferior a 1,2  $\mu\text{m}$ ), já os sedimentáveis são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade (diâmetros superiores) (CETESB, 2011; GIORDANO, 2004).

Além da solubilidade, os sólidos também são classificados de acordo com sua composição, sendo fixos ou voláteis, composição inorgânica e orgânica, respectivamente. Para efeitos práticos, a fração volátil é utilizada para mensurar a quantidade de matéria orgânica existente em um efluente. Todavia, este parâmetro não avalia exatamente a quantidade de biomassa ativa presente na água residuária, assim como não obtém informações de natureza específica dos diferentes compostos orgânicos (CETESB, 2011; GIORDANO, 2004).

A relação entre as frações quantificadas dos sólidos pode fornecer informações preliminares acerca das suas características pela razão sólidos voláteis (SV)/ sólidos totais (ST). Por exemplo, se após análise de uma amostra de ST a fração correspondente aos SV for maior,

há indícios de uma boa indicação sobre o potencial de degradação de matéria orgânica do material colocado, e, por conseguinte, das possibilidades para sua completa mineralização (CETESB, 2011).

No entanto, deve-se ressaltar que a análise de sólidos não discrimina a composição química das amostras, tornando-se obscuras as origens destas, sejam elas de composição química definida e conhecida, de materiais oriundos dos processos industriais, de produtos do metabolismo dos micro-organismos ou dos próprios flocos biológicos (GIORDANO, 2004).

#### 5.2.4.4. Temperatura

Em natureza, a temperatura da água sofre alterações diversas, sejam por transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), além de variações de temperatura pela profundidade dos corpos d'água. Entretanto, existem processos industriais que utilizam água para resfriamento de equipamentos que, posteriormente, são despejadas como efluente em temperaturas mais elevadas que a do ambiente. Essa elevação de temperatura aumenta a taxa das reações químicas e biológicas, bem como diminuem a solubilidade dos gases, como por exemplo o OD (VON SPERLING, 2005).

### 5.2.5. Parâmetros químicos de qualidade de água

#### 5.2.5.1. pH

Representa a atividade de íons hidrogênio ( $H^+$ ) em meio aquoso, indicando sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade do meio, variando de 0 a 14. É uma importante medida na análise de água, pois está intimamente relacionada à concentração de outras substâncias (PATERNIANI; PINTO, 2001).

Os ambientes neutros, aqueles com faixa de pH 7,0, são os locais que apresentam a maior diversidade de populações aquáticas. A influência desse atributo sobre a biota é notada tanto direta, por meio do controle sobre as reações biológicas, quanto indiretamente, pela alteração do equilíbrio químico de solubilidade de diversos elementos aquáticos. Em determinadas faixas de pH, pode ocorrer a precipitação de elementos químicos tóxicos, como os metais pesados, bem como de elementos essenciais, entre eles os nutrientes (CETESB, 2011).

A importância deste parâmetro se dá pelo fato de ter influência sobre diversos equilíbrios químicos, assim como as etapas do tratamento da água. Valores muito baixos podem apresentar corrosividade e agressividade nas águas de abastecimentos; valores muito altos podem promover incrustações. De modo geral, valores afastados da neutralidade afetam

diretamente a vida aquática (como peixes) e os micro-organismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Em reatores anaeróbios, a queda do pH do meio indica desequilíbrio nas reações presentes no lodo (CETESB, 2018).

#### 5.2.5.2. Série de nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos integrantes de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e outras moléculas biológicas importantes, portanto, é indubitável sua essencialidade para o desenvolvimento de todas as formas de vida (SANTOS, 2008 *apud* SILVA, 2011).

Sua apresentação é extremamente variável, sendo que no meio aquático, pode ser encontrado das seguintes formas: nitrogênio orgânico ( $N_{org}$ ), nitrogênio amoniacal ( $NH_3$  ou  $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ) (CETESB, 2018).

Os compostos nitrogenados devem ser avaliados com cautela, uma vez que quando lançados em grandes quantidades nos corpos d'água, tornam-se prejudiciais. A amônia livre, por exemplo, é tóxica e pode ocasionar a morte de invertebrados, com conseqüente desequilíbrio da biota aquática (NOVULARI, 2003).

#### 5.2.5.3. Fósforo

Assim como o N e C, o P é um dos elementos essenciais para a vida. É considerado um macronutriente, participando de diversas reações químicas nos organismos vivos, bem como é um agente estrutural de células (CETESB, 2011).

A problemática decorrente do aporte excessivo de P (e outros nutrientes) consiste no estabelecimento de um fenômeno chamado *eutrofização cultural*. O seu despejo em grandes quantidades leva a um rápido enriquecimento nutricional do meio aquático, favorecendo uma ou poucas espécies aquáticas, ocasionando um desequilíbrio da cadeia alimentar. A decomposição de organismos mortos e a reprodução excessiva de microalgas virtualmente presentes em todos os ambientes aquáticos durante esta eutrofização, aumenta o consumo de oxigênio presente no corpo d'água, gerando condições de anóxia e produzindo gases tóxicos ou com odor desagradável, além da perda local da biodiversidade (VASCONCELOS, 2011).

As principais fontes antrópicas de P incluem lançamento de esgotos sanitários com altas cargas de matéria orgânica fecal e detergentes, além de efluentes de indústrias químicas de fertilizantes, pesticidas, laticínios, conservas alimentícias, abatedouros e frigoríficos (CETESB, 2018).

#### 5.2.5.4. Oxigênio dissolvido (OD)

Este parâmetro é de suma importância para o crescimento de seres vivos aeróbios, uma vez que a maioria das espécies aquáticas é dependente de oxigênio. Durante seu processo metabólico, as bactérias fazem uso do OD, podendo vir a causar queda em suas concentrações, e, dependendo da magnitude deste processo, diversos seres aquáticos podem vir a óbito. Por este motivo, é considerado um parâmetro de qualificação da capacidade de mananciais em manter a vida aquática (CETESB, 20011; GIORDANO, 2004; PALMA-SILVA, 2006; VON SPERLING, 2005).

O provimento de oxigênio nas águas, em situações de natureza, pode ocorrer de forma exógena, em que o gás oxigênio ( $O_2$ ) presente na atmosfera é difundido através da superfície dos corpos hídricos, sendo influenciada por diversos fatores, como: a profundidade do corpo hídrico, a temperatura ambiente, a pressão atmosférica, o grau de saturação já existente, o grau de turbulência e a velocidade das águas. Já o processo endógeno, ocorre por meio de algas macrofíticas aquáticas, em que a produção de oxigênio é realizada pela fotossíntese destas. No entanto, este processo está restrito a locais onde há incidência de luz e a matéria orgânica existente é baixa (CETESB, 2011; PALMA-SILVA, 2006; VON SPERLING, 2005).

O derramamento de matéria orgânica nos corpos d'água, independentemente de sua origem (despejos domésticos ou industriais), ocasionam a depleção do OD em função da exacerbação de nutrientes presentes nos corpos. Esta elevação de nutrientes intensifica a quantidade de micro-organismos heterotróficos, os quais utilizam o oxigênio em seu ciclo biológico. Somado a isto, há a diminuição de organismos fotossintetizantes em decorrência do aumento da turbidez da água (VON SPERLING, 2005).

#### 5.2.5.5. Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO é a medição da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica em solução aquosa. Ela é frequentemente utilizada para estipular as concentrações de compostos orgânicos, dissolvidos ou em suspensão, presentes em determinadas amostras (CETESB, 2011).

Os principais efluentes responsáveis pelo aumento dos níveis de DQO são os industriais, seguidos pelos domésticos. Este é um dos parâmetros de qualidade do tratamento de efluentes industriais mais importantes devido à sua praticidade em suas análises, podendo ser realizado em menos de 4 horas. Entretanto, a DQO possui as desvantagens de: oxidar tanto a fração biodegradável quanto a recalcitrante; não fornece informações sobre a taxa de consumo de

matéria orgânica ao longo do tempo; e certos constituintes inorgânicos podem ser oxidados e interferir no resultado (CETESB, 2011; PALMA-SILVA; 2006).

No entanto, a DQO não é utilizada como parâmetro legal para qualidade de águas residuárias no estado do Amazonas, tornando-a útil apenas para o controle interno dos estabelecimentos (CETESB, 2018).

#### 5.2.5.6. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO é a medição do oxigênio necessário para a biodegradação da matéria orgânica pelos micro-organismos. Este parâmetro consiste na comparação de OD em uma amostra antes da degradação da matéria orgânica pelos micro-organismos heterotróficos e após este processo. Além de ser uma medida indicativa da biodegradabilidade da amostra, bem como da taxa em que sua degradação ocorre, é um meio de determinar a quantidade de OD necessária para a degradação completa da matéria orgânica, apesar de ser uma avaliação indireta. Por esta razão, a mensuração dos parâmetros de DBO sobressaem em relação aos de DQO, pois permite a estimativa da fração biodegradável da água residuária, a taxa de degradação da matéria orgânica e do consumo de oxigênio do meio (MATOS et al., 2017).

Posto isto, a DBO é um parâmetro fundamental para o monitoramento e dimensionamento dos sistemas de tratamento biológico, sendo utilizada como referencial para a legislação ambiental no mundo todo (MATOS et al., 2017).

Para fins de padronização, foi determinado que este parâmetro deve ser realizado em condições de temperatura constante de 20°C, num intervalo de 5 dias. Por isto, é comum a utilização do termo “DBO<sub>5,20</sub>” como referência à DBO padrão (VON SPERLING, 2005).

#### 5.2.6. Parâmetros biológicos de qualidade de água

Os contaminantes biológicos são diversos agentes, podendo ser patogênicos ou não. As características bacteriológicas dos esgotos referem-se à presença de diversos micro-organismos tais como bactérias inclusive do grupo coliformes, vírus e vermes (VON SPERLING, 1996). Os micro-organismos presentes contaminam o solo, inclusive os lençóis subterrâneos e as águas superficiais, sendo responsáveis pelas doenças de veiculação hídrica. A Tabela 3 mostra algumas características biológicas presentes nos corpos d'água.

**Tabela 3:** Características biológicas dos efluentes líquidos.

Parâmetros	Unidades	Uso ou significado sanitário
<b>Microbiologia</b>	NMP/100 ml	Pesquisa microbiológica e verificação da efetividade dos processos de desinfecção.
<b>Outros organismos (bactérias, protozoários, helmintos e vírus)</b>		Normalmente são pesquisados nos casos de reuso de efluentes
<b>Toxicidade aguda e crônica (peixes, microcrustáceos e microalgas)</b>	uT, CENO	São utilizados para se verificar a toxicidade de uma substância específica ou do efeito sinérgico de diversos poluentes identificados ou não na amostra, relacionando-se ao impacto da biota do corpo receptor

Obs.: NMP – Número mais provável; UT – unidade de toxicidade; CENO – Concentração máxima de efeito não observado.

**Fonte:** Adaptado de GIORDANO, 2004.

### 5.3. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997) dispõe sobre o conjunto de diretrizes voltadas para a boa gestão dos recursos hídricos, garantindo padrões de qualidade adequados à atual e às futuras gerações, utilização racional e integrada, incentivo ao aproveitamento de águas pluviais, prevenção e defesa de eventos hidrológicos críticos, sejam eles de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. A atuação da PNRH está voltada, portanto, para a preservação da água como elemento essencial para a vida na Terra (CREMONINI, 2018).

A resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), dispõe sobre as definições de águas doces, sejam elas:

- a) Classe especial: aquelas destinadas ao consumo humano direto, após desinfecção, à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, bem como àquelas inseridas em Unidades de Conservação de Proteção Legal;
- b) Classe 1: aquelas destinadas ao abastecimento público, após submetidas a tratamento simplificado, à recreação por práticas desportivas, conforme descrito na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 274 (BRASIL, 2000b), à proteção de comunidades aquáticas em terras indígenas e de um modo geral e à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas;
- c) Classe 2: aquelas destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional, a recreação por práticas desportivas, como disposto na Resolução CONAMA nº 274

(BRASIL, 2000b), à aquicultura e atividade de pesca, e à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e vegetações as quais o público possa vir a ter contato direto;

- d) Classe 3: aquelas destinadas ao abastecimento público, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de plantações, sejam elas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário, e à dessedentação de animais; e
- e) Classe 4: aquelas destinadas à navegação e harmonia paisagística.

Os frigoríficos, de um modo geral, lançam seus efluentes em corpos hídricos. A Resolução nº. 430 do CONAMA (BRASIL, 2011), 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. O artigo 16º define as condições e padrões para o lançamento de efluentes, sendo:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) Temperatura inferior a 40°C;
- c) Materiais sedimentáveis: até 1 ml/l, em teste de 1 hora, em cone *Imhoff*;
- d) Vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade;
- e) Óleos e graxas:
  - óleos minerais: até 20 mg/l;
  - óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/l.
- f) Ausência de materiais flutuantes;
- g) Remoção de mínima de 60% para o DBO<sub>5,20</sub>.

#### 5.4. REUSO DE EFLUENTES TRATADOS

As legislações ambientais preconizam a remoção de matéria orgânica e de nutrientes como prioridades dos tratamentos biológicos e físico-químicos disponíveis e aplicados no tratamento de efluentes para seu reuso. Este processo que consiste no reaproveitamento de água residuária tratada, a fim de se obter uma alternativa para o uso racional da água, contribuindo para a redução do volume de água captado e do efluente gerado pela indústria (MACEDO, 2000; MIERZWA, 2005).

Devido às técnicas de tratamento nas indústrias, um efluente tratado pode ter características físicas, químicas e biológicas equivalentes ou até melhores do que as da água não tratada de rios e lagos, diferente do que acontece com os efluentes tratados em estações convencionais de tratamento de esgotos domésticos (MIERZWA, 2005).

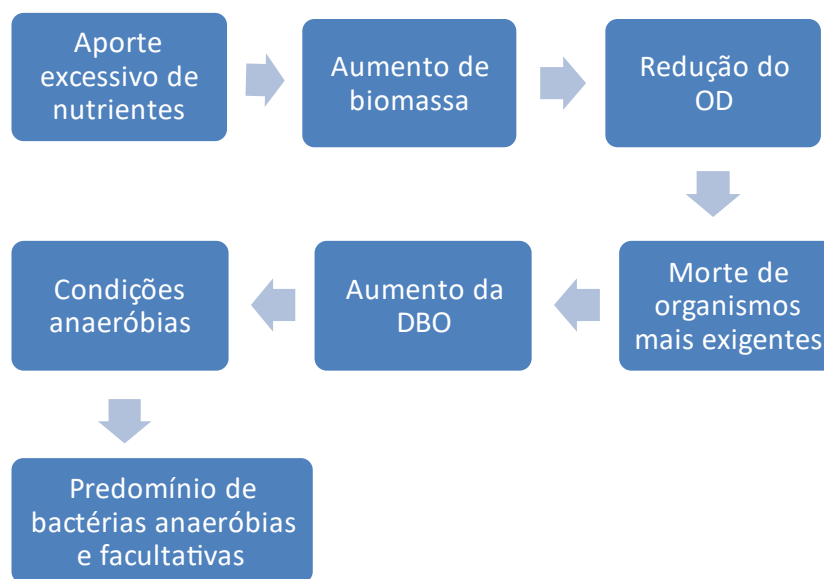
Diversas indústrias praticam o reuso da água residuária tratada em função das questões ambientais, econômicas, técnicas ou legais. Embora todos os setores industriais devam estar se empenhando no sentido de reduzir o seu consumo direto de água, é nos setores que consumo de água é mais acentuado onde se devem intensificar as medidas de racionalização do uso da água, promovendo a reutilização de efluentes tratados (TELLES; COSTA, 2007).

Desta maneira, assumir a responsabilidade de reuso de recursos hídricos é fundamental para que a empresa possa, além de se preparar para as futuras obrigações legais severas que já estão tramitando, atuar com ética perante colaboradores, clientes e sociedade (LUERSEN, 2012).

## 6. DISCUSSÃO

O despejo de efluentes industriais não tratados nos corpos hídricos afetam diretamente a qualidade da água, especialmente pela depleção do OD, o que pode levar ao óbito dos organismos aquáticos neles presentes. Somado a isto, macronutrientes, como N e P, causam a eutrofização do ambiente (Figura 11), que nada mais é que o aumento excessivo destes nutrientes nos corpos d'água, causando o intenso crescimento de algas e micro-organismos (BUSTILLO-LECOMPTE, 2017b).

**Figura 11:** Fluxograma da eutrofização.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

O sangue é o principal despejo de relevância para ao meio ambiente. Verheijen (1996) relata que a DBO do sangue varia de 150.000 a 200.000 mg/l, podendo chegar aos extremos de 405.000 mg/l, sendo o poluente de maior valor para este parâmetro (em comparação, esgotos sanitários de origem doméstica possuem DBO de 300 mg/l). Pacheco (2006) alega que os valores de DQO, para o sangue bruto, podem chegar aos exorbitantes 400.000 mg/l, e caso o sangue de um único bovino fosse diretamente despejado na rede, a DQO resultante no efluente seria o equivalente de uma produção de esgoto total realizada por 50 pessoas.

Uma outra importante fonte de contaminação dos corpos receptores é a adição de surfactantes nos processos de limpeza. Os surfactantes são substâncias presentes em detergentes, e podem entrar nos rios e lagos por meio de um tratamento inadequado dos efluentes, podendo alterar a composição dos corpos hídricos receptores e afetar os humanos, peixes e vegetações, a curto e a longo prazo (VERHEIJEN, 1996).

Há ainda a problemática de os patógenos serem carreados por estes efluentes. Eles podem persistir no solo e na água e se multiplicar continuamente, possibilitando a contaminação de humanos e animais devido à interação das comunidades próximas a estes estabelecimentos (BUSTILLO-LECOMPTE, 2017b), como ocorre em alguns abatedouros-frigoríficos do Amazonas.

Segundo Um et al. (2015), o tratamento de efluentes convencional não causa nenhum grande impacto na proliferação de patógenos resistentes a antibióticos, como variantes da *Escherichia coli*, e outros agentes etiológicos de importância na saúde pública. Este relato destaca os riscos que o tratamento inadequado dos efluentes industriais implicam na saúde da população, principalmente às comunidades ribeirinhas, não apenas as próximas a estes estabelecimentos, mas como comunidades mais afastadas. Isto mostra a seriedade em que o tratamento de efluentes deve ser levado, tanto na garantia que o método aplicado esteja de fato funcionando, quanto na formulação e aquisição de procedimentos que sejam ainda mais eficazes.

Portanto, torna-se imprescindível que os donos destas empresas preconizem o cumprimento da legislação vigente em seu país. O Brasil possui o CONAMA como órgão regulamentador na esfera federal. No entanto, é facultado a cada unidade federativa elaborar legislação própria com base nos parâmetros contidos na Resolução nº 430/11 (CONAMA, 2011). O estado do Amazonas não possui legislação própria, seguindo, portanto, o disposto em legislação federal. Posto isto, como demonstrado na Tabela 4, os estados de Goiás, pelo Decreto nº 1.745 de 06 de dezembro de 1979, Minas Gerais pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1 de 05 de maio de 2008, Rio de Janeiro pela Resolução CONEMA nº 90 de 08 de fevereiro de 2021, e São Paulo pela Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, possuem parâmetros de controle de qualidade de efluentes publicados em lei.

**Tabela 4:** Legislações estaduais do Brasil.

Parâmetro	CONAMA nº430/11	Goiás	Minas Gerais	Rio de Janeiro	São Paulo
DBO (mg/l)	120	60	60	30	60
DQO (mg/l)	-	-	180	180	-
N (mg/l)	-	-	-	-	-
P (mg/l)	-	-	-	-	-
SST (mg/l)	-	-	100	40	-
pH	5-9	5-9	6-9	5-9	5-9
T (variação °C)	3°C	3°C	3°C	-	-

**Fonte:** CONAMA, Governo do Estado de Goiás, COPAM, CECA e Governo do Estado de São Paulo.

Percebe-se que os valores de DBO para estes estados são menores em relação ao proposto pelo CONAMA. É perceptível a flexibilização pela legislação federal deste importante parâmetro. No entanto, a realidade dos valores de DBO encontrados nos efluentes industriais abaixo estudados mostra-se diferente.

Arruda (2004), constatou que a eficiência do tratamento do efluente de um abatedouro bovino, localizado em Jabotão dos Guararapes, PE, foi de 67%. Este valor está em concordância com o preconizado pela Resolução do CONAMA nº 430/11 que diz: “este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO”. Entretanto, ao analisar os valores relativos de DBO, ele encontrou o valor de 430 mg/l, o que demasiadamente ultrapassa os números apresentados na legislação federal.

Por sua vez, Morales et al. (2009), avaliando a eficácia da ETE com dois biodigestores do tipo UASB (Up flow Anaerobic Sludge Blanket Reactor), encontraram o valor de 1050 mg/l de DBO no efluente já tratado, estando muito acima dos 120 mg/l recomendados.

É notável que o método atual de tratamento de efluentes industriais, principalmente estes provenientes de abatedouros-frigoríficos, não é adequado para lançamento nos lagos e rios, assim como a atual legislação não é rígida o suficiente para melhorar tais discrepâncias. A Tabela 5 mostra um comparativo entre diversos países.

**Tabela 5:** Legislações internacionais sobre emissão de efluentes.

Parâmetro	World Bank	UE	EUA	Canadá	Colômbia	China	Índia	Brasil
<b>DBO (mg/l)</b>	30	25	16-26	5-30	50	20-100	30-100	120
<b>DQO (mg/l)</b>	125	125	-	-	150	100-300	250	-
<b>NT (mg/l)</b>	10	10-15	4-8	1.25	10	15-20	10-50	-
<b>PT (mg/l)</b>	2	1-2	-	-	-	0.1-1.0	5	-
<b>SST (mg/l)</b>	50	35-60	20-30	5-30	50	20-30	100	500
<b>pH</b>	6-9	-	6-9	6-9	6-9	6-9	5.5-9	5-9
<b>T (variação °C)</b>	-	-	-	<1°C	-	-	<5°C	<3°C

**Fonte:** Adaptado de BUSTILLO-LECOMPTE, 2017b.

É notável a incompatibilidade da legislação federal brasileira com países de primeiro mundo, como Estados Unidos da América, Canadá e União Europeia. Os valores permitidos de DBO e SST no Brasil são muito maiores, e DQO, NT e PT sequer são mencionados em legislação.

Sendo assim, é necessário que haja estudos mais aprofundados acerca dos impactos ambientais que estes estabelecimentos em questão acarretam ao meio ambiente para que, assim, novas medidas de controle sejam utilizadas, legislações vigentes possam ser atualizadas e que a fiscalização se torne mais intensa e eficaz.

Sugere-se o tratamento de águas residuais com qualidade para reutilização da água na indústria de processamento de carne (BUSTILLO-LECOMPTE, 2016), o que representaria uma alternativa para a redução do consumo.

A Resolução nº 54, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) (BRASIL, 2005), estabelece as diretrizes para reutilização direta de água não potável, e define que o reuso das águas residuárias tratadas podem ser utilizadas para os processos, atividades e operações industriais.

Luersen et al. (2012) realizaram um experimento comparando a produção de couros em uma indústria de curtimento por meio das seguintes etapas: gradeamento, remoção de óleos e graxas, homogeneização (equalização), neutralização, coagulação e floculação, decantação primária, lodo ativado, decantação terciária e centrifugação (no lodo gerado durante o processo). Neste estudo, os autores inferem que não há diferenças significativas na qualidade do produto final na produção de couros por meio de água potável e de efluente tratado. Apesar de ser um experimento em um estabelecimento de produtos não alimentícios, pode-se pressupor que é viável o reuso de efluentes tratados em abatedouros, e esses conteúdos podem ser realizados em outras operações, como lavagem de instalações, pisos e animais no pré-abate.

Gil (2010) avaliou a caracterização de um efluente tratado (utilizando gradeamento, peneiras, lagoa anaeróbia e lagoa de sedimentação) em um abatedouro-frigorífico de suínos visando o reuso destas águas. Em seu experimento, a água residuária tratada pôde ser classificada como águas de Classe III, conforme disposto na Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005). Neste estudo, é possível concluir que a reutilização é plausível na pré-lavagem dos caminhões de descarga dos animais, lavagem dos pisos externos e irrigação das áreas verdes da empresa ou em equipamentos utilizados na indústria, o que corrobora o proposto supracitado. Esta reutilização pode diminuir a emissão de efluentes nos corpos d'água.

Posto isto, cabe ao Sistema de Inspeção (com o médico veterinário nele presente) responsável pelo estabelecimento e/ou Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) (órgão ambiental fiscalizador do estado do Amazonas) realizar a fiscalização necessária para que não ocorra o descumprimento da lei vigente no país. Em relação ao médico veterinário, como responsável técnico de uma indústria, este possui como dever realizar as orientações necessárias quanto à geração, classificação, armazenamento, tratamento, coleta, destinação

final e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e líquidos gerados pela atividade, de acordo com a legislação federal, estadual e/ou municipal, e exigir o cumprimento destas normas.

## **7. CONCLUSÃO**

Não há dúvidas que os abatedouros-frigoríficos são de suma importância para a economia brasileira, uma vez que eles geram diversos empregos e movimentam muito capital para a região onde estão inseridos. Entretanto, também deve-se acompanhar de forma minuciosa, como os despejos destes estabelecimentos estão sendo descartados. Como já foi visto, o impacto ambiental gerado por eles são grandes e causam prejuízos a curto e a longo prazo. A fim de mitigar estes impactos, deve-se tomar medidas para o controle deste impacto, como a avaliação criteriosa do tratamento já implantado, para que erros na rede não aconteçam, a iniciativa do poder público em analisar, fiscalizar e legislar de forma mais acirrada, e, principalmente, o interesse e cuidado por parte dos proprietários destas empresas para que seus estabelecimentos sejam minimamente poluidores. Um método alternativo de solução para a problemática seria a da reutilização do efluentes tratados em diferentes processos, como lavagem dos animais, dos pisos externos e irrigação das áreas verdes da empresa ou em equipamentos utilizados na indústria.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14001: Sistemas de Gestão Ambiental - Especificação e Diretrizes para Uso.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AMARAL, P. H. **Programa de Autocontrole em um Matadouro-Frigorífico de Bovinos.** 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ARANA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões.** Florianópolis: UFSC, 1997.

ARRUDA, V. C. M. **Tratamento Anaeróbio de Efluentes Gerados em Matadouros de Bovinos.** 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

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

BRASIL. MAPA. Instrução Normativa no. 3, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S.D.A./M.A.A. **[Diário Oficial da União]**. Brasília, 2000a.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **[Diário Oficial da União]**. Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de novembro de 2000b.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 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, e dá outras providências. **[Diário Oficial da União]**. Poder Executivo, Brasília, DF, março 2005.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **[Diário Oficial da União]**. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2011.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **[Diário Oficial da União]**. Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. MAPA. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (atualizado pelo decreto 10.468 de 18 de agosto de 2020). Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **[Diário Oficial da União]**. Brasília, 18 de agosto de 2020.

BRASIL. MAPA. **Inspeção de Carne Bovina**. Padronização de Técnicas, Instalações e Equipamentos, 2007.

BRASIL. MMA. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **[Diário Oficial da União]**. Brasília, 28 de novembro de 2005.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Treatment of actual slaughterhouse wastewater by combined anaerobic–aerobic processes for biogas generation and removal of organics and nutrients: An optimization study towards a cleaner production in the meat processing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 278-289, 2017a.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse Wastewater: Treatment, Management and Resource Recovery. **IntechOpen**, 2017b. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/physico-chemical-wastewater-treatment-and-resource-recovery/slaughterhouse-wastewater-treatment-management-and-resource-recovery>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Treatment of an actual slaughterhouse wastewater by integration of biological and advanced oxidation processes: Modeling, optimization, and cost-effectiveness analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 651-666, 2016.

CARDOSO, A. P. **Tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos para produção biogás: Uma abordagem para sustentabilidade**. 52f. Trabalho Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Bioquímica) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo – 2010**. Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2011.

CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo – 2017**. Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2018.

CREMONINI, J; NEDEL, T; HIGARASHI, M. M. Tratamento de Efluentes da Indústria de Frigoríficos. **Multidisciplinary Scientific Journal**. 2018. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/tratamento-de-efluentes>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2021.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2008.

FEISTEL, J. C. **Tratamento e Destinação de Resíduos e Efluentes de Matadouros e Abatedouros**. 37f. Monografia (Mestrado em Sanidade Animal, Higiene e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FELÍCIO, P. E.; PFLANZER, S. B. Maturação da carne bovina. **Revista Bovinos**, v. 12, p. 42-48, 2018.

FIGUEIREDO, C. T. Aspectos Ambientais do Matadouro Frigorífico de Bovinos do Município de Coari/Amazonas. **Revista Igapó**, v. 10, n. 2, p. 57-67, 2016.

FILHO, A. S. L. S.; MENSAH, J. H. R.; BATTISTON, K. M.; BARROS, M. S.; SANTOS, I. F. S. Dimensionamento de um Reator UASB para Tratamento de Efluentes Domésticos e Recuperação do Biogás para Produção Energética: Um Estudo de Caso em Pouso Alegre (MG) **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 7, n. 1, p. 77-94, 2018.

GIL, A. S. L. **Caracterização do Efluente de ETE de Abatedouro Visando o Reuso**. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: UERJ, 2004.

GOIÁS. Decreto nº 1.745 de 06 de dezembro de 1979. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Goiás, Palácio do Governo do Estado de Goiás [1979]**.

Disponível em: <http://www.mp.go.gov.br/natsucroalcooleiro/Documents/legislacao/especifica/03.pdf>.

Acesso em: 27 de abril de 2021.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2019>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2020.

IMPrensa SISTEMA FARSUL (Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul). **Farsul realiza levantamento sobre consumo mundial de carne**. 2020. Disponível em:

<https://www.farsul.org.br/farsul/farsul-realiza-levantamento-sobre-consumo-mundial-de-carne,358634.jhtml>>. Acesso em: 12 de janeiro de 2021.

KLANK, M. **Avaliação da Eficácia no Tratamento de Efluentes Líquidos em um Frigorífico de Bovinos**. 51f. Dissertação (MBA em Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

LUDTKE, C. B.; CIOCCA, J. R. P.; DANDIN, T.; BARBALHO, P. C.; VILELA, J. A.; FERRARINI, C. **Abate humanitário de bovinos**. Rio de Janeiro: WSPA, 2012.

LUERSEN, K. H.; SHULTZ, Glauco; STÜLP, S.; REMPEL, C. Reuso do Efluente Tratado na Indústria Curtidora. **TECNO-LÓGICA**, v. 16, n. 1, p. 05-10, 2012.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. Juiz de Fora: Ortofanna. 2000.

MATOS, M. P.; BORGES, A. C.; Matos, A. T.; Silva, E. F.; MARTINEZ, M. A. Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 821-828, 2017.

MIERZWA, J. C. **Água na Indústria**. São Paulo: Oficina de Texto, 2005.

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. Minas Gerais, **Conselho Estadual de Política Ambiental e Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais** [2008]. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151#:~:text=1o%20Esta%20Delibera%C3%A7%C3%A3o%20Normativa,padr%C3%B5es%20de%20lan%C3%A7amento%20de%20efluentes%20.>>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

MORALES, M. M. **Avaliação dos resíduos líquidos em um sistema de abate de bovinos**. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

NASCIMENTO, R. A. **Desempenho de Reator Anaeróbio de Manta e Lodo Utilizando Efluentes Líquidos de Indústria Alimentícia**. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração de Recursos Hídricos e Saneamento) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

NOVULARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 1ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

PACHECO, J. W. **Guia Técnico Ambiental de Abates (Bovino e Suíno)**. São Paulo: CETESB (Série P + L), 2006a.

PACHECO, J. W. **Guia Técnico Ambiental de Graxarias**. São Paulo: CETESB (Série P + L), 2008.

PALMA-SILVA, G. M. **Relação dos indicadores Microbiológicos com Outros Parâmetros Limnológicos no Rio Corumbataí, SP, no Intuito de Propor um Modelo Matemático para Gestão Ambiental**. 175f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Rio Claro. Rio Claro, 2006.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia: UFG, 2006.

PATERNIANI, J. E. S.; PINTO, J. M. Qualidade da água. In: Jarbas Honorio de Miranda; Regina Celia de Matos Pires. (Org.). **Irrigação**. 1ed. São Paulo: SBEA, v. 1, p. 195-253, 2001.

PEREIRA, E. L.; PAIVA, T. C. B.; SILVA, F. T. Physico-chemical and Ecotoxicological Characterization of Slaughterhouse Wastewater Resulting from Green Line Slaughter. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 227, n. 6, p. 199, 2016.

RABELO, M. H. S.; SILVA, E. K.; PERES, A. P. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 79-86, 2014.

RAMALHO, R. S. **Tratamiento de aguas residuales**. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 1991.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 4ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2008.

RIO DE JANEIRO. Resolução CONEMA nº 90 de 08 de fevereiro de 2021. Estabelece Critérios e Padrões de Lançamento de Esgoto Sanitário. **Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro** (2021). Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=409987>>. Acesso em: 29 de abril de 2021.

ROÇA, R. O. Abate humanitário de bovinos. **Revista Educação Continuada**, v. 4, fasc. 2, p. 73-85, 2001.

ROYER, A. F. B.; EGUCHI, E. S.; JUNIOR, R. G. C.; GARCIA, J.; PINHEIRO, M. S. M. Manejo Pré Abate Visando o Bem Estar Animal e Qualidade da Carne Bovina. **PUBVET**, v. 4, n. 13, p. 795-801, 2010.

SANTOS, C. A. S.; TORRES, C. J. F.; SILVA, N. L.; SILVA, J. O.; ROCHA, F. A. Sistema de Tratamento de Efluentes de Matadouro Bovino Utilizando Lagoas de Estabilização. **Enciclopédia biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1294, 2011.

SANTOS, J. G. P. **Disponibilidade de Nitrogênio para o Milho em Latossolo Vermelho**. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SÃO PAULO. Lei nº 997, 31 de maio de 1976, atualizada até a Lei nº 9.477, de 30 de dezembro de 1996. Dispõe Sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente. **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**. [1996]. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1976/lei-997-31.05.1976.html>>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Abate de Bovinos. **Boletim Técnico da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)**, Programa Institucional de Extensão, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

SCARASSATI, D.; CARVALHO, R. F.; DELGADO, V. L.; CONEGLIAN, C. M. R.; BRITO, N. N.; TONSO, S.; SOBRINHO, G. D.; PELEGRINI, R. Tratamento de efluentes de matadouros e frigoríficos. **In III Fórum de Estudos Contábeis**, Claretianas, 2003. Disponível

em: <[www.universoambiental.com.br/novo/artigos\\_ler.php?canal.](http://www.universoambiental.com.br/novo/artigos_ler.php?canal.)>. Acesso em: 09 de março de 2021.

SILVA, P. F. **Avaliação da Eficiência do Sistema de Tratamento de Efluentes de Frigorífico – Um Estudo de Caso em Rio Claro/SP**. 126f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Instituto de Biociências. Rio Claro, 2011.

SILVA, B. V. C. **Abate Humanitário e o Bem Estar Animal em Bovinos**. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Prática**. São Paulo: Blucher, 2007.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. **Reuso da Água: Conceitos, Teorias e Prática**. São Paulo: Blucher, 2007.

UM M. M.; BARRAUD, O.; KÉROURÉDA, N. M.; GASCHET, M.; STALDER, T.; OSWALD, E.; DAGOT, C.; PLOY, M.; BRUGÈRE, H.; BIBBAL, D. Comparison of the incidence of pathogenic and antibiotic-resistant *Escherichia coli* strains in adult cattle and veal calf slaughterhouse effluents highlighted different risks for public health. **Water Research**, v. 88, p. 30-38, 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26460853/>>. Acesso em: 25 de abril de 2021.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Água**, v. 6, n. 2, p. 305-324, 2011.

VERHEIJEN, L. A. H. M.; WIERSEMA, D.; HULSHOFF, P. L. W. Management of Waste from Animal Product Processing [Internet]. 1996. Disponível em: <<http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6114E/X6114E00.HTM>>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte: UFMG, 2005.