

**FACULDADE DOCTUM
RAFAELA APARECIDA DA SILVA DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COMPOSTO
POR UM SISTEMA DE LAGOAS ANAERÓBIA, FACULTATIVA E DE POLIMENTO
DE UM MATADOURO**

Juiz de Fora
2020

FACULDADE DOCTUM
RAFAELA APARECIDA DA SILVA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COMPOSTO
POR UM SISTEMA DE LAGOAS ANAERÓBIA, FACULTATIVA E DE POLIMENTO
DE UM MATADOURO**

Monografia de Conclusão de Curso,
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, Faculdade Doctum
de Juiz de Fora, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. M Sc. Flávio da Rocha
Azevedo

Juiz de Fora
2020

FACULDADE DOCTUM
RAFAELA APARECIDA DA SILVA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COMPOSTO
POR UM SISTEMA DE LAGOAS ANAERÓBIA, FACULTATIVA E DE POLIMENTO
DE UM MATADOURO**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. M Sc Flávio da Rocha Azevedo

Prof. M Sc Flavio da Rocha Azevedo
Orientador e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Prof. M Sc Ricardo Schtahschmidt Pinto
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Maiara Silva da Costa – Mestranda – Universidade Estadual Rio de Janeiro

Examinada em: ___/___/____.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me agraciar pela vida, saúde e pela persistência e coragem para seguir e realizar um sonho. Agradeço sempre por tudo.

À minha mãe, Neuza, pelo apoio sempre incondicional.

Ao meu namorado, Rafael, pelo apoio, amizade e companheirismo em todos os momentos.

Aos professores que ao longo destes anos, pela dedicação à esta profissão tão essencial para a formação não só acadêmica, mas também de valores para nós, alunos.

À todos os amigos e familiares que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Deus Abençoe a todos nós.

ABREVIATURAS E SIGLAS

Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNDS - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO₅ - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
mg/L – miligrama por litro
mL/L – mililitro por litro
MO - Matéria Orgânica
N – Nitrogênio
NA - Nitrogênio Amoniacal
NH₃ – Amônia livre
NH₄ – Amônia
N-NH₃ – Nitrogênio Amoniacal
NO₂ – Nitrito
NO₃ – Nitrato
NT - Nitrogênio Total
OD - Oxigênio Dissolvido
P - Fósforo
PT – Fósforo total
pH – potencial hidrogeniônico
SS - Sólidos Sedimentáveis
SST - Sólidos Suspensos Totais

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de disposição das lagoas	32
Figura 2: Mapa ilustrativo da localização do matadouro.	34
Figura 3: Mapa ilustrativo de localização do matadouro em relação à Bacia Hidrográfica brasileira e do Curso Médio Inferior Paraíba do Sul.....	35
Figura 4: Mapa ilustrativo dos principais cursos d'água de Três Rios.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese de tipo de poluente e tipo de remoção.	27
---	----

LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1: Disposição básica do processo produtivo	36
Fluxograma 2: Processo de tratamento do efluente	40

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1: Eficiência de remoção.	42
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Característica do efluente bruto segundo alguns autores:	17
Tabela 2: Condições e padrões de lançamento de efluentes.....	22
Tabela 3: Níveis de tratamento e tecnologias.	23
Tabela 4: Vazão e percentual mínimo e remoção DBO.	24
Tabela 5: Padrões para lançamento de efluentes.....	25
Tabela 6: Dimensões de projeto Lagoa Anaeróbia	38
Tabela 7: Dimensões de projeto Lagoa Facultativa	38
Tabela 8: Dimensões de projeto Lagoa Polimento.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem da redução da DBO ₅	44
Gráfico 2: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011	45
Gráfico 3: Resultado da eficiência de remoção da DQO	46
Gráfico 4: Análise do resultado com a DZ-205.R-6	47
Gráfico 5: Resultado do parâmetro Nitrogênio Amoniacal	48
Gráfico 6: Análise do resultado com a NT-202.R-10	49
Gráfico 7: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011	49
Gráfico 8: Resultado do parâmetro Nitrogênio Total	50
Gráfico 9: Análise do resultado com a NT-202.R-10	51
Gráfico 10: Resultado do parâmetro Óleos e Graxas Totais	52
Gráfico 11: Análise do resultado com a NT-202.R-10	53
Gráfico 12: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011	54
Gráfico 13: Resultado do parâmetro Sólidos Suspensos Totais	55
Gráfico 14: Analise do parâmetro Sólidos Sedimentáveis.....	56
Gráfico 15: Análise do resultado com a NT-202.R-10	57
Gráfico 16: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011	58
Gráfico 17: Resultado do parâmetro Fósforo	59
Gráfico 18: Análise do resultado com a NT-202.R-10	60
Gráfico 19: Resultado do parâmetro Oxigênio Dissolvido	61
Gráfico 20: Resultado do parâmetro pH.....	63
Gráfico 21: Análise do resultado com a NT-202.R-10	64
Gráfico 22: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011	65

RESUMO

LIMA, RAFAELA APARECIDA DA SILVE DE. **Avaliação da eficiência do tratamento de efluentes composto por um sistema de lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento de um matadouro.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2020.

A atividade de matadouro gera efluentes com alta carga poluidora, matéria orgânica, teores de nitrogênio, fósforo e gordura, além da presença de outras substâncias como produtos químicos. Necessitando tratá-lo adequadamente antes de ser lançado no corpo receptor de forma que atendam as legislações e a conservação da qualidade do meio ambiente. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar os resultados das análises dos anos de 2016 a 2019, dos parâmetros tendo como base as legislações referentes aos efluentes industriais e se o sistema de tratamento por lagoas anaeróbia, seguida de facultativa e de polimento, promovem a redução na concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio óleos e graxas, Demanda Química de Oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, sólidos em suspensão totais, sólidos sedimentáveis, fósforo total, concentração de Dissolvido Oxigênio e pH, sendo proposto meios de melhoria. O matadouro estudado gera em média 15 m³/dia de efluentes, distribuídos em linha verde e vermelha, sendo tratados preliminar através das caixas de areia, passando pelo tratamento primário por material filtrante e pelo tratamento secundário através das lagoas. O resultado foi que este sistema realiza a remoção dos parâmetros de forma satisfatória, porém, no caso deste matadouro, necessitam de alguns ajustes. Enfim, percebe-se que ao concluir, os objetivos foram em partes atendidos e a pergunta foi respondida com a ratificação da hipótese, logo, faz-se necessário que o matadouro adote algumas medidas propostas para o levantamento de dados mais representativos sobre o tratamento dos efluentes. E somente depois destes poderá verificar quais os métodos mais apropriados para a remoção não só dos nutrientes presentes, mas também de outros parâmetros que por vezes não atenderam os padrões de lançamento de efluentes exigidos pela NT-202.R-10/1986.

Palavras chave: Efluentes. Matadouro. Legislação. Parâmetros. Tratamento biológico em lagoas.

ABSTRACT

The slaughterhouse activity generates effluents with a high polluting load, organic matter, nitrogen, phosphorus and fat contents, in addition to the presence of other substances such as chemicals. Needing to treat it properly before being released in the receiving body in a way that complies with the legislation and the conservation of the quality of the environment. The objective of this research was to evaluate the results of the analysis from the years 2016 to 2019, of the parameters based on the legislation referring to industrial effluents and if the anaerobic lagoon treatment system, followed by optional and polishing, promote the reduction in the concentration of Biochemical Oxygen Demand) oils and greases, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total nitrogen, total suspended solids, settleable solids, total phosphorus concentration of dissolved oxygen and pH being proposed improvement means. The studied slaughterhouse generates an average of 15 m³ / day of effluents, distributed in a green and red line, being treated preliminarily through the sandboxes, passing through the primary treatment with filtering material and the secondary treatment through the lagoons. The result was that this system performs the removal of parameters in a satisfactory way, however, in the case of this slaughterhouse, they need some adjustments. Finally, it can be seen that, in conclusion, the objectives were partially met and the question was answered by ratifying the hypothesis, therefore, it is necessary for the slaughterhouse to adopt some proposed measures for the collection of more representative data on the treatment of effluents. And only after, these will you be able to check which methods are most appropriate for removing not only the nutrients present, but also other parameters that sometimes did not meet the effluent release standards required by the NT-202.R-10/1986.

Key words: Effluents. Slaughterhouse. Legislation. Parameters. Biological treatment in ponds.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Caracterização do processo produtivo de um matadouro de bovino e suíno	13
3.2. Geração de efluentes e impactos ambientais.....	14
3.2.1. Principais características do efluente	16
3.2.2. Impactos ambientais do efluente de origem de matadouro em cursos d'água	19
3.3. Amparo legislativo	21
3.4. Tratamento de efluentes.....	25
3.4.1. Níveis de tratamento	26
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
4.1. Caracterização do local em estudo	33
4.2. Tratamento do efluente do matadouro	37
4.2.1. Análises do efluente	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1. Resultados dos parâmetros físico-químicos.....	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO.....	73

1. INTRODUÇÃO

O planeta hoje demanda por grande quantidade de carne e o Brasil acompanha esta tendência, com um dos maiores rebanhos bovinos no ano de 2015, aproximadamente 209 milhões de cabeças, sendo que 80% do consumo interno de carne bovina foi produzida aqui no Brasil. (EMBRAPA, 2019).

A carne suína apresenta-se como a segunda proteína mais consumida no mundo, ficando atrás dos pescados e no mercado interno está em terceiro lugar, atrás da carne frango e da carne bovina, sendo que 85 % da produção suína foi direcionada para o mercado interno em 2015. (GUIMARÃES et al, 2017).

Conforme informa o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2019 mais de 32 milhões de animais bovinos e mais de 46 milhões de suínos foram abatidos.

Para tanto, o processo produtivo pode ser dividido em matadouro ou abatedouro, frigorífico e graxarias e sabe-se que neste processo há um grande consumo de água e conseqüentemente uma grande geração de efluentes com alta carga poluidora, com matéria orgânica, teores de nitrogênio, fósforo e gordura, além da presença de outras substâncias como produtos químicos e também a geração de resíduos. (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

Diante desta perspectiva, o elevado número de abates para atender o consumo geram efluentes e resíduos, e com isso, percebe-se portanto, a necessidade de gerenciá-los e tratá-los, de forma que atendam as legislações e também pela conservação da qualidade do meio ambiente.

Deste modo verificou se o sistema de tratamento por lagoas anaeróbia, seguida de facultativa e de polimento, adotado pelo matadouro e o atendimento dos parâmetros exigidos pela legislação estadual e nacional. E especificamente para os parâmetros nitrogênio e fosforo, e quanto este nível de tratamento auxilia na remoção dos mesmos de forma que atinjam os padrões de lançamento de efluentes exigidos nas legislações.

À vista disso, o objetivo geral da presente pesquisa foi avaliar os resultados das análises de um determinado período dos parâmetros tendo como base as legislações referentes aos efluentes industriais e se o sistema de tratamento por lagoas anaeróbia, seguida de facultativa e de polimento, promovem a redução na concentração da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), óleos e graxas, DQO

(Demanda Química de Oxigênio), nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, sólidos em suspensão totais, sólidos sedimentáveis, fósforo total, concentração de OD (Dissolvido Oxigênio) e pH.

Para isto, foram propostos os seguintes objetivos específicos: caracterizar o processo produtivo e o sistema de tratamento de efluentes do matadouro; avaliar a conformidade dos parâmetros quanto as condições dos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação nacional e estadual e propor a adoção de uma alternativa de tratamento visando à redução na concentração de nitrogênio e de fósforo nos efluentes gerados pelo matadouro.

Sendo assim, parte-se da hipótese de que o sistema de tratamento do efluente industrial adotado atualmente pela empresa não está atendendo a todos os parâmetros da legislação, principalmente em relação a remoção na concentração dos nutrientes fósforo e nitrogênio, já que neste atual sistema de tratamento formado pelas lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento é considerado a nível de tratamento, secundário.

Sendo assim, para propiciar o teste da hipótese, realiza-se uma pesquisa de finalidade básica e aplicada, objetivo descritivo, com abordagem quali-quantitativo, sob o método hipotético-dedutivo e realizada com procedimentos bibliográficos e documentais.

No primeiro capítulo descreve-se o processo produtivo de um matadouro e o as características deste efluente sistema e a caracterização de tratamento de efluente nas lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento.

No segundo capítulo faz-se uma listagem e uma descrição das definições de cada parâmetro listados nas legislações quanto a condição do lançamento do efluente tratado nos corpos hídricos, também realiza-se um estudo da legislação nacional e estadual (Rio de Janeiro) quanto às condições de lançamento e dos parâmetros de cada esfera, podendo realizar um quadro comparativo entre elas.

No terceiro capítulo realiza-se um levantamento de métodos e tecnologias para o tratamento do efluentes e a redução na concentração de nitrogênio e fósforo no efluente, para que a empresa possa adotar um método que atende tanto à legislação quanto a viabilidade de aplicá-lo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar os resultados dos parâmetros oriundos das análises laboratoriais de um sistema de tratamento de efluentes constituído por lagoa anaeróbia, facultativa e de polimento em um período de 4 anos, e propor melhorias para o tratamento do efluente.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o processo produtivo e o sistema de tratamento de efluentes do matadouro;
- Avaliar a conformidade dos parâmetros após as análises laboratoriais quanto as condições dos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação nacional e estadual;
- Propor a adoção de uma alternativa visando à redução na concentração de nitrogênio e de fósforo nos efluentes gerados pelo matadouro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Caracterização do processo produtivo de um matadouro de bovino e suíno

Conforme destaca Scarassati et al (2003) a carne sempre esteve na alimentação do homem através do abate de animais e ao longo do tempo, as técnicas foram aprimoradas devido ao aumento do consumo.

Dados do IBGE (2020) os estabelecimentos de menor porte, ou seja, que abatem até 100 cabeças de boi diariamente, no 4º trimestre de 2018 representaram 78,7% do total de abatedouros do país e foram responsáveis por 17,2% dos bovinos abatidos. Já os estabelecimentos que abatem mais de 100 cabeças diárias, portanto os de maior porte, foram responsáveis por 82,8% dos abates. Em relação ao abate de suínos, 10,3% são estabelecimentos de grande porte, que abatem mais de 500 animais/dia e foram responsáveis por 83,1% do número total de animais abatidos no 4º trimestre de 2018.

Isto indica que no caso de abate de bovinos, o número de estabelecimentos ditos como abatedouro ou matadouro é maior, mesmo com um percentual menor do número de abates, o que já não ocorre em relação aos suínos.

Classifica-se como matadouro ou frigorífico, segundo Pacheco e Yamanaka (2006), as unidades que realizam o abate de animais produzindo as carcaças, que são as carnes com ossos e as vísceras comestíveis.

Antes de ser feito o abate dos bovinos, os animais são conduzidos para os currais ou recepção, condução e lavagem dos animais, atordoamento, sangria, esfolagem e remoção da cabeça, evisceração, corte da carcaça, refrigeração, cortes e desossa, estocagem e ou expedição. (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

No caso dos suínos, os animais são encaminhados para a recepção, condução de lavagem, atordoamento, sangria, escaldagem, depilação, evisceração, corte da carcaça e refrigeração, cortes e desossa, estocagem e ou expedição. (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

Ao longo da cadeia produtiva do abate do boi, são gerados vários produtos e subprodutos. Dos produtos pode-se citar os variados tipos de corte da carne e os subprodutos pode-se citar os comestíveis como o fígado, a língua, o coração entre

outros, e também os não comestíveis como a pele (couro). Assim os processos industriais geram o fornecimento de produtos para a indústria farmacêutica, alimentícia, alimentação animal dentre várias outras. (EMBRAPA, 2017).

Desta maneira, não é diferente para os suínos que além dos cortes como lombo, pernil, lombinho, entre outros, há mais de 100 subprodutos de origem suína, como por exemplo bacon, costelinha, as diversas variedades de linguiça, salame entre tantos outros mais. Observa-se que também há o aproveitamento de tripas, orelhas, sangue, vísceras além de subprodutos utilizados pela indústria farmacêutica e cosmética. (SEBRAE, 2008).

Pode-se perceber a importância da cadeia produtiva, vista que não há somente a produção de carne e sim de vários outros importantes para a população, porém, esta atividade gera prejuízos que precisam ser mitigados.

Pensando nisto, o próximo tópico aborda as características gerais dos efluentes gerados pelos matadouros e seus possíveis impactos.

3.2. Geração de efluentes e impactos ambientais

Impacto ambiental, conforme a Resolução Conama nº 001 de 1986 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), art. 1º, pode ser considerado como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais, segundo Sanchez (2008), podem ser entendidos como resultado de uma ação ou atividade humana, sendo positivo ou negativo. Como por exemplo, um dos aspectos ambientais em um matadouro é a grande geração de efluentes líquidos e o lançamento sem tratamento e um dos impactos negativos é a degradação dos corpos hídricos.

A definição de aspecto ambiental, segundo a norma NBR 14.001 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é “elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”.

Outro modo, é destacado por Sanchez (2008, p. 33) “o aspecto ambiental pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um

impacto ambiental". Logo, conclui-se que um aspecto pode ocasionar um ou mais impactos.

Para que o impacto ambiental no meio hídrico seja de forma negativa, deve-se que ter claro a relação de poluição e contaminação.

Segundo Braga et al (2005), a poluição da água é a alteração de suas características, independentemente se for por ações ou interferências tanto humanas quanto naturais. Já a contaminação entende-se como a transmissão de substâncias ou microorganismos prejudiciais à saúde pela água.

Conforme a Lei nº 6.938 de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu art. nº 3º, inciso III, apresenta que poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; que criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; que afetem desfavoravelmente a biota; que afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; que lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Os efluentes industriais, segundo Jordão e Pessoa (2011) podem ser caracterizados pela grande variedade de poluentes, tanto pelos tipos e composições quanto pelo volumes e concentrações.

Nunes (2001), informa que a característica do efluente de matadouro e frigorífico é a presença de sangue, gorduras e conteúdo intestinal e uma DBO entre 800 e 3.200 mg/L.

Assim, complementando sobre a composição e característica do efluente de matadouro e frigorífico, advém também fragmentos de vísceras e tecidos, além de sangue e da gordura, como já citado. Estes compostos geram altos teores de sólidos em suspensão, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, DQO e DBO. (NOGUEIRA, 2010).

Além das composições do efluente de matadouro, a quantidade gerada de efluente é outro fator relevante. Segundo Von Sperling (2005), para cada boi ou 2,5 porcos abatidos gera uma vazão específica entre 0,5 a 3 m³ de efluentes. E Espinoza et al (2000), cita uma estimativa para cada bovino abatido, gera um volume mínimo de efluentes de 0,083 m³, volume médio de 1,1 m³ e volume máximo de 2,9 m³. Para matadouros de suínos, a volume mínimo de efluentes é de 0,19 m³, a volume médio é de 0,75 m³ e a volume máximo é de 2,05 m³, por cada cabeça abatida.

3.2.1. Principais características do efluente

O conhecimento das características de um efluente é uma etapa muito importante para o projeto de uma indústria e atividade, assim pode-se conhecer quais tipos de tratamento poderá ser adotado para o efluente gerado. Conhece-se muito a respeito dos efluentes sanitários, porém nos efluentes industriais isto não ocorre, pois cada atividade ou até mesmo cada indústria tem as suas particularidades, variando muito a composição, a concentração e a vazão destes, isto devido às diferentes matérias primas utilizadas, processos entre outros. (NUNES, 2001).

VON Sperling (2005) aponta que a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, através das características físicas, químicas e biológicas.

No raciocínio do autor supracitado os parâmetros físicos dividem-se em cor, turbidez, sabor e odor, temperatura, série de sólidos, condutividade.

Os parâmetros químicos dividem-se em potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, acidez, dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido (OD), matéria orgânica (DBO e DQO), metais, micropoluentes orgânicos. (VON SPERLING, 2005).

Já para os parâmetros biológicos são os organismos indicadores, algas, bactérias, coliformes, entre outros.

As características típicas de um matadouro e ou frigorífico é o grande consumo de água para as várias etapas do processo dentre eles: consumo animal e lavagem dos animais; lavagem dos caminhões; escaldagem e “toilette” para os suínos; lavagem de carcaças, vísceras e intestinos; movimentação de subprodutos e resíduos; limpeza e esterilização de facas e equipamentos; limpeza de pisos, paredes, bancadas; geração de vapor e resfriamento de compressores. Na etapa do abate, evisceração e o processamento das vísceras é responsável pelo maior consumo de água para a limpeza dos produtos e das áreas de processamento. (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

Esta geração de efluentes, é em torno de 80 a 95% e possuem como principais características a alta carga orgânica, devido a presença de sangue, gordura, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal, acrescentando um alto grau de gorduras, nitrogênio fósforo e sal. Outra característica é a flutuação do pH devido

ao uso de produtos de limpeza ácidos e básicos e também da temperatura devido ao uso de água quente e fria. (PACHECO e YAMANAKA, 2006).

O efluente bruto possui algumas características descritas na tabela 1, conforme alguns autores.

Tabela 1: Característica do efluente bruto segundo alguns autores:

Parâmetro	1 Von Sperling	2 Braile	3 Pacheco	4 Fugita	5 Manjunath
DBO ₅ (mg/L)	1.000 -5.000	800 -2.000	2.000	1.250-3.760	600 - 3900
DQO (mg /L)	-	-	4.000	-	1100 - 250
Sólidos suspensos (mg/L)	-	-	1.600	-	300 - 2300
Nitrogênio total (mg /L)	-	-	180	-	90 - 150
Fosforo total (mg /L)	-	-	27	-	-
Óleos e graxas (mg/L)	-	-	270	-	-
pH	-	-	7,2	-	6,5 - 7,3

Fonte: 5 Manjunath *et al.* apud Radoll (2000)

Percebe-se que um dos dados mais importantes é a DBO₅, sendo descrita por todos estes autores, contudo, isto não dispensa a análise dos outros parâmetros.

A quantidade de matéria orgânica, a qual é considerada uma problemática na poluição das águas, em um efluente ou corpo d'água é medido pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO), estes parâmetros são os mais utilizados para verificar o consumo do Oxigênio Dissolvido (OD), pelos microorganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. (VON SPERLING, 2005).

O OD em um corpo hídrico é primordial para os organismos aeróbios, ao caso em que o OD esteja em níveis muito baixos ou até mesmo se inexistir, este ambiente está em condições anaeróbias (VON SPERLING, 2005). Pelo meio atmosférico o oxigênio dissolve na água devido a diferença de pressão e a outra forma é através da fotossíntese das algas. Os níveis de OD em um meio aquático, indicam a capacidade

de manutenção da vida aquática e uma quantidade de OD adequado é obrigatório para a garantir os processos de autodepuração, inclusive em estações de tratamento de efluentes. (FUGITA, 2018).

Os resíduos sólidos nas águas (Nuvolari, 2011) podem levar um aumento da turbidez (sólidos em suspensão), diminuindo a entrada de luz e conseqüentemente atenuando o valor de saturação do OD. As diversas frações de sólidos se diferem em vários tamanhos classificados em sólidos em suspensão e em sólidos dissolvidos, com relação à natureza sendo fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos. (FUGITA, 2018).

No meio hídrico, o nitrogênio pode-se apresentar nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. (NUVOLARI, 2011).

Na forma de nitrogênio orgânico, este está presente nas moléculas vegetais e animais, e a sua presença no meio aquático indica uma poluição recentemente por algum tipo de efluente. Na forma de nitrogênio amoniacal, surge quando já houve algum tipo de decomposição pelos organismos heterotróficos assim como indica uma poluição relativamente recente. Na forma de nitrito, ocorre após a oxidação da amônia (NH_3), realizadas pelas bactérias nitrossomonas, indicando uma forma intermediária de poluição. A forma de nitrato é a mais oxidada a partir dos nitritos pelas bactérias nitrobacter, caracteriza-se por ser uma poluição mais antiga. (NUVOLARI, 2011).

Odum (1983) dispõe que o fósforo ocorre em poucas formas químicas encontrando-se nas rochas, sendo um componente importante e necessário para as células. Na água, segundo Von Sperling (2005) as formas encontradas de fósforo são principalmente nos compostos ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico.

Os óleos e graxas são também incluídas as gorduras, as graxas, os óleos de origem animal, vegetal e os de petróleo. (NUVOLARI, 2011).

O pH (potencial Hidrogeniônico) representa a concentração de íons de hidrogênio, indicando a acidez, neutralidade ou alcalinidade do meio, variando entre 0 a 14. O valor do pH torna-se fundamental para conclusões e as tomadas de decisões em relação ao curso d'água natural, por exemplo pH muito ácidos ou básico podem indicar a presença de efluentes industriais e pH elevado podem estar ligado à proliferação de algas. Em termos de tratamento de efluentes o valor do pH distante da neutralidade pode afetar as taxas de crescimento dos microorganismos e pH elevado possibilita na precipitação de metais. (VON SPERLING, 2005).

Outro parâmetro muito importante é o OD (oxigênio dissolvido), fundamental para os organismos aeróbios, tendo uma relação direta com a temperatura, pois a sua elevação diminuem a solubilidade do OD. Sendo um parâmetro de controle operacional de ETE's (Estações de Tratamento de Esgotos/Efluentes) e na caracterização dos corpos d'águas.

Assim, uma análise adequada do efluente de matadouro não é muito simples, já que envolve vários parâmetros e processos operacionais, sendo que o efluente possui um aspecto desagradável e é altamente putrescível. (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

A relevância destas observações faz com que se tenha conhecimento dos impactos ambientais ocasionados pelo lançamento destes efluentes nos corpos hídricos.

3.2.2. Impactos ambientais do efluente de origem de matadouro em cursos d'água

Segundo Scarassati (2004) a grande maioria dos empreendimentos lançam seus efluentes nos cursos d'água, que se eles tiverem uma alta depuração destes efluentes não acarretarem grandes prejuízos, porém o que ocorre é o lançamento destes efluentes em cursos d'água pequenos e que tem uma certa limitação de depurar esta carga orgânica, tornado imprópria para a vida aquática e ocasionado problemas de saúde pública.

Esta grande quantidade de MO (matéria orgânica) que o efluente de matadouro, abatedouro e frigorífico apresenta, pode alterar na quantidade de OD ao ser lançado em um corpo d'água e indiretamente resulta no consumo do OD e cada redução nos teores de OD é seletiva para determinadas espécies. Sendo uma relação muito próxima a do OD, o grau de poluição e a autodepuração de um curso d'água, ou seja, a relação entre a produção de OD (reaeração atmosférica e fotossíntese) e o consumo de OD (oxidação da MO, demanda bentônica e nitrificação). (VON SPERLING, 2005).

No estudo apresentado por Ribeiro (2013) sobre a qualidade da água de córrego que recebe efluentes tratados de um frigorífico, a análise sobre a qualidade da água deu-se no ponto de lançamento do efluente tratado, a montante do ponto em que o efluente é lançado no córrego e a jusante do ponto de lançamento, sendo em um período de chuvas e outro período de seca, sendo os parâmetros analisados de

pH, turbidez, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, carbono orgânico total, cloro, alumínio, amônia, cobre, manganês, ferro total, fósforo total, sulfeto, sódio, DBO, DQO, nitrogênio total, condutividade elétrica, nitrato, nitrito e alcalinidade. Os resultados foram que as concentrações de sódio, carbono orgânico total e fósforo, não apresentaram valores de interferência no córrego. Já a DBO₅ exibiu um aumento no período de estiagem, o que não se repetiu no período chuvoso. As concentrações de amônia, condutividade elétrica, nitrato, nitrito e dureza, aumentaram nos pontos à jusante do lançamento do efluente no córrego. Já os valores de pH, amônia, nitrato e cloreto nos períodos seco e chuvoso, atendem aos padrões da Resolução Conama nº 357 para água de classe 2, não interferindo na qualidade do córrego. No entanto, os valores de turbidez, alumínio, manganês e demanda biológica de oxigênio no efluente tratado nos períodos seco e chuvoso, foram maiores ao permitido para lançamento em corpos hídricos de classe 2, e concluindo que as concentrações de ferro total no efluente se alternaram entre moderado e elevado risco de entupimento de emissores quando utilizados na irrigação, tanto no período seco como no chuvoso.

A eutrofização dos corpos d'água é o crescimento excessivo das plantas aquáticas e o principal estímulo para este processo é a presença de grande quantidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo. Este aumento pode interferir na turbidez da água e a realização da fotossíntese pode ser comprometida. E conforme o crescimento destas plantas e outros organismos tornam-se exagerados, a ausência de fotossíntese e conseqüentemente do OD (apresentando ambientes anaeróbios) e nestes ambientes poderá acarretar na mortandade de peixes e outras espécies que necessitam de um nível mínimo de OD para viver. (VON SPERLING, 2005).

O efluente de matadouro, segundo Nuvolari (2011) é rico em nitrogênio e fósforo e dependendo dos diferentes ambientes aquáticos, como ambientes lênticos (lagos e lagoas), ambientes intermediário com tempo de detenção de 2 a 40 dias e com contribuição de ambientes lênticos (lagoas e lagos) e os ambientes lóticos (rios). Em ambientes lênticos é mais frequente a ocorrência do processo da eutrofização, mas este pode ocorrer em ambientes lóticos, posto que menos frequente, devido as características como a turbidez e a velocidade elevada. (VON SPERLING, 2005).

O nitrato é considerado um parâmetro muito importante conforme (Nuvolari, 2011), pois o lançamento de efluentes em curso hídrico com alta concentração nitrato causa a metemoglobinemia em crianças, neste sentido, Fernícola e Azevedo em um

estudo chamado Metemoglobinemia e nitrato nas águas no ano de 1981, relataram a importância sobre os teores de nitrato nas águas para o consumo humano para evitar riscos.

Destaca-se também conforme o estudo sobre as alterações químicas e físicas do corpo receptor contaminado por efluentes de matadouro da cidade de Serra Talhada – PE, elaborado por Hamura *et al* (2013), no rio Pajeú no sertão de Pernambuco, possibilitou constatar que a água contaminada pelo efluente possui um forte odor desagradável devidos a matéria orgânica putrescível. Os níveis de sólidos totais encontrados alteraram a transparência do rio, elevando a turbidez, dificultando os processos fotossintetizantes de alguns organismos aquáticos.

Para minimizar estes impactos existem também as legislações ambientais determinando os padrões de lançamento que os efluentes devem atender. Sendo legislações tanto em âmbito federal quanto em âmbito estadual, contudo, elas não são divergentes e sim complementares, havendo diversos métodos e procedimentos de tratamento para atendê-las.

3.3. Amparo legislativo

De acordo com Giordano (2005), a legislação é a primeira condicionante para um projeto de tratamento de efluentes industriais, pois tem-se as legislações em âmbito nacional, que são as Resoluções do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e as legislações estaduais e as municipais. Desta forma, o mesmo projeto torna-se inapropriado para lugares que possuem legislações com padrões distintos.

Outra observação do mesmo autor é que não é somente o órgão ambiental exige que haja uma tratabilidade do efluente, outros órgãos fiscalizadores como por exemplo Ministério da Agricultura (MAPA), Anvisa, políticas de bancos (BNDES e Banco Mundial). (GIORDANO, 2020).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos hídricos e é complementada e alterada pela Resolução CONAMA nº 430/2011 referente aos padrões de lançamento de efluentes.

Para este estudo, o quadro abaixo relaciona algumas condições e padrões de lançamento de efluentes da Resolução CONAMA nº 430/2011, sendo que estes são os parâmetros principais para efluentes de matadouro.

Tabela 2: Condições e padrões de lançamento de efluentes.

CONAMA nº 430/2011	
Parâmetro	Condições e padrões
DBO - 5 dias	Remoção mínima de 60%
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0 mg/L N
Óleos e Graxas (óleos minerais)	Até 20 mg/L
Óleos e Graxas (óleos vegetais e gorduras animais)	Até 50 mg/L
Materiais sedimentáveis	Até 1 ml/L
PH	Entre 5 a 9
Temperatura	Inferior a 40°C

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA nº 430/2011.

Para esta mesma Resolução em seu art. 17, informa que em relação ao parâmetro fósforo o órgão ambiental definirá padrões específicos para lançamento de efluentes em corpos hídricos que já possuam um histórico de floração de cianobactérias nos trechos os quais há a captação de água para o abastecimento público.

E em âmbito estadual, para o estado do Rio de Janeiro, tem-se a Diretriz de Controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial DZ-205.R-6 (Revisão 6), abrangendo os efluentes líquidos industriais, bem como os esgotos sanitários gerados pelas indústrias, quando tratados em conjunto com os efluentes industriais, do ano de 2007. Esta DZ considera somente a carga poluidora orgânica, ou seja, a carga orgânica biodegradável (DBO₅) e a carga orgânica não biodegradável (DQO), sendo o nível mínimo exigido (40%, 70% ou 90%) na eficiência da remoção de DBO, dependera da carga orgânica total gerada pela atividade. A DZ-205.R-6 traz algumas observações descritas na tabela 3.

Tabela 3: Níveis de tratamento e tecnologias.

	Tecnologias
Nível 1	Processos capazes de remover no mínimo 40% da DBO, tais como sedimentação e flotação
Nível 2	Sistemas capazes de remover no mínimo 70% da DBO, tais como valo de oxidação, reator anaeróbio de manta de lodo e filtro biológico
Nível 3	Sistemas capazes de remover no mínimo 90% da DBO, tais como lodo ativado convencional, aeração prolongada e reator anaeróbio com pós-tratamento

Fonte: DZ-205.R-6

Assim, o nível mínimo de eficiência do tratamento do efluente será de 40%, 70% ou 90% – dependendo da carga orgânica total gerada pela atividade poluidora, podendo haver exigências adicionais conforme solicitação do órgão ambiental, dependendo do caso.

Enquanto isso, a tabela 4, dispõe sobre a matéria orgânica biodegradável, a exigência de controle segundo a DZ-205.R-6 para a remoções mínimas de DBO.

Tabela 4: Vazão e percentual mínimo e remoção DBO.

VAZÃO $\leq 3,5 \text{ m}^3/\text{dia}$	
CARGA (kg DBO/dia)	REMOÇÃO
Carga $\leq 2,0$	Sólidos grosseiros, sedimentáveis e materiais flutuantes
VAZÃO $> 3,5 \text{ m}^3/\text{dia}$	
CARGA (kg DBO/dia)	REMOÇÃO DE DBO (%)
$2 < \text{carga} \leq 10$	40
$10 < \text{carga} \leq 100$	70
Carga > 100	90

Fonte: DZ-205.R-6

Além disso, a carga orgânica não biodegradável (DQO – Demanda Química de Oxigênio), segundo a mesma DZ-205.R-6, estabelece que:

Os efluentes de indústrias com vazão até $3,5 \text{ m}^3/\text{dia}$ somente poderão ser lançados nos corpos d'água, direta ou indiretamente, se sua carga de DQO for inferior a $3,5 \text{ kg}/\text{dia}$. Os efluentes de indústrias com vazão superior a $3,5 \text{ m}^3/\text{dia}$ somente poderão ser lançados nos corpos d'água, direta ou indiretamente, se atenderem aos limites de DQO estabelecidos na Tabela 2.

A tabela 2 desta respectiva DZ-205.R-6, possui várias atividades e as suas concentrações máximas de DQO em efluentes de indústrias com vazão superior a $3,5 \text{ m}^3/\text{dia}$, destacando-se à este estudo, para a indústria alimentícia, excetuando o pescado, a DQO não ultrapassará a $400 \text{ mg}/\text{L}$ ou $8,0 \text{ kg}/\text{dia}$.

No Estado do Rio de Janeiro também possui outra legislação à respeito de lançamento de efluentes líquidos, sendo a NT-202.R-10, que dispõe sobre os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos de dezembro de 1986, excetuando o lançamento de carga orgânica que é definida pela DZ-205.R-6.

E tem como objetivo definir padrões e critérios para o lançamento de efluentes líquidos, aplicando aos lançamentos diretos e indiretos em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas, em qualquer meio de lançamento, incluindo da rede pública de esgotos. Esta legislação traz também os limites máximos para metais, poluentes orgânicos perigosos e nutrientes, por exemplo.

A tabela 5 especifica os principais padrões para lançamento de efluentes líquidos de matadouro, segundo a NT-202.R-10/1986, atentando que para os nutrientes fósforo total e nitrogênio total, estes valores são referentes em trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, ou seja, de sistemas fechados.

Tabela 5: Padrões para lançamento de efluentes.

NT-202.R-10/1986	
Parâmetro	Padrões
pH	5,0 e 9,0
Materiais sedimentáveis	até 1,0 ml/l
Materiais flutuantes	virtualmente ausentes
Óleos e graxas	Óleos minerais até 20 mg/l Óleos vegetais e gorduras animais até 30 mg/l.
Amônia	Máximo de 5,0 mg/l N
Fósforo total	1,0 mg/l P
Nitrogênio total	10,0 mg/l N

Fonte: Adaptado NT-202.R-10/1986

Esta mesma norma técnica – NT, informa que poderá exigir a redução de toxicidade dos efluentes mesmo se eles atenderem os seus padrões.

Neste sentido, para que os efluentes atendem às legislações, necessita-se de tratamentos antes do seu lançamento, assim no próximo item, será abordado os tratamentos preliminares e os tratamentos primários e secundários para a tratabilidade adequada de efluentes de matadouro.

3.4. Tratamento de efluentes

Para minimizar a poluição e contaminação das águas e do solo e atender às legislações, os matadouros devem realizar o tratamento dos efluentes antes de serem lançados ao meio ambiente. Para esta atividade, geralmente realiza a segregação dos efluentes em duas linhas (verde e vermelha), antes de encaminhar para as etapas de tratamento, isto é feito para remover e separar os resíduos em suspensão presentes no efluentes, e conseqüentemente atenuar a carga poluidora que segue nos

tratamentos posteriores. Procedimentos essenciais para a redução de custos com os tratamentos destes efluentes. (PACHECO e YAMANAKA 2006).

Esta segregação dá-se em linhas verdes, efluentes oriundos da recepção dos animais, nos currais/pocilgas, na condução para o abate, nas lavagens dos caminhões, nas bucharia e nas triparia. E em linhas vermelhas, efluentes oriundos no abate, no processamento de carne e vísceras, incluídas as operações de desossa, cortes e de graxaria, se estas ocorrerem no mesmo local, sendo provenientes das lavagens das áreas de produção e possuem grande parcela de sangue (PACHECO e YAMANAKA 2006).

3.4.1. Níveis de tratamento

A respeito dos níveis de tratamento existem várias divisões e segundo Von Sperling (2005), estes níveis podem ser divididos em preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar remove os sólidos grosseiros como a areia, são de ordem física como por exemplo as grades, desarenador e o medidor de vazão. O tratamento primário remove os sólidos em suspensão sedimentáveis e os sólidos flutuantes, podendo ser de ordem física e ou físico-química, como por exemplo tanques de decantação e a adição de agentes coagulante (denominado como tratamento primário avançado). (VON SPERLING, 2005).

O tratamento secundário tem o principal objetivo a remoção de matéria orgânica e parte de nutrientes, que nada mais são os processos de tratamento que acelera esta remoção, a qual acontece na natureza de forma natural. Esta é uma etapa essencialmente biológica efetuadas por reações bioquímicas realizadas por microorganismos como bactérias, protozoários, fungos etc. (VON SPERLING, 2005).

O tratamento terciário tem como objetivo a remoção de poluentes específicos que não foram removidos nos processos anteriores, ou ainda que sejam tóxicos e ou compostos não biodegradáveis, dentre eles estão nutrientes (fósforo e nitrogênio), organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescente. Este nível de tratamento é raro em países em desenvolvimento. (VON SPERLING, 2005).

O quadro 1 demonstra as operações, processos e sistemas de tratamento mais utilizados para a remoção de esgotos sanitários, ou seja, efluentes com alta taxa de matéria orgânica, assim como os efluentes de matadouro.

Quadro 1: Síntese de tipo de poluente e tipo de remoção.

Poluente	Operação, processo ou sistema de tratamento
Sólidos em suspensão	Gradeamento Remoção de areia Sedimentação Disposição no solo
Matéria orgânica biodegradável	Lagoas de estabilização e variações Lodos ativados e variações Reatores aeróbios com biofilmes Tratamento anaeróbio Disposição no solo
Nitrogênio	Nitrificação e desnitrificação biológica Lagoas de maturação e de alta taxa Disposição no solo Processos físico-químicos
Fósforo	Remoção biológica Lagoas de maturação e de alta taxa Processos físico-químicos

Fonte: Adaptado von Sperling (2005, p. 254)

De acordo com Mara (2008) as lagoas de estabilização são consideradas como sistemas eficientes para o tratamento dos efluentes, consomem pouca e as vezes nenhuma energia e possuem uma baixa manutenção, sendo muito indicadas para locais de climas mais quentes.

Uma das teorias abordadas por Marais (1966) é a relação entre a DBO e a radiação solar, através da influência da radiação solar nas algas e na reoxigenação da lagoa, para isto, o líquido deve-se localizar na zona fótica, entre 0,6m a 1,8m. Um estudo realizado por Oswald citado por Marais (1966), explana que a fermentação do

lodo na lagoa está intimamente ligada à temperatura, esta fermentação produz gases. O aumento de 5 graus na temperatura, há aproximadamente um acréscimo de 7 vezes na evolução do gás.

Marais (1966) subdividiu as lagoas de estabilização nos seguintes tipos:

1- Unidades de lagoas de pré-tratamento anaeróbio, fossas sépticas; 2- Lagoas facultativas com camadas aeróbias e anaeróbias, incluindo-se a maioria das lagoas de oxidação; 3- Lagoas de oxidação de alta taxa, totalmente aeróbias, desenvolvida por Oswald et al em 1957 e na época ainda em estágio experimental; 4- Lagoas de maturação, para tratamento de efluentes convencionais e 5- Lagos mecanicamente assistido, com oxigenação promovida mecanicamente ou em recirculação inter e intra-lagoas.

Von Sperling (2005) classifica as lagoas de estabilização e as suas variantes em: 1- Lagoas Facultativas; 2- Sistemas de lagoas anaeróbias – lagoas facultativas; 3- Lagoas aeradas facultativas; 4- Sistemas de lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de sedimentação; 5- Lagoas de alta taxa; 6- Lagoas de maturação e 7- Lagoas de polimento.

Já para Mara (2008) as lagoas são divididas em 3 grupos principais: 1- Lagoas Anaeróbias; 2- Lagoas facultativas e 3- Lagoas de maturação. Este sistema de tratamento requer que mais de um tipo de lagoa seja utilizado, compreendendo em uma série de anaeróbio seguida por uma lagoa facultativa e conforme a qualidade do efluente, há a necessidade de lagoas de maturação.

Utiliza-se muito esses sistemas de tratamento devido ao baixo custo, às facilidades de operação e de manutenção. Não é necessário um oxigenador mecânico, pois o oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica do efluente é obtida através das microalgas que crescem de forma natural e numerosa nas lagoas facultativas e de maturação (MARA, 2008).

No entanto, estes sistemas necessitam-se geralmente de uma grande área para a construção das lagoas, e em locais onde a área é escassa isto torna-se um problema. Pode-se haver a geração de Sólidos Suspensos (SS), tornando-se as amostras de efluentes insatisfatórias. Outra desvantagem é a geração de odores e a perda de água, devido à evaporação (MARA, 2008).

Em locais com o clima quente, as lagoas anaeróbias podem ser uma alternativa, muito empregada no Brasil, nos Estados Unidos e na Austrália. Normalmente utilizados para o tratamento de efluentes com alta taxa de matéria

orgânica, tais como, os esgotos domésticos, dejetos de animais e industriais como o caso dos matadouros, laticínios, indústrias de bebidas e (VON SPERLING, 2005).

Em processo anaeróbios, as bactérias anaeróbias degradam os despejos orgânicos em gases, principalmente em metano e gás carbônico, com a produção de ácidos intermediários, promovem uma redução de 70-95% de DBO₅ e de 80-95% dos sólidos em suspensão. Ressalta-se que se houver no processo industrial altos teores de sulfatos, estes efluentes não devem ser tratados em sistemas de lagoas anaeróbias, pois o oxigênio é separado pelas bactérias anaeróbias o qual resulta na geração de gás sulfídrico, com cheiro muito desagradável. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

É classificada como lagoa anaeróbia quando a fotossíntese praticamente não ocorre e as bactérias anaeróbias tem uma taxa metabólica e de reprodução muito baixa se comparado às bactérias aeróbias. Este tipo de lagoa são geralmente profundas na ordem de 3 metros (m) a 5 m, dificultando a penetração de luz solar e o tempo de detenção na ordem de 3 a 6 dias. (VON SPERLING, 2005).

O sistema de lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa, segundo o autor supracitado, são as unidades mais utilizadas e são conhecidas também como sistema australiano. A remoção de DBO na lagoa anaeróbia proporciona numa economia de espaço em relação à lagoa facultativa, pois a relação de área será substancialmente menor, na ordem de 45 a 70%. Estes sistemas devem ser locados em áreas afastadas de residências, devido aos odores que podem ocorrer como já dito do gás sulfídrico e também em questão do pH, pois em pH baixo pode ocorrer odores, necessitando-se da sua correção. (VON SPERLING, 2002).

Segundo Marais (1966), as lagoas facultativas, sendo a camada da parte superior aeróbia e a parte da camada inferior anaeróbia, inclui-se também a maioria das lagoas descritas como lagoas de oxidação. A faixa de profundidade adotadas no projeto de acordo com Von Sperling (2002) situa-se entre 1,5 a 3,0 m, porém a faixa mais usual fica entre 1,5 m a 2,0 m e com o tempo de detenção de 15 a 45 dias.

A próxima lagoa a ser abordada é a lagoa de polimento ou de estabilização, já que este termo de polimento e de maturação pode-se ser sinônimos segundo análise de Sousa (2015, p. 30), após ter estudado os conceitos oriundos dos autores Cavalcanti et al (2001) e Jordão e Pessoa (2011), concluindo que este sistema é utilizado não para a estabilização da matéria orgânica e sim para a remoção de

organismos patogênicos e de nutrientes, e não recebem efluentes brutos e sim após algum tipo de tratamento secundário.

Assim sendo, segundo Mara (2008), as lagoas de polimento ou de maturação são projetadas para a remoção de patógenos e de nutrientes (N e P), sendo a remoção de patógenos (bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos) muito importantes em casos de irrigação de culturas. A remoção de DBO e SS são muito pequenas, sendo realizadas com sucesso nos tratamentos descritos anteriormente. A profundidade usual é de 1,0 a 1,5 m.

Vários fatores, de acordo com Von Sperling (2002) contribuem para a remoção destes patógenos como:

- Bactérias e vírus: temperatura, insolação, pH, escassez de alimento, organismos competidores, entre outros;
- Cistos de protozoários e ovos de helmintos: sedimentação.

Em relação às bactérias e vírus, os indicadores para tal presença são os coliformes fecais. Esta remoção dá-se à alta radiação solar, elevado pH (< 8,5) e a elevada concentração de OD. A eficiência de remoção de coliformes é bem elevada (99,99%) e para os outros organismos como cistos e ovos de helmintos a remoção é de cerca de 100%. (VON SPERLING, 2002).

Em relação a remoção de nitrogênio e fósforo, Von Sperling (2005) diz que não há um consenso sobre esta remoção se aplica em um processo a nível secundário ou terciário, pois se esta ocorre em um processo biológico, pode-se dizer que este se enquadra a nível secundário. Ou em caso em que há necessidade de uma etapa posterior, portanto pode ser classificada a nível terciário.

Ainda segundo o autor supracitado os principais mecanismos de remoção de N em lagoas de estabilização são:

- Volatilização da amônia;
- Assimilação da amônia pelas algas;
- Assimilação dos nitratos pelas algas;
- Nitrificação-desnitrificação;
- Sedimentação do nitrogênio orgânico particulado.

Dentre estes, o mecanismo mais importante é o de volatilização da amônia, sendo o desprendimento da amônia para a atmosfera. Outro fato, se diz quando a fotossíntese que ocorre nas lagoas de maturação, de polimento e de alta taxa, pois contribui para a elevação do pH, retirando do meio líquido o CO₂. Em pH elevado (acima de 9), proporciona a volatilização do NH₃ e em elevada produção algal, este contribui no consumo direto do NH₃. (VON SPERLING, 2005).

Assim, o mecanismo de volatilização tende a ser mais relevante em lagoas de maturação, de polimento e de alta taxa, devido a profundidade ser bem menor e a atividade fotossintética acontece em toda coluna d'água. A nitrificação é bem restrita em lagoas facultativas e aeradas e nas lagoas anaeróbias não há reação de oxidação da amônia, por conta da ausência de oxigênio. (VON SPERLING, 2005).

Como já foi falado Von Sperling, (2005) o fósforo nos efluentes é encontrado na forma de fósforo orgânico e fosfatos (maior quantidade) e os principais mecanismos de remoção são:

- Retirada do fósforo orgânico contido nas algas e bactérias através de saída com efluente final;
- Precipitação de fosfatos em condições de elevado pH.

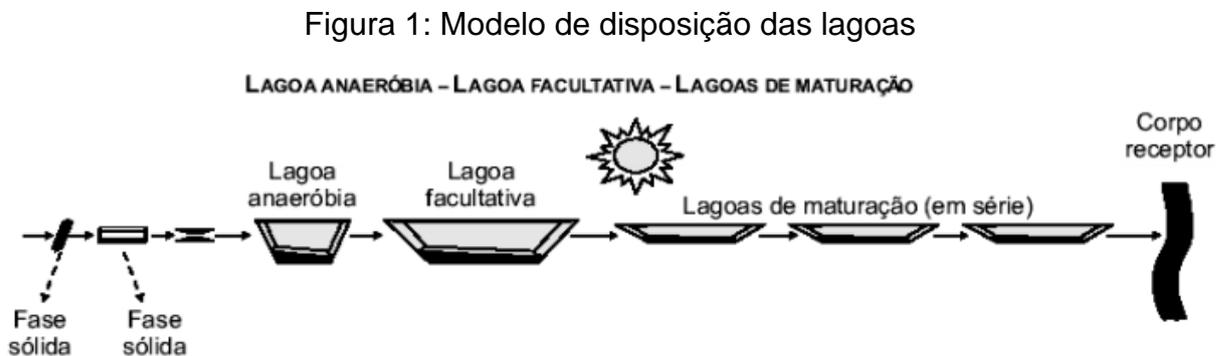
Segundo o mesmo autor a remoção fósforo mais significativas podem ocorrer através da precipitação dos fosfatos em condições de pH elevado. E para a remoção de fósforo depende mais ainda de valores de pH alto do que o nitrogênio, assim para que ocorra uma precipitação de fósforo o pH deve ser no mínimo 9. Assim sendo, em lagoas rasas e com baixa taxa hidráulica, a remoção fica em torno de 60 a 80%, e em lagoas facultativas e aeradas, assim para o nitrogênio, a remoção é bem baixa, menor que 35%.

Um estudo realizado por Reismann et al (2017), em uma de suas conclusões, considerou o emprego de wetlands para um tratamento terciário, principalmente na remoção de N, pois no mesmo sistema possui ambientes anaeróbios e aeróbios, ideais para remoção de compostos nitrogenados, além dos custos serem menores. Porém, a remoção do P é sazonal (mais baixo no período de senescência das plantas) ainda também limitada a sorção aos sólidos afluentes que são removidos.

Em um outro estudo realizado por Rodrigues et al (2009), constatou-se que a lagoa de polimento utilizado como pós-tratamento de efluentes de suinocultura do

reator UASB, em célula única apresentou eficiente na remoção de nitrogênio, porém ineficiente na remoção de fósforo total, assim como para a remoção de matéria orgânica e dos coliformes.

E concluindo conforme Von Sperling (2005), através da remoção físico-químico de remoção de nitrogênio e fósforo, em casos em que o efluente final deve ter uma alta qualidade, este processo de remoção utilizado nas lagoas de polimento pode ser utilizada, sendo realizado anteriormente a remoção biológica de N e ou P. A figura 1 demonstra a disposição das lagoas de tratamento, lagoa anaeróbia, facultativa e de polimento (maturação).



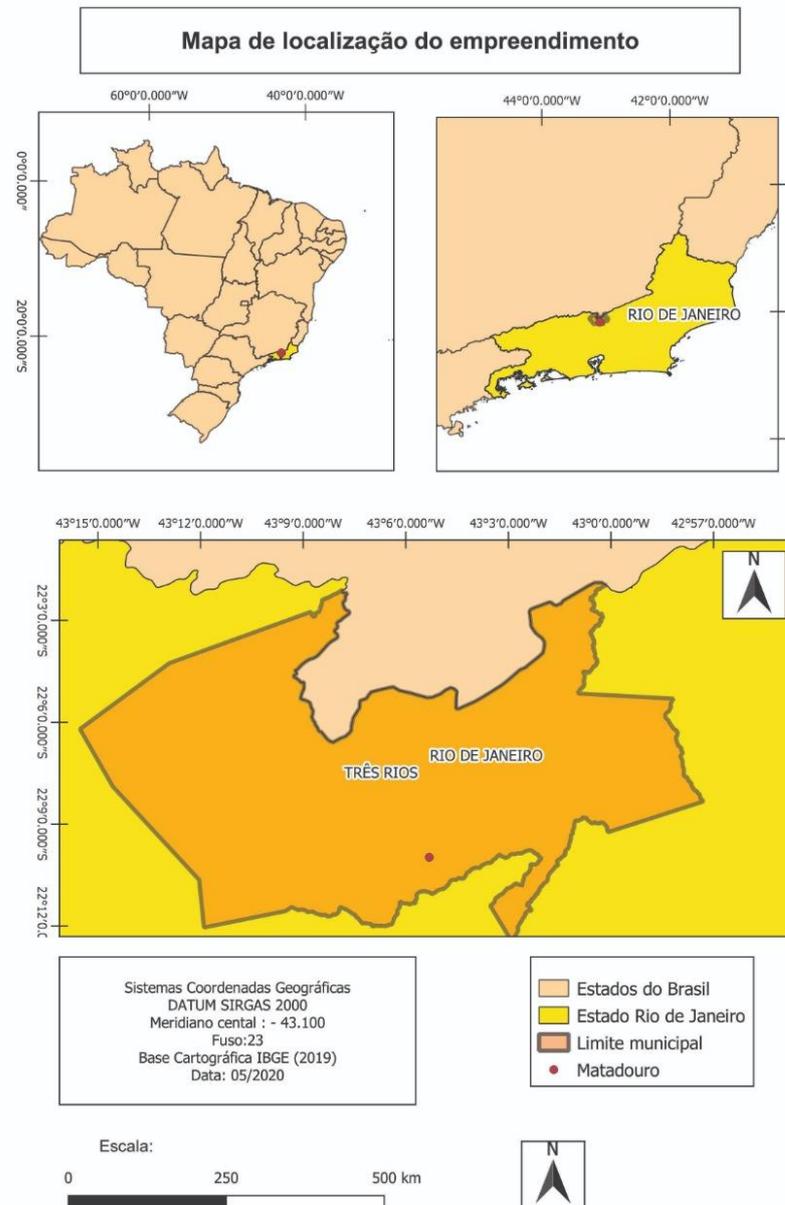
Fonte: Von Sperling, 2005.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Caracterização do local em estudo

O estudo foi conduzido a partir do efluente gerado por um matadouro localizado na zona rural do município de Três Rios, região centro-sul fluminense do estado do Rio de Janeiro (Figura 2).

Figura 2: Mapa ilustrativo da localização do matadouro.

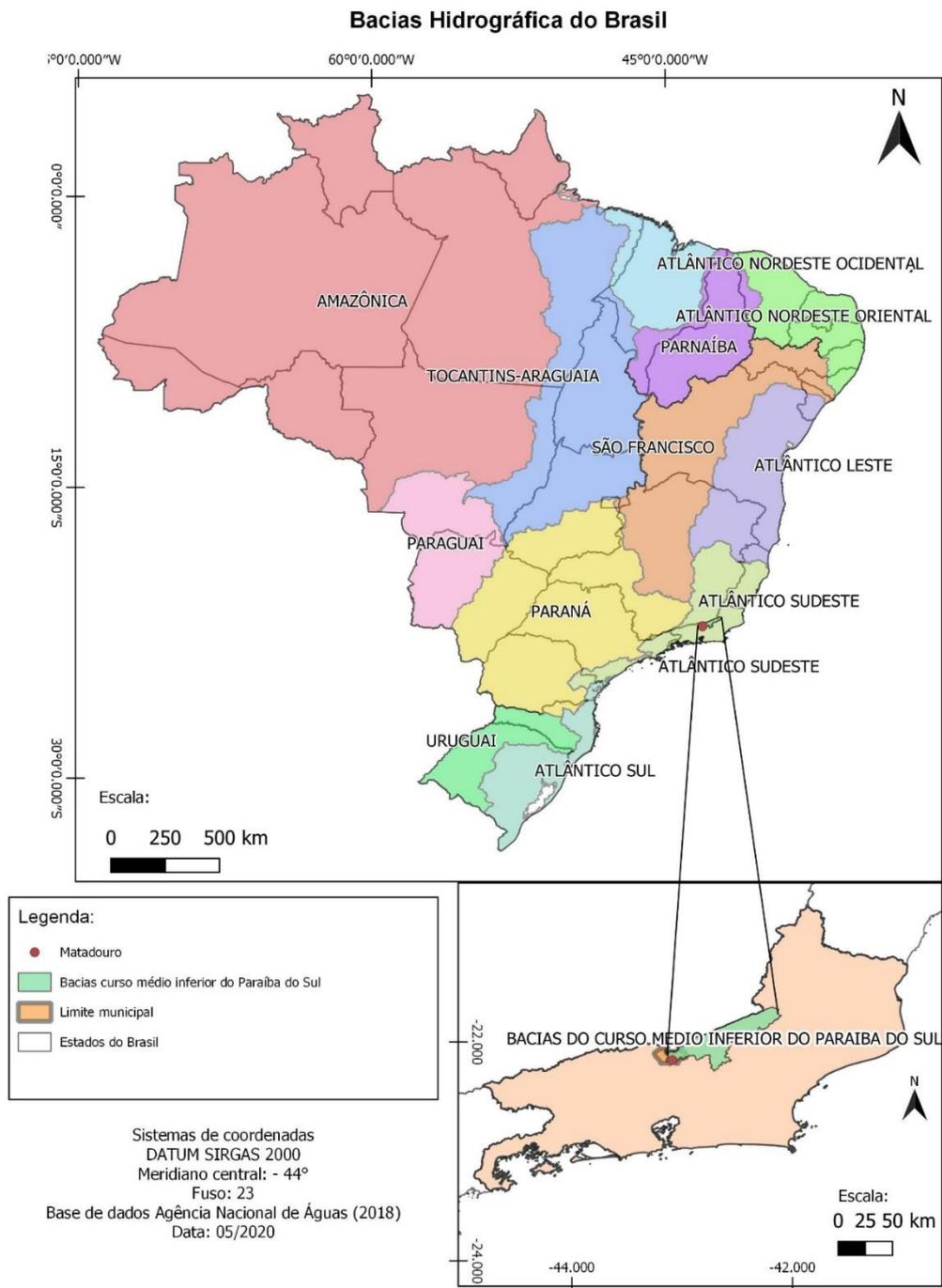


Fonte: Autora

Caracterizada por um tipo de clima AW (clima tropical com inverno seco). O período chuvoso concentra-se mais na estação do verão e no inverno é um período mais seco, com temperatura média do mês mais frio é superior a 18° C, e as precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo até 1800 mm. (Embrapa, clima).

Em relação à bacia hidrográfica o município de três Rios, insere na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sendo na sub-bacia médio Paraíba no trecho fluminense (Figura 3).

Figura 3: Mapa ilustrativo de localização do matadouro em relação à Bacia Hidrográfica brasileira e do Curso Médio Inferior Paraíba do Sul

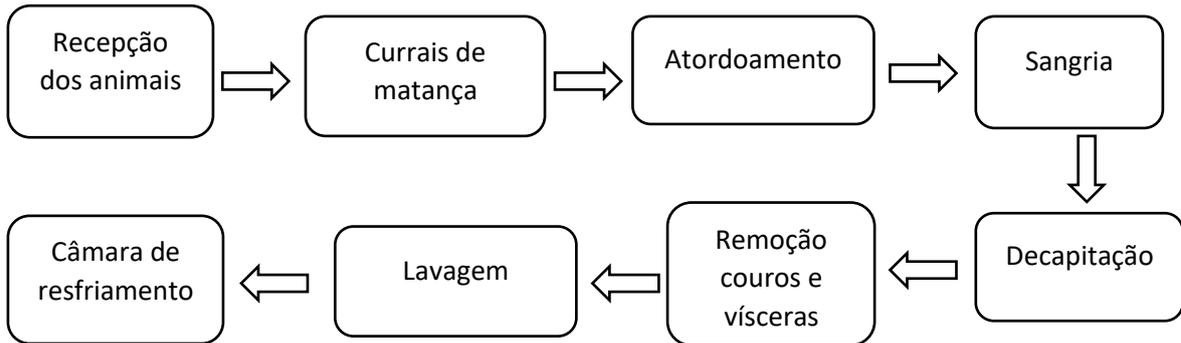


Fonte: Autora

O empreendimento estudado é um matadouro com mais de vinte de anos de funcionamento, que realiza o abate de animais, sobre tudo de bovino e de suíno, para a obtenção de carne e também de subprodutos, em uma área de aproximadamente

20.000 m², subdivido em área de recepção dos animais, área de produção, áreas administrativas e as áreas para o tratamento dos efluentes e dos resíduos sólidos. O fluxograma 1 dispõe sobre processo produtivo do matadouro.

Fluxograma 1: Disposição básica do processo produtivo



Fonte: Elaborado pela autora

A água utilizada para o processo produtivo advém de um poço artesiano na própria propriedade.

Na época do projeto para o dimensionamento do sistema de tratamento, foi considerado um número de abates de 300 bovinos/mês e 60 suínos/mês, em um período de 8/horas diária, com a alternância dos dias para os abates de bovinos e de suínos. A vazão máxima da atividade com estes números de abates foi de 15 m³/dia, porém foi aplicado um fator de segurança caso a atividade tenha uma ampliação, podendo assim, fazer o abate de até 20 bovinos/dia e com uma vazão de projeto do sistema de tratamento de 30 m³/dia.

O efluente líquido gerado no processo é distribuído e escoado por gravidade para duas tubulações hidráulicas distintas, uma para a linha “verde” e para linha “vermelha”.

A linha “verde” recebe o efluente oriundos das áreas de recepção dos animais, dos resíduos estomacais e da área de vômito, contendo grande quantidade de sólidos suspensos.

A linha “vermelha” recebe o efluente das áreas do processo de abate e das áreas de limpeza e higienização do local, contendo os resíduos líquidos com sangue.

O efluente sanitário gerado no matadouro é encaminhado para uma fossa séptica para o seu tratamento.

4.2. Tratamento do efluente do matadouro

O efluente da linha “verde” gerado é encaminhado a uma caixa coletora, sendo retirado grande quantidade de sólidos suspensos e encaminhados para o leito de secagem, a parcela líquida é encaminhada para uma outra caixa que recebe o efluente gerado na linha “vermelha”. Juntos estes efluentes são direcionados para as caixas de areia, constituindo de três unidades funcionando em paralelo, sendo uma em operação e duas de reserva. Considerando esta etapa como tratamento preliminar.

Da saída da caixa de areia o efluente é conduzido, em fluxo laminar, para um outro conjunto de 3 caixas funcionando em paralelo, sendo uma em operação e as outras de reserva, contendo nesta caixa material filtrante (areia e brita) para a retenção dos sólidos suspensos remanescente do processo anterior. Assim, considera-se esta etapa como tratamento primário.

Estes resíduos retidos nas caixas de areia e nos filtros, são retirados manualmente e encaminhados para o leito de secagem, tendo com o propósito a redução do volume através da evaporação e da infiltração, que ao infiltrar o efluente é conduzido através dos drenos para a lagoa anaeróbia e o material resultante constituindo-se de esterco, o qual é conduzidos por caminhões para fazendas próxima que os utilizam como adubo orgânico.

Após passar pela etapa de decantação e filtração, o efluente escoar para uma caixa de bombeamento, com o objetivo de elevar seu nível até uma cota que permite o escoamento por gravidade para o restante do processo do tratamento.

Assim que o efluente sai da caixa de bombeamento, acrescenta-se uma dosagem de microrganismo anaeróbios para auxiliar no tratamento secundário, que realizam a metabolização de lipídeos (gorduras, óleos e graxas), de proteínas e de carboidratos, com uma taxa metabólica extremamente alta.

Nisto, ele é conduzido para três lagoas que atuam em série sendo, uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e uma lagoa de polimento (ou estabilização). Sendo considerado esta etapa como tratamento secundário.

A lagoa anaeróbia é a primeira que recebe o efluente, sendo responsável pela redução da maior carga poluidora e que foi dimensionada para um tempo de residência suficiente para ocorrência das condições adequadas afim de aumentar as atividades dos microorganismos adaptados às condições do processo biológico em operação. As dimensões da lagoa são descritas na tabela 6.

Tabela 6: Dimensões de projeto Lagoa Anaeróbia

Dimensões da Lagoa Anaeróbia	
Comprimento	35,0 m
Largura	10,0 m
Profundidade útil	2,5 m
Profundidade total	3,0 m
Volume	479 m ³
Tempo de residência	16 dias

Fonte: Memorial descritivo do projeto

A segunda lagoa que recebe o efluente é a facultativa, porém conforme no projeto, em função do aspecto teórico-clássico será facultativa em alguns períodos do ano, devido por exemplo a diminuição da temperatura e da radiação solar. As dimensões são descritas na tabela 7.

Tabela 7: Dimensões de projeto Lagoa Facultativa

Dimensões da Lagoa Facultativa	
Comprimento	22,0 m
Largura	10,0 m
Profundidade útil	2,0 m
Profundidade total	2,5 m
Volume	273 m ³
Tempo de residência	9,1 dias

Fonte: Memorial descritivo do projeto

Nestas duas lagoas as taxas de redução de poluentes podem atingir percentuais superiores a 90%, isto quando em condições adequadas de funcionamento.

A terceira lagoa que é a de polimento, ocorre o tratamento final do efluente através dos organismos remanescentes das lagoas anaeróbias, possuindo pouca profundidade. Acontece simultaneamente também, o processo do bioaumento, da sedimentação de eventuais sólidos sedimentáveis e um aumento do oxigênio dissolvido. As dimensões da lagoa de polimento são descritas na tabela 8.

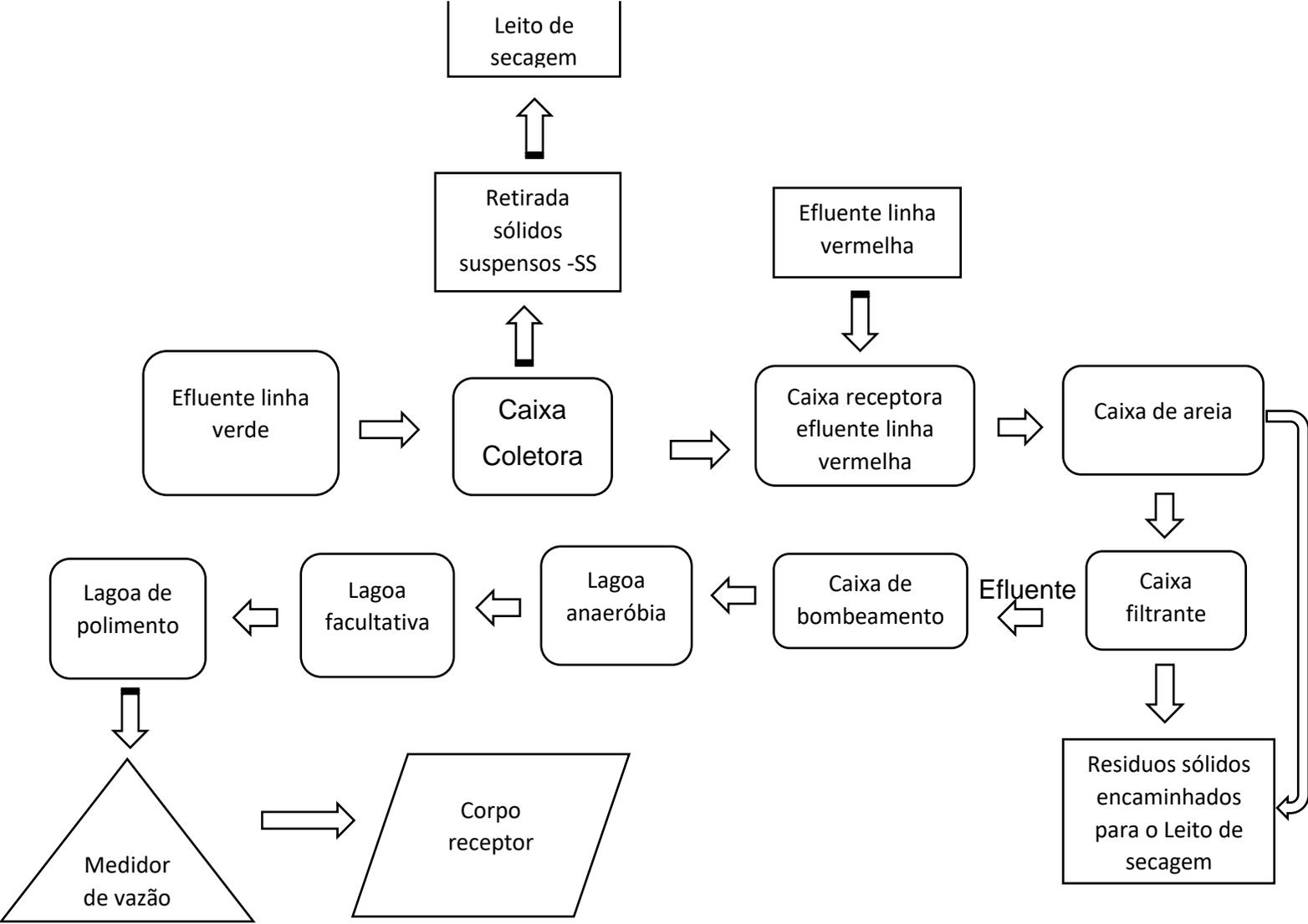
Tabela 8: Dimensões de projeto Lagoa Polimento

Dimensões da Lagoa Polimento	
Comprimento	15,0 m
Largura	10,0 m
Profundidade útil	1,0 m
Profundidade total	1,1 m
Volume	115 m ³
Tempo de residência	3,9 dias

Fonte: Memorial descritivo do projeto

Logo em seguida o efluente já tratado passa por um medidor de vazão, sendo um vertedor triangular Thompson. Optou-se na época por este vertedor devido a precisão de até 20 L/s. O fluxograma 2 demonstra as etapas do sistema de tratamento do efluente industrial.

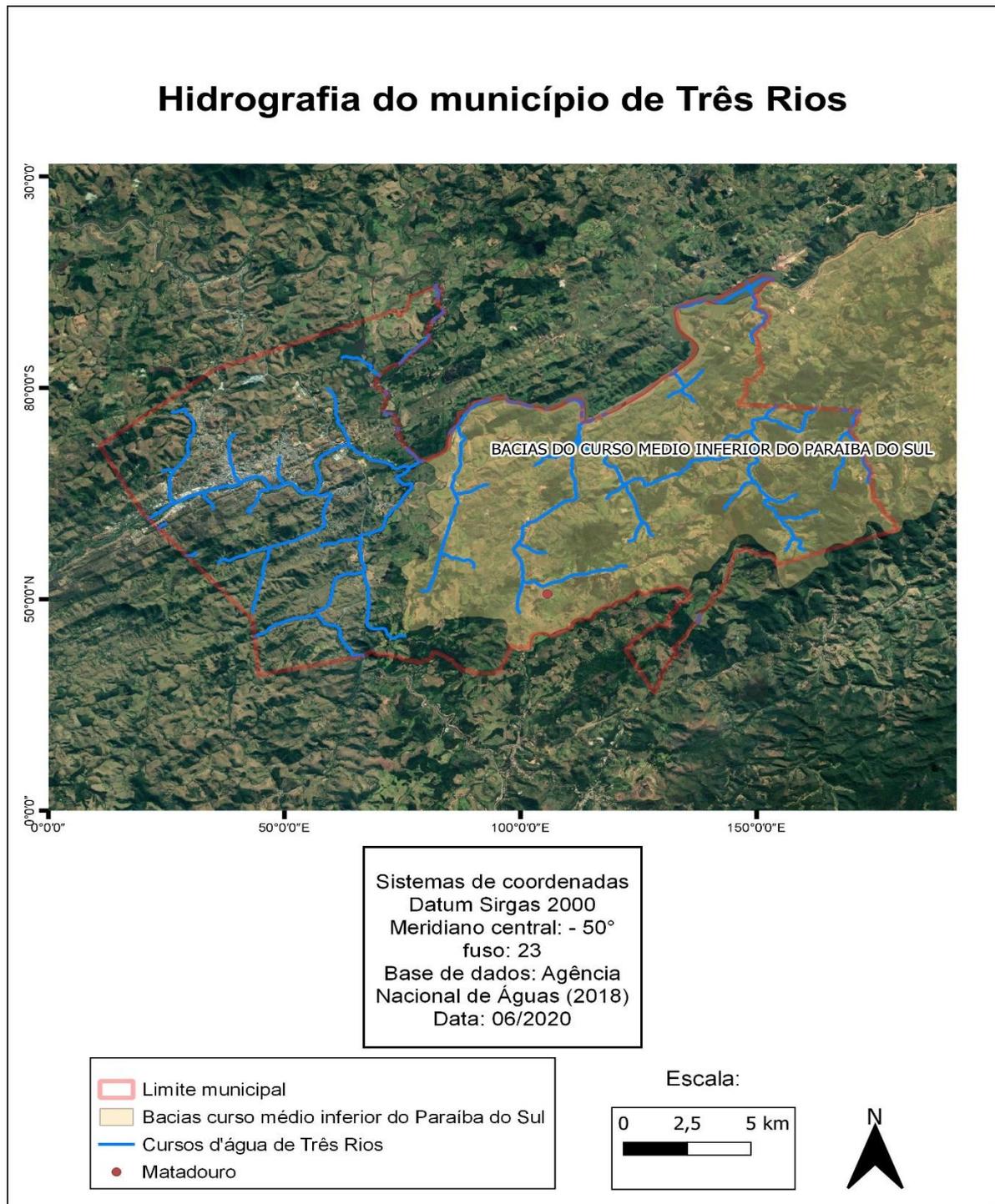
Fluxograma 2: Processo de tratamento do efluente



Fonte: Elaborado pela autora

Logo após, o efluente tratado é lançado em um córrego sem nome, tendo o seu desague no rio Paraíba do Sul de domínio federal, como mostra a figura 4, com os principais cursos d'água da cidade de Três Rios.

Figura 4: Mapa ilustrativo dos principais cursos d'água de Três Rios



4.2.1. Análises do efluente

Conforme as legislações estaduais e federais, antes do lançamento do efluente no corpo receptor, este deve atender aos padrões de lançamento para cada classe do curso d'água. Neste sentido é realizado uma amostragem anual deste efluente e enviado para um laboratório autorizado pelo órgão ambiental.

As análises anuais em estudo foram realizadas nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019, pelo laboratório Hidroquímica, do grupo Oceanus. As coletas foram feitas de forma simples antes do efluente ser tratado, ou seja, o efluente bruto e também do efluentes após tratamento, sendo o efluente tratado. Foram analisados os parâmetros físico-químicos – DBO₅, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, óleos e graxas totais, sólidos em suspensão totais e sólidos sedimentáveis, um parâmetro de metal – fósforo e dois parâmetro de campo – OD e pH, totalizando 10 parâmetros analisados.

Para analisar a porcentagem de retirada de matéria orgânica usou a equação da eficiência na remoção da DBO₅, com os dados da quantidade de DBO₅ do efluente bruto e da quantidade de DBO₅ do efluente tratado. (VON SPERLING, 2002).

Equação 1: Eficiência de remoção.

$$E (\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot (100) \quad (1)$$

Onde:

E (%) = Eficiência

S₀ = Efluente bruto

S = Efluente tratado

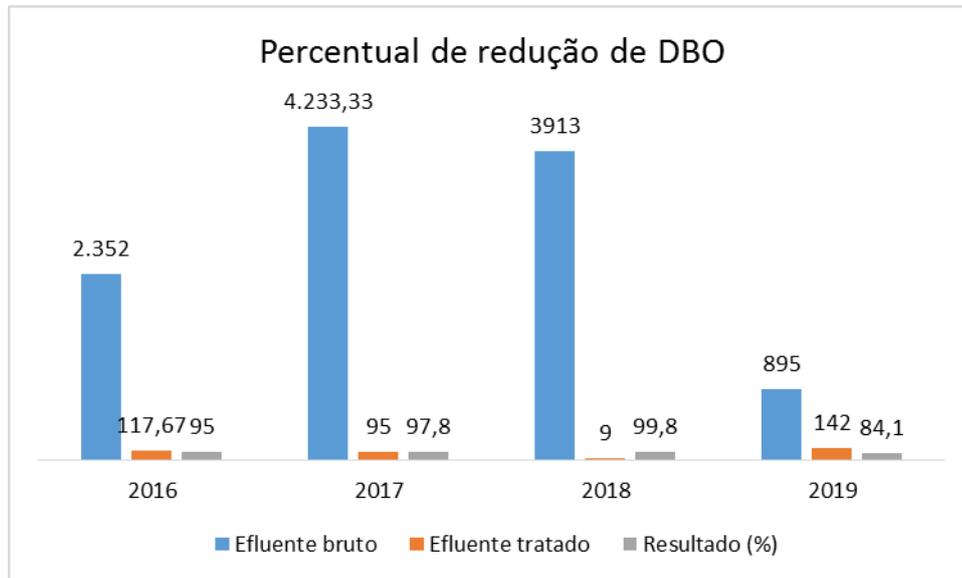
Este cálculo pode ser feito para um monitoramento da eficiência do tratamento adotado, especialmente em relação a DBO₅ e a DQO.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados os resultados das análises laboratoriais do efluente subdividido em grupos físico-químicos, metais e do parâmetro de campo, bem como com verificação dos padrões de lançamento tanto em âmbito federal pela CONAMA nº 430 de 2011, quanto em âmbito estadual (RJ) pelas DZ - 205.R06 e pela NT - 202.R10, além do cálculo sobre a eficiência do sistema de tratamento em termos de DBO₅ e de DQO.

5.1. Resultados dos parâmetros físico-químicos

No que tange ao grupo dos parâmetros físico-químicos, segundo as análises anuais referentes aos anos de 2016 a 2019, tem-se os resultados apresentados a seguir.

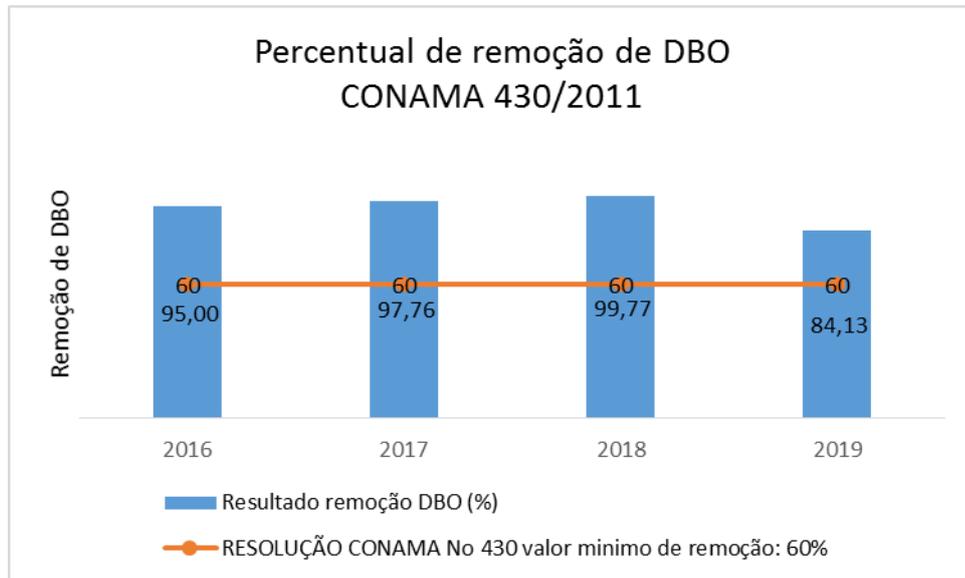
Gráfico 1: Porcentagem da redução da DBO₅

Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Analisando os dados a respeito da eficiência de remoção da matéria orgânica biodegradável (DBO₅) obtidos a partir da equação (1) com os valores do efluente bruto e do tratado, eles nos fornece que este sistema de tratamento, em três anos consecutivos, obteve uma remoção de DBO acima de 90%, isto sinaliza que foi bem dimensionado, conforme Mara et al (1992). Assim como também ao analisar pela legislação estadual do estado do Rio de Janeiro, DZ-205.R-6, a remoção prevalente de mais de 90%, este sistema e tratamento é considerado a nível 3, pois em seu sistema de tratamento tem-se o reator anaeróbio com pós-tratamento, sendo a lagoa facultativa e de polimento.

Seguindo esta mesma legislação em relação ao item 6 sobre exigência de controle, a exigência mínima de remoção de 70% da matéria orgânica foi atendida em todas as amostras, informando que este tipo de tratamento realiza uma redução da DBO mais que exigida pela legislação.

Gráfico 2: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011

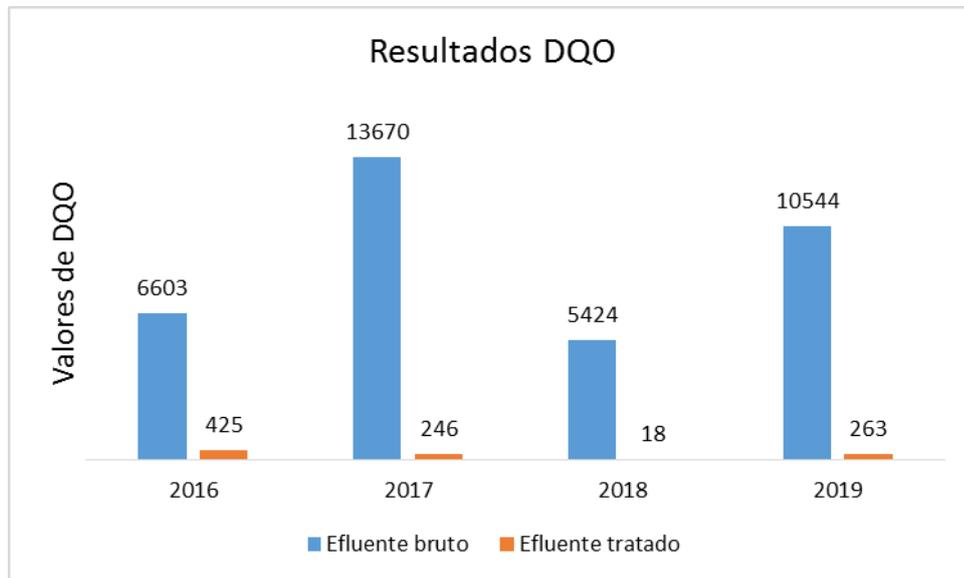


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Já para a legislação nacional, Resolução CONAMA nº 430/2011, este parâmetro atingiu o padrão de lançamento, pois a exigência mínima é de 60% de redução de DBO₅. O que nas análises o menor percentual de remoção foi de 84,13% no ano de 2019 sendo que o restante foram de mais de 90%.

Considerando todas estas verificações, este efluente pode ser lançado no corpo receptor próximo ao matadouro.

Gráfico 3: Resultado da eficiência de remoção da DQO

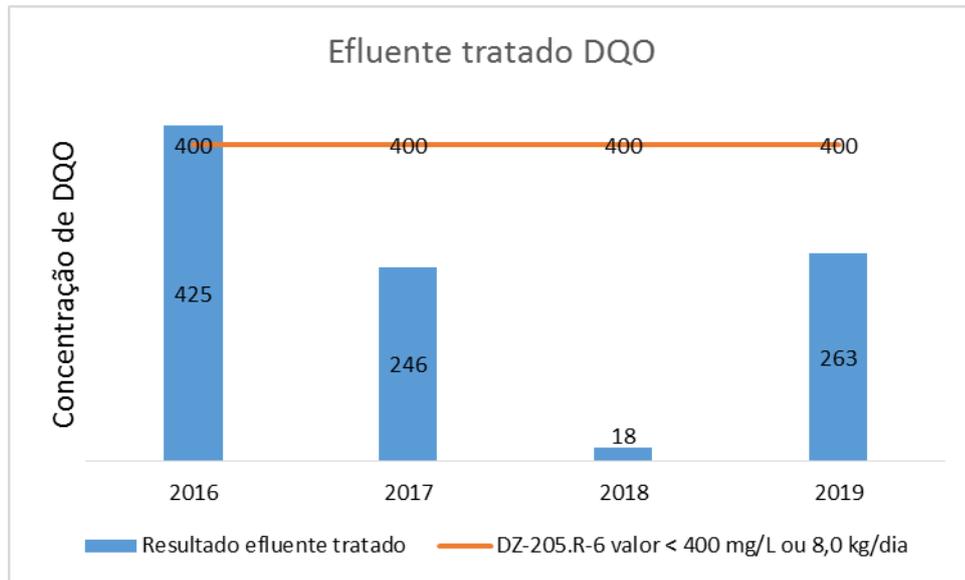


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

No gráfico 3 verifica-se a relação do efluente bruto e tratado, observa-se que a remoção da DQO foi bem significativa.

Na legislação nacional, Resolução CONAMA nº 430/2011, não menciona este parâmetro, contudo, este parâmetro segundo Von Sperling (2005) é essencial para saber quais indicações de tratamento para o efluente, esta relação dá-se pela DQO/DBO₅, além disto fornece também a biodegradabilidade deste efluente. Outra informação importante é que quanto maior a eficiência do tratamento de remoção da matéria orgânica biodegradável, maior será a relação entre a DQO e a DBO, podendo chegar a 4,0 ou a 5,0.

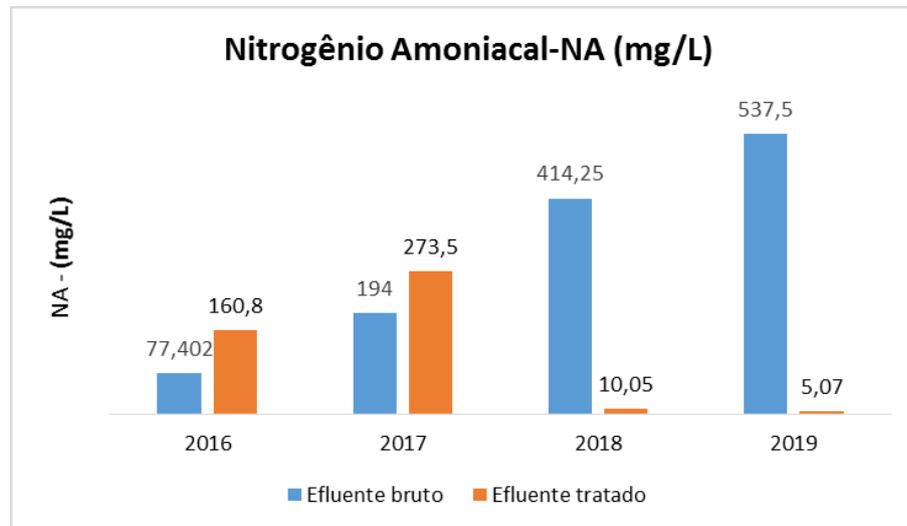
Gráfico 4: Análise do resultado com a DZ-205.R-6



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Para a remoção da matéria orgânica não biodegradável (DQO), segundo a DZ-205.R-6, no item 6.2, tabela 2, o efluente de matadouro enquadra na indústria de alimentos exceto pescado e com vazão de 15 m³/dia, assim o nível de DQO para o lançamento do efluente será menor que 400 mg/L ou 8,0 kg/dia para efluentes com vazões acima de 3,5 m³/dia. Após a análise, constatou-se que o efluente nos anos de 2017 a 2019, os valores da DQO após tratamento do efluente foram menores que 400mg/L, somente no ano de 2016 que isto não ocorreu, porém, foi uma alteração muito pequena de 25mg/L a mais da permitida e sendo um fato raro conforme os resultados.

Gráfico 5: Resultado do parâmetro Nitrogênio Amoniacal



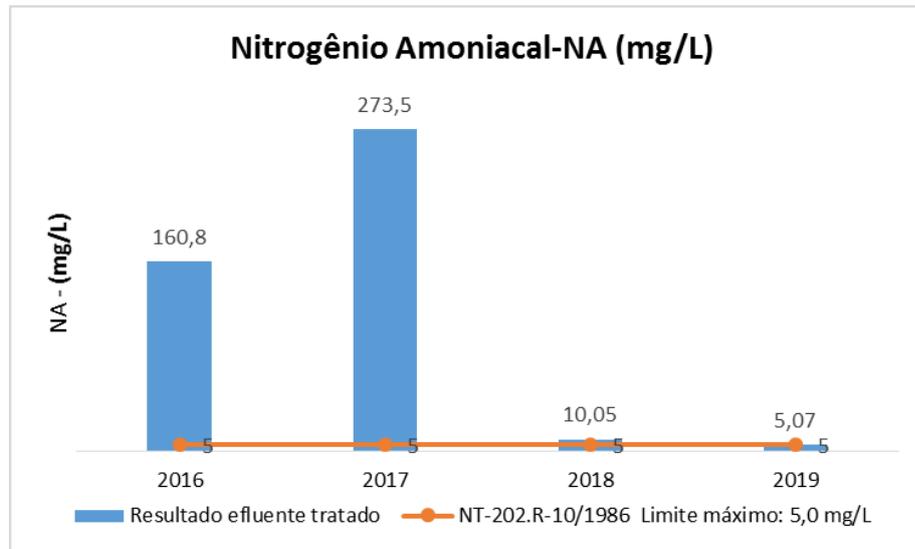
Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

O nitrogênio amoniacal é o nitrogênio na forma de amônia livre (NH_3), sendo este diretamente tóxico aos peixes e na forma ionizada (NH_4), a elevada taxa de amônia nos efluentes pode conduzir ao fenômeno da eutrofização de lagos e represas e na forma de nitrato pode provocar a doença da metahemoglobinemia. Portanto, este parâmetro é de fundamental importância para questões de saúde, ambiental (processos de eutrofização) e também do conhecimento da remoção de N nos tratamentos adotados.

Nota-se que nas duas primeiras amostras, anos 2016 e 2017, o nitrogênio amoniacal foi maior no efluente tratado do que no efluente bruto. Isto pode indicar que o efluente não passou pelo processo da nitrificação, assim como da desnitrificação. Estas reações estão também diretamente afetadas pelo pH. (VON SPERLING, 2002)

E nos dois anos seguintes (2018 e 2019) houve uma redução significativa das taxas de NA do efluente bruto e do tratado, verificando assim um melhor funcionamento das lagoas.

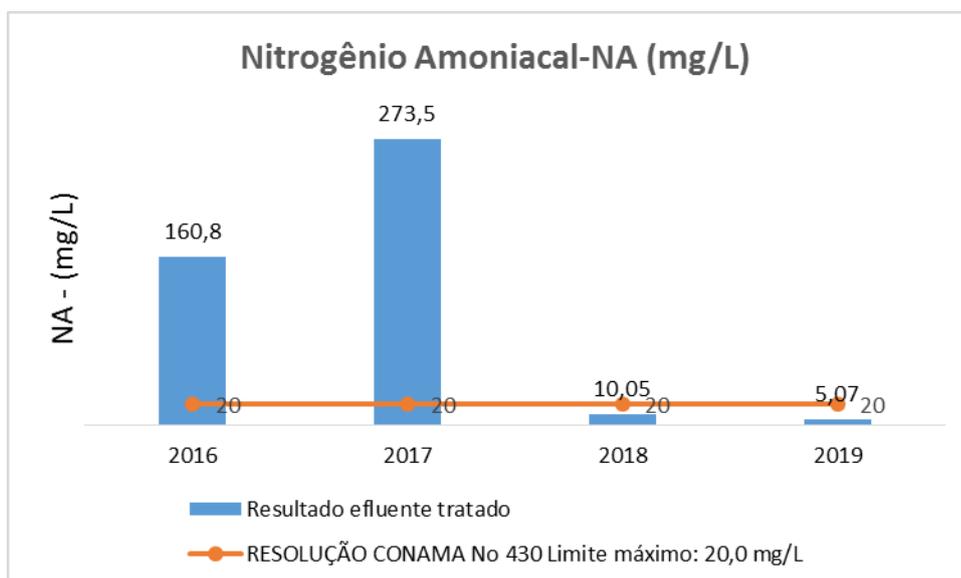
Gráfico 6: Análise do resultado com a NT-202.R-10



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Para a análise correspondente ao NA com a NT-202.R-10/1986, ela considera em sua legislação o nome de amônia para o NA, os anos de 2016 e de 2017 verificou-se que não atendeu os padrões de lançamento, ficando muito acima do permitido, os anos de 2018 e 2019, houve uma redução bem significativa, mas ainda assim não atingiu o padrão de lançamento, já que para este parâmetro segundo a NT é de 5,0 mg/L. Isto sugere que o tratamento adotado para este parâmetro ainda não está sendo adequado.

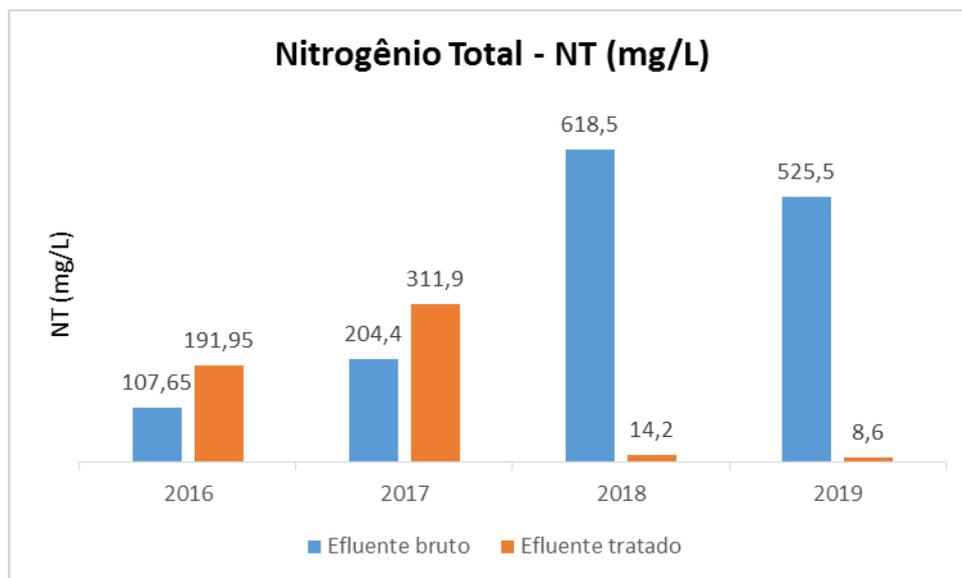
Gráfico 7: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Em relação a Resolução CONAMA nº 430, este parâmetro não atende o padrão de lançamento nos anos 2016 e 2017, diferentemente nos anos de 2018 e 2019, que atende o padrão de lançamento que é de 20,0 mg/L. Observa-se que a legislação nacional é menos restritiva quanto a este parâmetro, o que já era esperado, mesmo sendo a NT-202.R-10 do ano 1986.

Gráfico 8: Resultado do parâmetro Nitrogênio Total

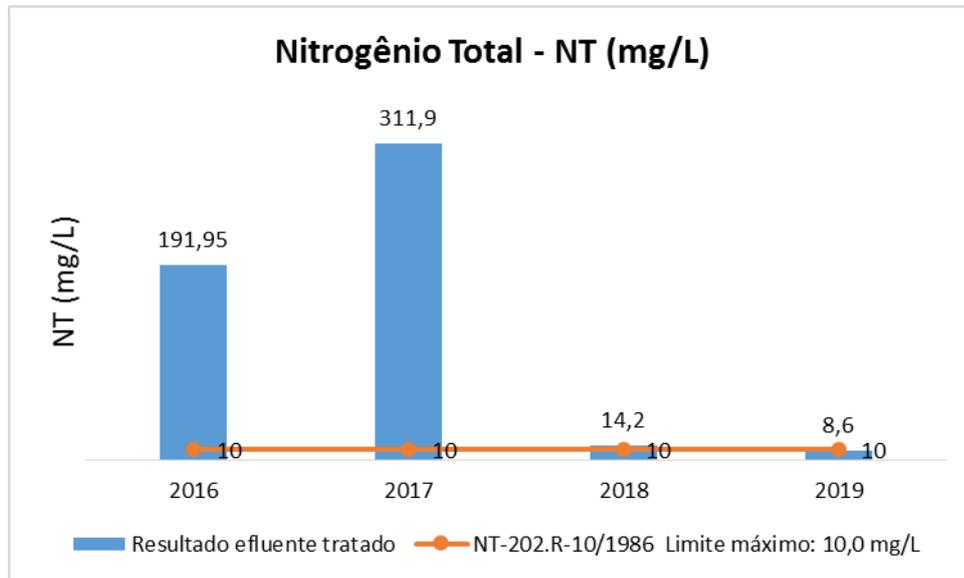


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

O nitrogênio total é a soma das formas apresentadas do nitrogênio (NH_3 e NH_4 + NO_2 e NO_3 + Nitrogênio orgânico), ou seja, o nitrogênio total é a soma do nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e do nitrogênio orgânico (BRAILE E CAVALCANTI, 1993) e pode-se observar que assim como no NA, no Nitrogênio total (NT) nos anos de 2016 e 2017 houve uma elevação do efluente tratado. E nos anos seguintes houve uma redução bem significativa, informando que houve uma melhora no tratamento quanto a este aspecto. Percebe que os resultados do NA e do NT fazem sentidos quanto ao aumento desta taxa no efluente tratado nos anos de 2016 e 2017 e na queda nos anos de 2018 e 2019.

A alta quantidade de nitrogênio no efluente de matadouro está diretamente associada a grande quantidade de matéria orgânica, oriundas por exemplo dos restos de carne, sangue, águas de lavagem, entre outros.

Gráfico 9: Análise do resultado com a NT-202.R-10

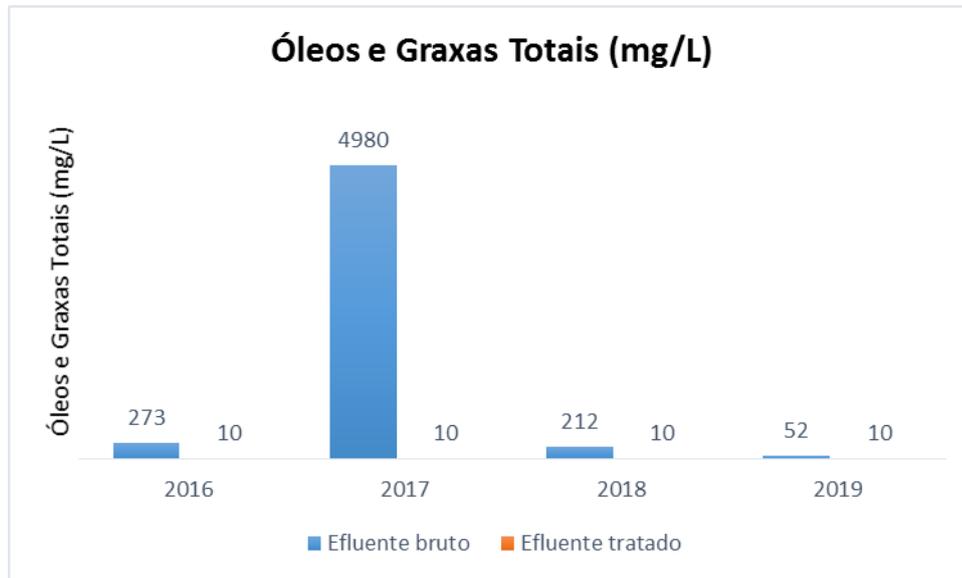


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Analisando conforme a NT-202.R-10/1986, os dois primeiros anos (2016 e 2017), o resultado da amostra ficou muito fora do padrão de lançamento, que é de 10,0 mg/L. Já no ano de 2018, diminui muito a taxa, porém ainda não atingiu o padrão exigido pela norma. E no ano de 2019 o padrão de lançamento foi alcançado com 8,6 mg/L. Assim, nestas duas últimas amostras houve redução de N no efluente. Ressaltando que este padrão de lançamento de 10,0 mg/L, refere-se a um sistema fechado, ou seja, cursos d'água que desaguam em lagos ou lagoas, como já foi explicado anteriormente, assim este parâmetro não encaixa para este córrego, mas foi utilizado como meio de comparação e verificação.

No entanto, a Resolução CONAMA nº 430/2011 não cita este parâmetro, e o mesmo foi incluído nestas amostras tanto para o atendimento junto a NT quanto para o conhecimento do nitrogênio total no efluente.

Gráfico 10: Resultado do parâmetro Óleos e Graxas Totais

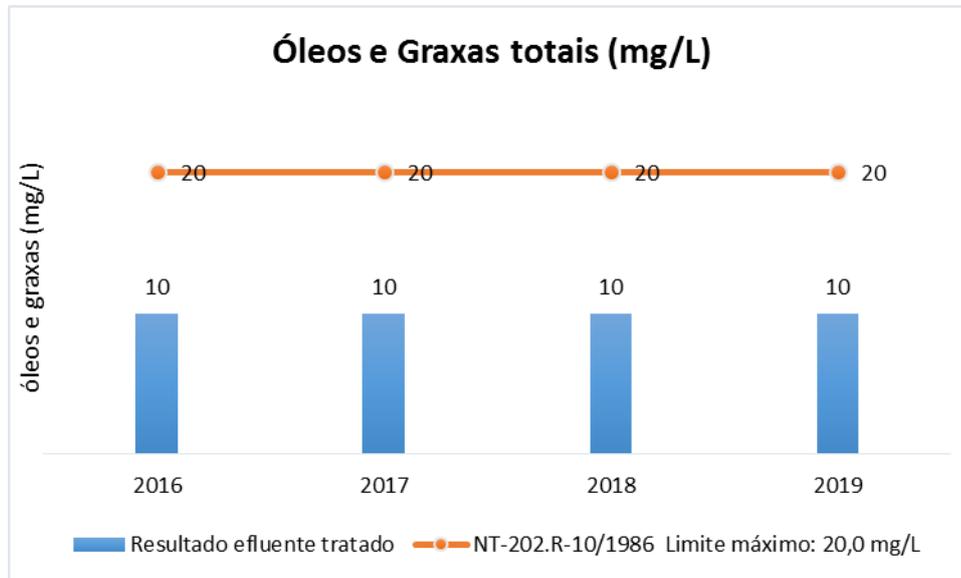


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Os óleos e graxas totais no processo são de origem animal e vegetal e necessitam de recipientes que diminuam a sua velocidade, objetivando a retenção dos sólidos no fundo e dos compostos menos densos para a superfície, formando a espuma. Esta espuma é prejudicial ao tratamento biológico, por a necessidade de retirá-los antes que passem para o processo de tratamento nas lagoas. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

Ao analisar os resultados, conforme o gráfico 10 constata-se que a remoção de óleos e graxas está sendo realizada com sucesso, uma vez que em todas as amostras o resultado foi menor que 10 mg/L, além de perceber na nítida redução deste parâmetro junto ao efluente de entrada e de saída. Esta redução é importantíssima segundo Giordano (2020), visto que se um afluente tiver óleos e graxas acima de 12 mg/L a operação na fase biológica será comprometida, ou seja, a ETE fica paralisada por um período.

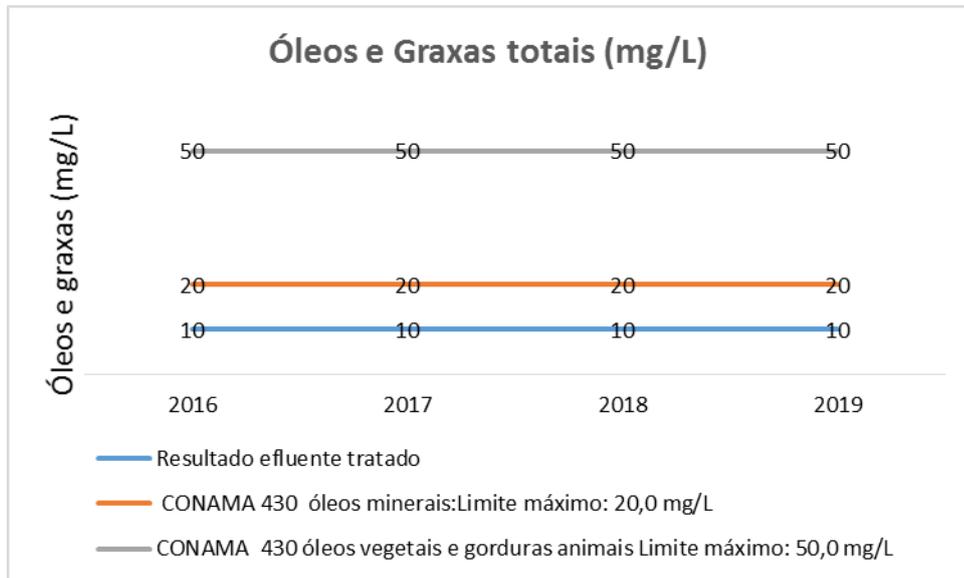
Gráfico 11: Análise do resultado com a NT-202.R-10



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Após analisar os resultados perante a NT-202.R-10/1986, verificou-se que em todas as amostras dos anos de 2016 até 2019 foram atendidos os padrões de lançamento de efluente, sendo o padrão de 20 mg/L. Contudo, na NT há uma separação de óleos minerais, com o padrão de lançamento de até 20 mg/L e de óleos vegetais e gorduras animais de até 30 mg/L e nas amostras deste efluente optou-se por atender o padrão mais restritivo, de 20 mg/L, mesmo ele sendo essencialmente composto de gorduras vegetal e animal.

Gráfico 12: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011



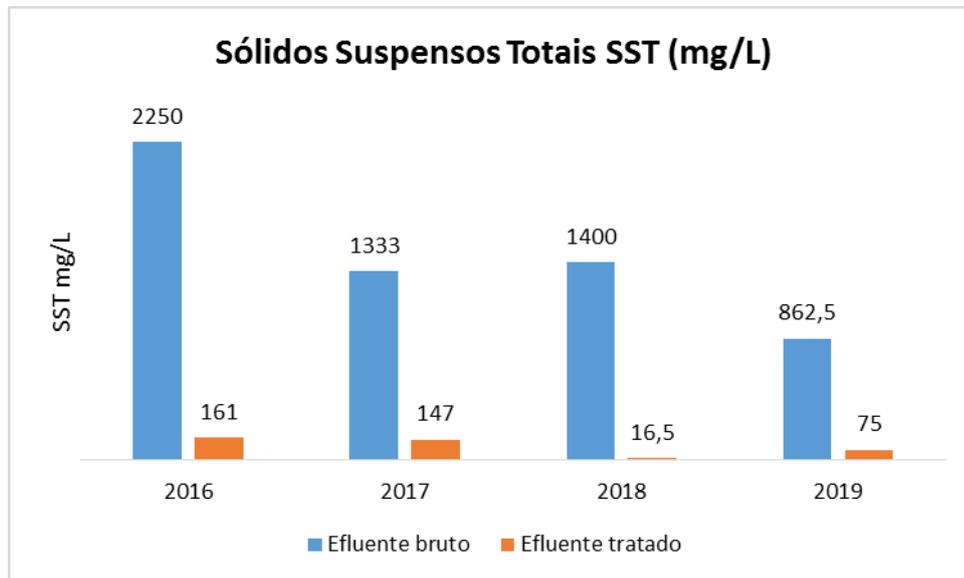
Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Em uma análise com a Resolução CONAMA nº 430/2011, o efluente atende o padrão de lançamento tanto para os óleos minerais quanto para os óleos vegetais e de gordura animal.

Outra observação quanto às duas legislações, é que o valor do limite máximo permitido para óleos minerais é de até 20 mg/l, enquanto que para os óleos vegetais e gorduras animais para a NT-202.R-10/1986 é de até 30 mg/l e para a CONAMA nº 430/2011 é de até 50 mg/L.

Isto é uma observação muito importante quando tem que atender às legislações, verificando sempre para cada caso qual das legislações que será atendida, para assim evitar sanções junto ao órgão ambiental.

Gráfico 13: Resultado do parâmetro Sólidos Suspensos Totais



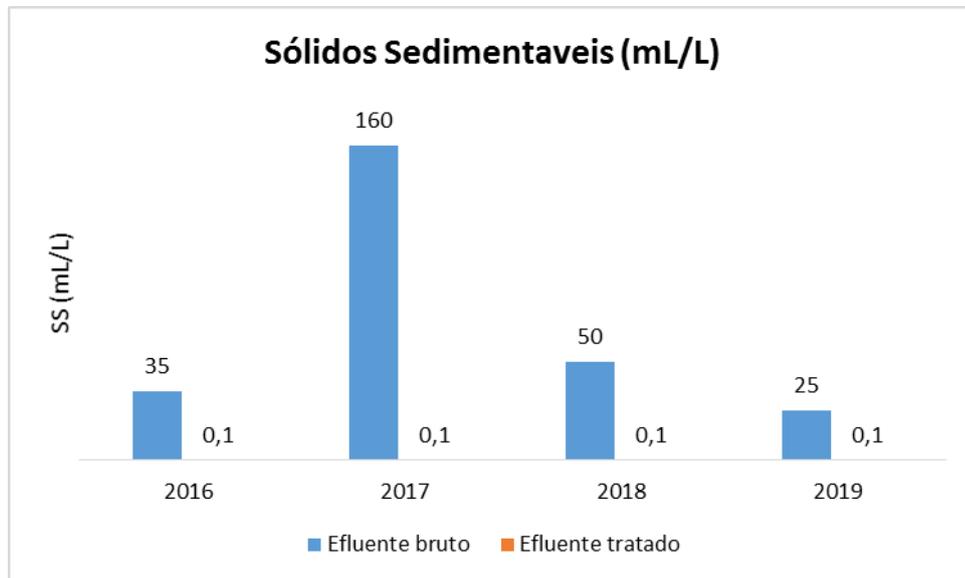
Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Os sólidos suspensos totais (SST) são aqueles que são passíveis de serem retidos por um filtro em análise laboratorial. São removidos nos processos e segundo Von Sperling (2005) por gradeamento, remoção da areia, disposição no solo e sedimentação, agora de acordo Braile e Cavalcanti (1993) cita também a sedimentação e que estes SS são removidos mais facilmente.

Este parâmetro é muito importante para conhecer a turbidez, já que se forma através dos sólidos em suspensão na água (VON SPERLING, 2005).

Para estas análises não foi informado a turbidez das amostras, mas ao examinar o resultado segundo o gráfico 13 percebe-se uma grande redução dos SST. Observou-se que a NT-202.R-10/1986 e a Resolução CONAMA nº 430/2011 não mencionaram este parâmetro.

Gráfico 14: Análise do parâmetro Sólidos Sedimentáveis

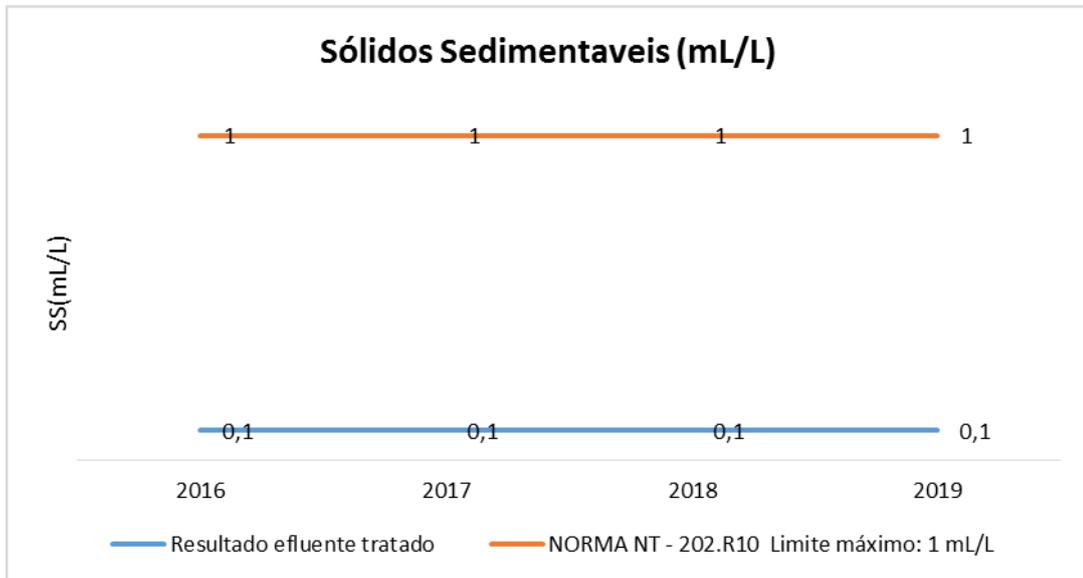


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Os sólidos sedimentáveis são a fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Sendo um parâmetro importante em relação ao lançamento do efluente nos rios que poderia ajudar na formação de banco de lodos. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

No gráfico 14 observa-se uma redução considerável deste parâmetro, chegando a ser menor que 0,1 mL/L.

Gráfico 15: Análise do resultado com a NT-202.R-10

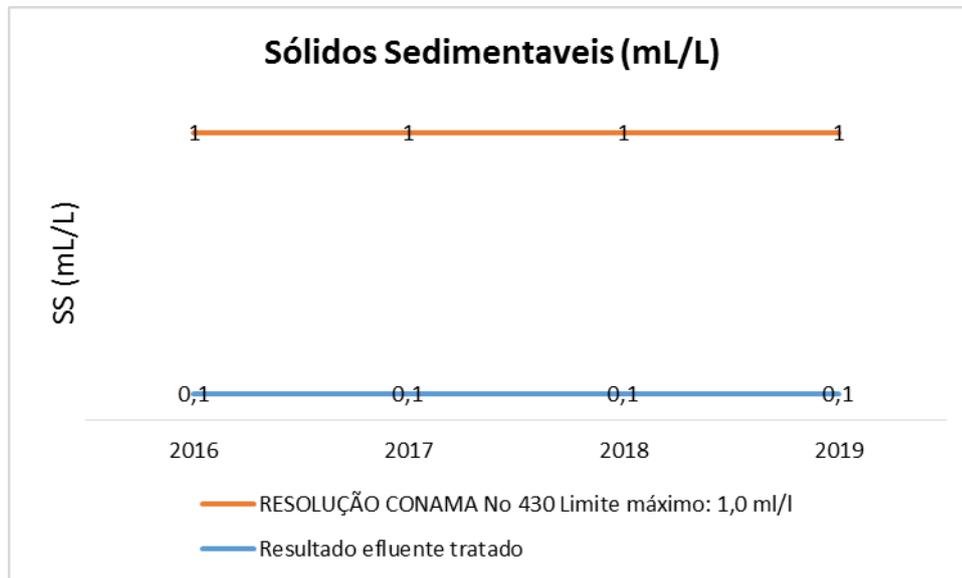


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Os SS de acordo com a NT-202.R-10/1986, traz como nomenclatura materiais sedimentáveis, equivalente ao SS sendo em mL/L. Nesta NT o limite máximo permitido é de 1 mL/L, porém terá que ser isento de SS, se o efluente for descartado em lagos, lagoas, lagunas e reservatórios.

Para o caso deste estudo, este efluente é lançado em um córrego, cumprindo assim o padrão de 1 mL/L e sendo atendido, pois o resultado foi para todas as amostras menor que 0,1 mL/L.

Gráfico 16: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011



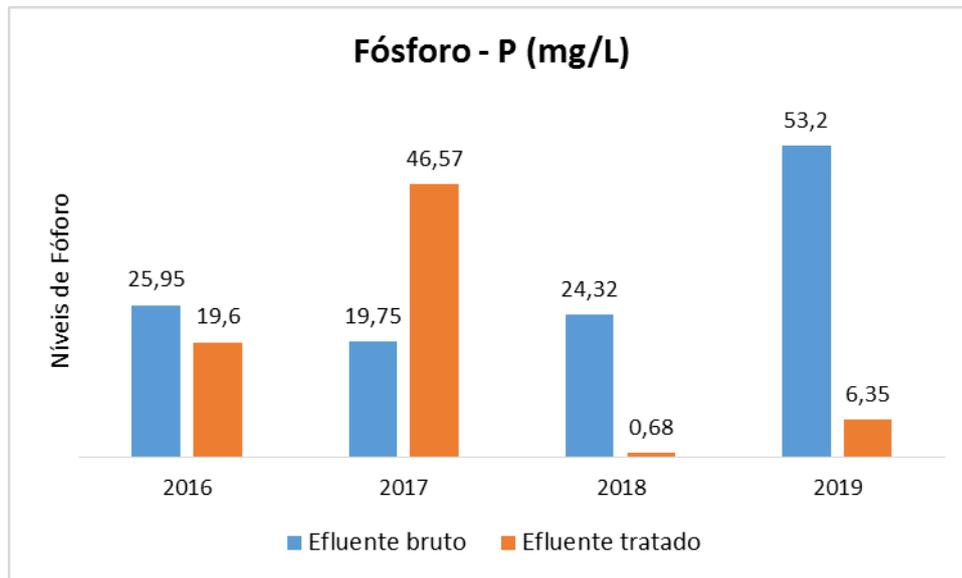
Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Assim como a NT-202.R-10/1986, a Resolução CONAMA 430/2011 também traz como nomenclatura materiais sedimentáveis, equivalente ao SS sendo em mL/L. E com o mesmo valor para este parâmetro (1,0 mL/L), deste modo este efluente atende este padrão, podendo ser lançado no corpo hídrico. Observando que se o efluente for lançado em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.

O SS é por muitas vezes usado como parâmetro antipoluição, sendo uma das características dos despejos que deve ser limitado. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

Giordano (2020) ressalta que, mesmo que o efluente atenda a legislação este é um material que pode sedimentar e com isso levar a um passivo ambiental, conseqüentemente poderá causar algum transtorno, como o causador deste passivo será obrigado a remediá-lo ou compensá-lo por exemplo.

Gráfico 17: Resultado do parâmetro Fósforo



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

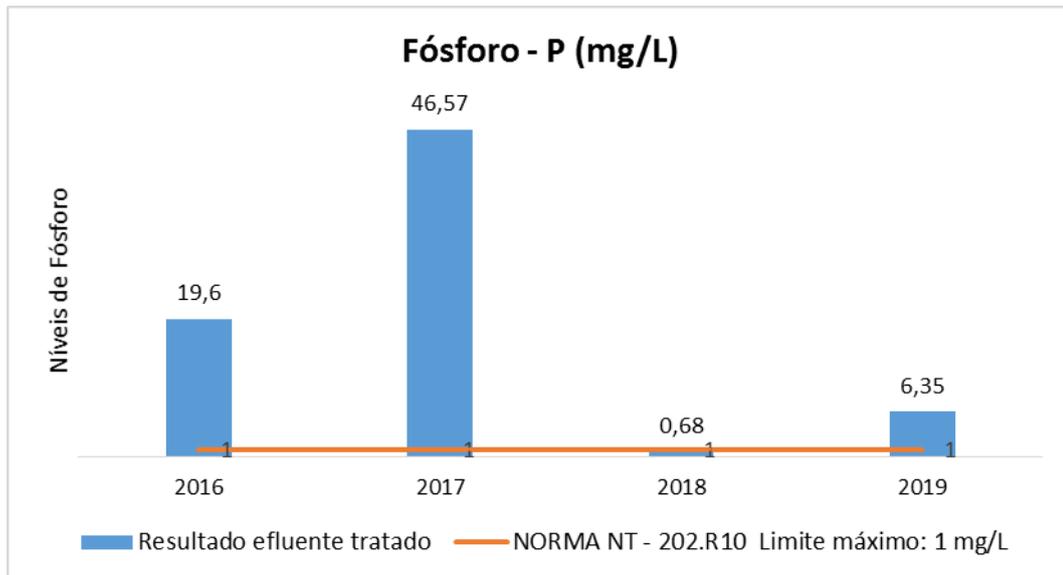
O fósforo assim como o nitrogênio é um nutriente importante para o crescimento e reprodução dos microorganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica presentes nos efluentes. Sendo apresentados em compostos orgânicos (proteínas) e em compostos minerais (polifosfatos, detergentes ou produtos de limpeza por exemplo e hortofosfatos), sendo que para alguns efluentes existe o déficit de P, necessitando que seja adicionado para o tratamento biológico. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

O que não ocorre com o efluente de matadouro como demonstra o gráfico 17, possuindo grande quantidade deste nutriente. Observando que no ano de 2017 o resultado do efluente tratado (46,57 mg/L) foi maior que do efluente bruto (19,75 mg/L), provavelmente isto ocorreu devido ao procedimentos de limpeza que ocorreu no matadouro, ou a mudança de algum produto químico que contém uma porcentagem maior de P, logo antes a coleta da amostra e não houve esta remoção pelo tratamento.

Por isso, conforme Pacheco e Yamanaka (2006) a escolha dos detergentes e dos sanitizantes é muito importante para a fase de tratamento do efluente, pois alguns tem a capacidade de remover fosfatos ou EDTA, outras fosfanatos ou compostos parecidos e tem outras que não são capazes de removê-los ou degradá-los

ocasionando problemas na operação da ETE ou dos sistemas de tratamento do efluente.

Gráfico 18: Análise do resultado com a NT-202.R-10

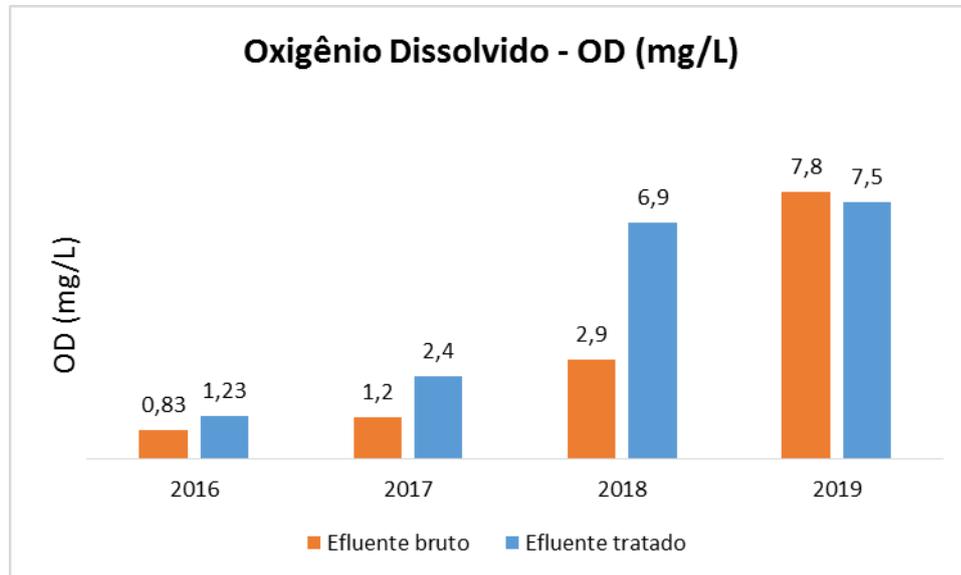


Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

Ao analisar com a NT-202.R-10/1986, o parâmetro fósforo só atingiu o padrão de lançamento no ano de 2018, sendo que nos demais não houve uma remoção próxima ao do padrão de lançamento, tendo como tratamento atual os níveis primário e secundário. O ano de 2017 a taxa ficou muito acima do que a legislação permite e no ano de 2019 a taxa ficou aproximadamente 5 x acima do permitido. Isto conclui-se que este sistema há uma variação na remoção do P, exceto o do ano de 2017 que já foi explanado. Isto pode ser explicado devido a variação de abates durante o período e também a alternância de abates de bovino e de suínos, além do uso de produtos químicos para a limpeza das instalações.

A resolução CONAMA 430/2011 não tem um padrão de lançamento para o fósforo, só cita em seu art. nº 17, que o órgão ambiental competente poderá definir padrões específicos para o parâmetro fósforo no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores com registro histórico de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público.

Gráfico 19: Resultado do parâmetro Oxigênio Dissolvido



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água promove o consumo do oxigênio dissolvido, devido a estabilização da matéria orgânica realizada pelas bactérias decompositoras, utilizando o oxigênio disponível no meio para sua respiração, o qual pode afetar na sobrevivência de outras espécies aquáticas. E em relação aos esgotos brutos os teores de OD são bem baixos ou próximos a zero, isto se deve a grande quantidade de matéria orgânica presente no efluente. (VON SPERLING, 2005).

Portanto ao analisar o gráfico 19, pode-se verificar que o OD do efluente bruto está bem baixo, principalmente o do ano de 2016, que quase chega ao zero de OD, diferentemente no ano de 2019, o OD da amostra tem um teor bem alto, ou seja, provavelmente não houve muito abate neste período e uma outra possibilidade, é que no local em que infelizmente na época, não houve este questionamento para saber a provável causa.

Após o tratamento o comportamento do OD no tratamento primário equivale a praticamente zero assim como no tratamento anaeróbio e em lagoas facultativas os teores de OD podem atingir à saturação, devido a produção pelas algas de oxigênio puro. O OD pode variar ao longo do dia, sendo mais elevado em horas com mais

insolação, deste modo, para fins de cálculo, os valores médios adotados giram em torno de 4 a 6 mg/L.

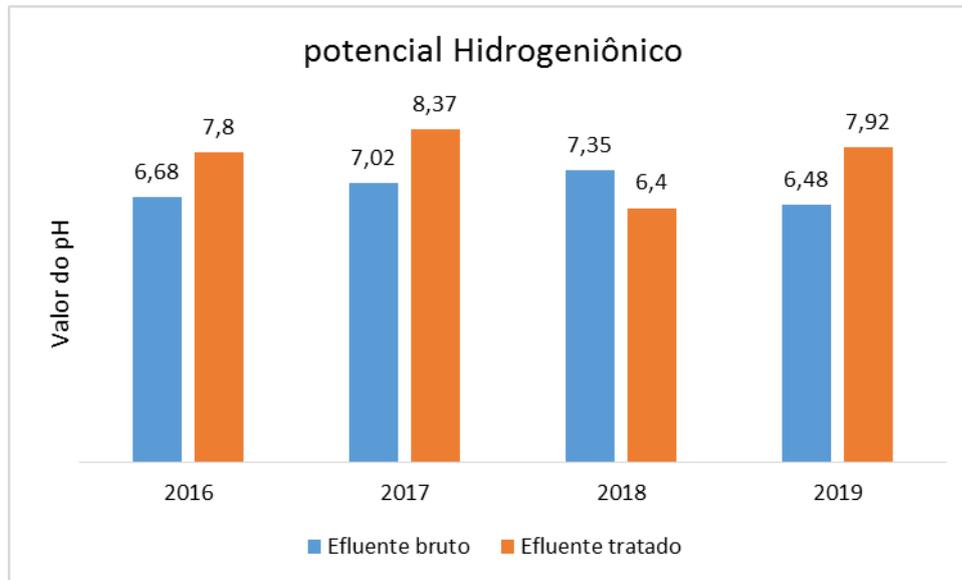
Os valores do OD no efluente tratado nos anos de 2016 e 2017, foram baixas, deve-se analisar a respeito da última etapa de tratamento, com a causa provável de resquícios matéria orgânica em excesso na lagoa de polimento ou até mesmo talvez foi um período em que houve um céu com mais nuvens, bloqueando os raios solares, já que este tipo de tratamento está muito relacionado às condições climáticas (insolação, temperatura do ar e do líquido, ventos, precipitações) no período e também do local, além de possíveis árvores ou morros próximos às lagoas, fazendo um sombreamento sobre elas.

Em relação ao ano de 2019, houve um taxa de OD menor no efluente tratado do que no efluente de entrada, ao analisar as possibilidades com base nas possibilidades descritas por Braile e Cavalcanti (1993), e como já foi descrito a quantidade de OD na água é regida por vários fatores, como a solubilidade do gás no líquido, temperatura, pressão parcial do gás na atmosfera, salinidade, sólidos em suspensão entre outros. Ao analisar o dado em relação da temperatura, esta amostra foi coletada no período do verão, época em que o OD é mais crítico devido ao aumento da temperatura e também devido a presença de sólidos em suspensão em excesso na última etapa do tratamento (lagoa de polimento). Porém, vale ressaltar que mesmo a taxa sendo um pouco abaixo do efluente coletado na etapa sem tratamento, este valor do teor de OD de 7,5 mg/L foi considerado bom, segundo Von Sperling (2005).

Em relação às legislações seguidas neste trabalho, não menciona-se o padrão de OD para o lançamento de efluentes, mas como já foi mencionado, o OD está intimamente ligado também a temperatura, na NT-202.R-10/1986, a temperatura em que o efluente pode ser lançado deverá ser menor que 40° C. Agora, para a Resolução CONAMA nº 430/2011, em relação à temperatura, além do efluente a ser lançado a menos de 40° C, a variação de temperatura não deve exceder a 3° C na zona de mistura do corpo receptor.

Como o efluente do matadouro passa por um processo de tratamento biológico em sistemas de lagoas, a sua temperatura, não se difere muito da temperatura ambiente, mas nos laudos, não houve o levantamento deste parâmetro em campo.

Gráfico 20: Resultado do parâmetro pH



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

A concentração hidrogeniônica é um parâmetro muito importante para a qualidade dos efluente industriais e a faixa de concentração para a vida é um valor muito restrito. (BRAILE E CAVALCANTI, 1993).

O valor do pH mais próximos a neutralidade, não afeta a vida aquática, por exemplo para os peixes. E um outro aspecto importante em relação ao tratamento biológico, o pH mais neutro não afeta os microrganismos responsáveis pela depuração da matéria orgânica. (VON SPERLING, 2005).

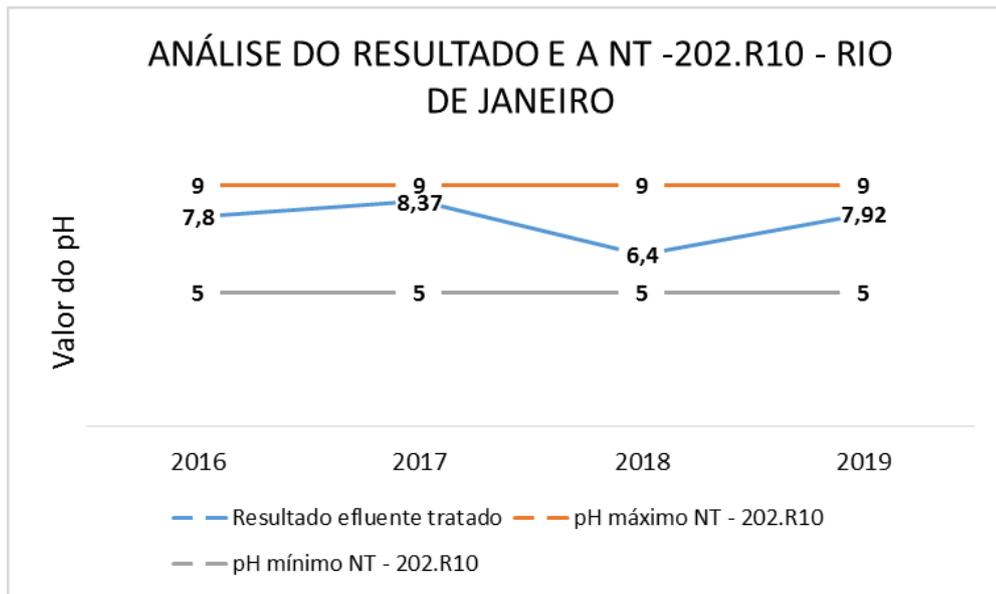
Braile e Cavalcanti (1993), apresentam que o pH ótimo para todos os tratamento biológicos situam-se na faixa de 6 a 9. Assim como em sistemas anaeróbios, citam que a digestão inicia-se na fase mais ácida (pH baixo) e ao longo das semanas (ou tempo de residência, período em que o efluente fica na lagoa) o pH evolui e permanece para uma fase mais alcalina (pH alto). Contudo, se ocorrer a volta dele para a fase mais ácida, isto pode ser um indicio de problemas, como a presença de elementos tóxicos, sobrecarga do digestor, descarga excessiva de lodo digerido, entre outros).

O pH pode apresentar flutuações devido ao uso de agentes de limpeza ácidos e básicos, como já foi informado por Pacheco e Yamanaka (2006).

Ao analisar o gráfico 20, o efluente após o tratamento atingiu um pH mais alcalino, ficando acima de 7,8 nos anos de 2016, 2017 e 2019, indicando que o

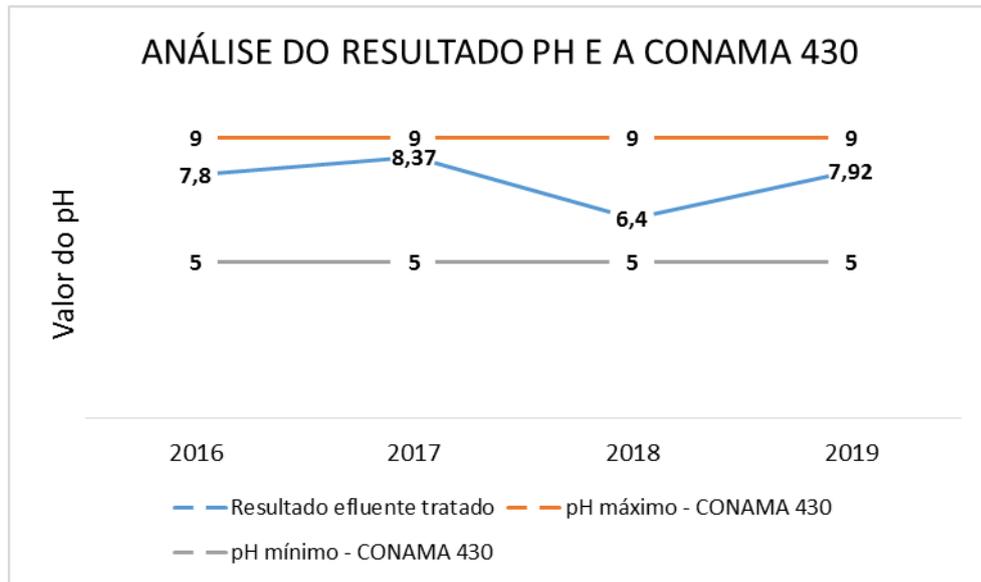
sistema de tratamento para este parâmetro funcionou bem. No entanto, no ano de 2018, o valor do pH reduziu (mais ácido) um pouco para no efluente tratado, demonstrando que houve um problema neste período, mas que não afetou o tratamento, uma vez que a eficiência na remoção de DBO foi na faixa de 99%.

Gráfico 21: Análise do resultado com a NT-202.R-10



Ao analisar conforme a legislação estadual do estado do Rio de Janeiro (NT-202.R-10/1986), o resultado do efluente tratado, o pH manteve-se na faixa tolerável, entre 5 e 9. Portanto, podendo ser descartado no corpo receptor.

Gráfico 22: Análise do resultado com a Res. CONAMA 430/2011



Fonte: Relatório de ensaios laboratoriais

O parâmetro pH, conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011, também permaneceu dentro do padrão para lançamento, sendo de 5 a 9. O mesmo adotado pela legislação estadual. Este valor de 5 a 9, é uma faixa mais próxima da neutralidade do pH (7), propiciando a vida no meio aquático.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No momento em que iniciou-se o trabalho de pesquisa constatou-se que a atividade de matadouro ou abatedouro, produz uma grande quantidade de resíduos e de efluentes, sendo imprescindível seu gerenciamento e tratamento para atendimento às legislações e também para a conservação do meio ambiente. Assim, houve a necessidade quanto ao estudo avaliativo da eficiência do tratamento de efluentes composto por um sistema de lagoas anaeróbia, facultativa e de polimento de um matadouro específico.

De modo que o objetivo geral foi avaliar as análises laboratoriais em um período e os resultados dos parâmetros (DBO, óleos e graxas, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, sólidos em suspensão totais, sólidos sedimentáveis, fosforo total, OD e pH, através das análises laboratoriais e a sua interpretação perante às legislações. Assim o objetivo geral foi atendido, visto que foi analisado todos os parâmetros tanto no aspecto da remoção deles, quanto nas legislações do estado do Rio de Janeiro e da legislação nacional.

E com isso o objetivo específico inicial foi caracterizar o processo produtivo e o sistema de tratamento de efluentes do matadouro, sendo este atendido, pois foi apresentado a caracterização da produção da carne e também a caracterização do sistema de tratamento de efluente do matadouro, com o seu tratamento preliminar, primário e secundário, as dimensões das lagoas, o método de medição da vazão do efluente, entre outros.

O segundo objetivo específico foi avaliar a conformidade dos parâmetros após as análises laboratoriais quanto as condições dos padrões de lançamentos estabelecidos pela legislação nacional e estadual, este também foi atendido, visto que conseguiu-se analisar os resultados com a legislação estadual do Rio de Janeiro, sendo elas NT-202.R-10 de 1986 e a DZ-205.R-6 de 2007, e a legislação nacional, a Resolução CONAMA nº 430 de 2011.

Já o terceiro objetivo era propor uma alternativa visando à redução na concentração de nitrogênio e de fósforo nos efluentes gerados pelo matadouro, e este não foi atendido totalmente, devido à falta de mais dados referentes ao sistema de tratamento.

A pesquisa partiu da hipótese de que o sistema de tratamento do efluente industrial adotado atualmente pelo matadouro não está atendendo a todos os parâmetros da legislação, porque ele é composto pelos níveis preliminar, primário e secundário e durante o trabalho verificou-se que estes níveis podem sim realizar um tratamento eficiente, porém necessita de um acompanhamento para ajustar os problemas que ao longo do tempo podem surgir. Desta forma a hipótese foi confirmada devido ao fato do matadouro possuir estes níveis, sendo a nível secundário as lagoas anaeróbias, facultativas e de polimento. E os resultados das análises realizadas anualmente no período de 2016 até 2019, indicaram uma variação em certos parâmetros, sendo que alguns não atingiram os padrões de lançamento.

A metodologia para a realização deste trabalho foi a coleta dos dados referente ao processo produtivo, memorial de tratamento dos efluentes e as análises laboratoriais dos anos de 2016 a 2019 junto ao empreendedor, após foi realizado um levantamento bibliográficos em livros e materiais de autores renomados, artigos científicos, teses de mestrados e dissertação e doutorado, sendo este realizado para o embasamento do trabalho e as possíveis soluções para o problema.

Diante da metodologia adotada, verificou-se uma dificuldade em relação a uma proposta de remoção dos nutrientes presentes no efluente, já que com as poucas análises, sendo feita somente uma vez ao ano, houve um desconhecimento da eficiência do tratamento, e também do processo produtivo ao longo desse período.

Outras dificuldades estão relacionadas a falta de coletas de efluente para cada etapa do tratamento, as condições climáticas na época das coletas, a falta de dados como o pH de cada lagoa, já que o processo de nitrificação e desnitrificação está diretamente relacionada ao pH e também uma análise dos sólidos sedimentáveis da última lagoa.

Assim como o conhecimento dos produtos químicos usados para a limpeza dos equipamentos e do local, pois muitos destes podem conter fósforo. Outro fato relacionado ao pH está na remoção do fósforo para lagoas de polimento, como é o caso do matadouro, para isto acontecer, o pH da lagoa deve estar elevado. Ao caso que se a lagoa for rasa a remoção do fósforo é bem elevada. Portanto, para propor um método para a remoção destes nutrientes e juntamente para os outros parâmetros, são necessários o conhecimento de pelo menos estes dados que foram descritos acima.

Apesar destas limitações, o sistema de tratamento utilizado pelo matadouro possui um bom funcionamento, dado que esta possui mais de 20 anos de operação e necessitando de alguns ajustes. Ao analisar todos estes parâmetros e as legislações, mesmo considerando que eles atenderam os padrões de lançamento em quase todas as amostras, este efluente pode ser lançado no corpo receptor, atentando que como este córrego que recebe este efluente está na jurisdição estadual, é necessário atender os padrões de lançamento estadual, sendo estes mais restritivos.

E no caso em que o local não possui uma legislação estadual a respeito, adota-se os padrões de lançamento da Resolução CONAMA nº 430/2011 somente se, neste corpo receptor não estiver sob a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Finalizando, este trabalho levanta possibilidades de melhoria no sistema de tratamento de efluentes do matadouro e um planejamento estratégico para a operação de todo seu sistema de funcionamento.

Em função da indisponibilidade de alguns dados e informações, recomenda-se na medida do possível para o matadouro, dado que este é um empreendimento pequeno e com recursos financeiros limitados, o aumento do número das análises, de preferência para cada etapa do tratamento, sendo realizadas a cada semestre pelo menos, com isto conhecerá quais são as remoções reais destas etapas. Realizar inspeções constantes (anexo 1 - modelo de inspeção das lagoas), instalar um medidor de vazão antes do tratamento, já que só foi informado um medidor no final do tratamento, realizar análises periódicas do pH das lagoas, dos sólidos sedimentáveis, da temperatura ambiente e do líquido, relação dos produtos utilizados para a limpeza e sanitização dos equipamentos e do local.

Enfim, estas propostas visam um acompanhamento melhor do sistema de tratamento do efluente e após estas verificações e ajustes que poderão ser elaborados em um estudo futuro, o sistema consiga realizar de forma a não atender às legislações somente, é procurar de forma contínua a melhoria do sistema de tratamento, pois muitas vezes as legislações não acompanham as novidades tecnológicas, um aperfeiçoamento do tratamento ou até mesmo aquele padrão de lançamento pode inviabilizar a operação da Estação de tratamento do efluente (ETE), ou seja, atender as legislações e procurando a melhoria constante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.001: Sistema de gestão ambiental**. Rio de Janeiro, 2015. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, **UFMG**, 2005.

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRAILE, P.M; BRAILE, P.M; CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias. São Paulo: CETESB, 1993. J.E.W.A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: CETESB, 1993.

BRASIL, **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n° 001**, de 23 de janeiro de 1986. Critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Publicado no D.O.U.

BRASIL, **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA n° 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Publicado no D.O.U.

BRASIL, **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 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, e dá outras providências. Publicado no D.O.U.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 1981. **Dispoe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Publicado no DOU em 31/08/1981.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **CARNE BOVINA**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>> . Acesso em: /0503/2020.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Dimensões econômicas e organizacionais da cadeia produtiva da carne suína**. 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSA/15842/1/publicacao_s6e86l4k.pdf>. acesso em: 05/03/2020.

ESPINOZA, M. W.; PAZ, A. M. A. S.; RIBAS, M. L. O.; SANGOI, R. F.; BURSZTEJN, S. **Índices para o Cálculo Simplificado de Cargas Orgânica e Inorgânica Presentes em Efluentes Líquidos Industriais**. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre-RS, AIDIS/ABES: 2000. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/7384142-1-082-indices-para-o-calculo-simplificado-de-cargas-organica-e-inorganica-presentes-em-efluentes-liquidos-industriais.html>> Acesso em: 15/06/2020

FUGITA, Sandra Ruri. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. Cetesb. Julho de 2018. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 13/04/2020.

GUIMARÃES, et al. **SUINOCULTURA: ESTRUTURA DA CADEIA PRODUTIVA, PANORAMA DO SETOR NO BRASIL E NO MUNDO E O APOIO DO BNDES**. Disponível em: < file:///C:/Users/User/Downloads/BNDES%20Setorial%2045_P.pdf> . Acesso em: 19/03/2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Agência IBGE notícias: **Em 2019, cresce o abate de bovinos, suínos e frangos**. 2019. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27167-em-2019-cresce-o-abate-de-bovinos-suinos-e-frangos>>. Acesso em: 19/03/2020

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>>. Acesso em: 25/04/2020

IBGE. Estatística da Produção Pecuária. Atualizado em 14/03/2019. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2018_4tri.pdf>. Acesso em: 20/04/2020

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

Nogueira, Thainá Domingues. **Efeitos agudos de efluentes líquidos industriais**. Dissertação de Mestrado, UFMS – MS, dezembro de 2010. Disponível em: < <https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/2230/1/Thaina%20Domingues%20Nogueira.pdf>>. Acesso em: 25/04/2020.

NUNES, José Alves. **Tratamento Físico-Químico de águas residuárias industriais**. 3ª edição. Aracajé. Editora Triunfo LTDA. 2001.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º ed. Ver. São Paulo, 2011.

PACHECO, José Wagner; YAMANAKA, Hélio Tadashi. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo. CETESB, 2006. 98p. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>. Acesso em: 26/04/2020.

RIBEIRO, Erlon A. et al. **Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.4, p.425–433, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n4/a11v17n4.pdf>>. Aceso em: 15/04/2020.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

SCARASSATI, Deividy. et al. **TRATAMENTO DE EFLUENTES DE MATADOUROS E FRIGORÍFICOS**. 2003. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/TRATAMENTO%20DE%20EFLUENTES%20E%20MATADOUROS%20E%20FRIGOR%C3%8DFICOS.pdf>>. Acesso em: 02/03/2020.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Suíno cultura, carne in natura, embutidos e defumados**. Série mercado. 2008. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BEC/AE/\\$File/NT000390A6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BEC/AE/$File/NT000390A6.pdf)>. Acesso em: 13/04/2020.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.1. 3. ed. UFMG. 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Princípio do tratamento biológico de águas Residuárias: Lagoas de estabilização**. v. 3. 2 ed. UFMG. 2002.

Hamura, et al. 2013. **Estudos sobre as alterações químicas e físicas do corpo receptor contaminado por efluentes de matadouro da cidade de serra talhada**. XIII jornada de ensino, pesquisa e extensão. URPE. Recife, 2013. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R0141-1.pdf>>. Acesso em: 01/05/2020.

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

GIORDANO, G. 1 Vídeo (1h e 24min). Palestra: **Experiências com projetos e operação de estações de tratamento de efluentes**. Publicado pelo canal DESMA UERJ Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LIYVVKm4NIY>> Acesso em: 12/06/2020.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Norma Técnica NT-202.R-10** de 04 de dezembro de 1986. Dispõe sobre CRITÉRIOS E PADRÕES PARA LANÇAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS. Publicada no DOERJ.

RIO DE JANEIRO. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **DZ-205.R-6** – de 25 de setembro de 2007. Dispõe sobre a DIRETRIZ DE CONTROLE DE CARGA ORGÂNICA EM EFLUENTES LÍQUIDOS DE ORIGEM INDUSTRIAL. Publicada no DOERJ.

MARA, D.D. **Waste stabilization ponds: Highly Appropriate Wastewater Treatment Technology for Mediterranean Countries.** p. 113-123. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/229659330_Waste_Stabilization_Ponds_A_Viable_Alternative_for_Small_Community_Treatment_Systems>. Acesso em: 01/04/2020.

MARAIS, G. V. **New Factors in the Design, Operation and Performance of Waste-stabilization Ponds.** *Bulletin of the World Health organization.* v. 34, n. 5, p. 737-763, 1966. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2476002/pdf/bullwho00614-0086.pdf>>. Acesso em: 25/05/2020.

SOUSA, Tales Abreu Tavares de. **Pós-tratamento de efluentes anaeróbio em lagoa de polimento.** 2015. P. 80. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, PB, 2015.

RADOLL, GENI PORTELA. **AVALIAÇÃO DA GENOTOXICIDADE EM EFLUENTES LÍQUIDOS DA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.** 2013. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2015.

Reismann, et al. **Remoção de nitrogênio e fósforo em efluentes: principais técnicas existentes, características, oportunidades e desafios para o tratamento terciário de efluentes.** Congresso ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental AESABESP - Associação dos Engenheiros da Sabesp. 2017. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/06/II-580.pdf>>. Acesso em: 07/05/2020.

Rodrigues, L.S. et al. **Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Publicado em Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.61, n.6, p.1428-1433, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352009000600024&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 07/05/2020.

ANEXO

MODELO SIMPLIFICADO DE FICHA DE INSPEÇÃO

Fonte: Princípios do tratamento biológicos de águas residuárias: Lagoas de estabilização, 2002. Autor: Marcos Von Sperling. DESA – UFMG.

DIA:			
Nome:			
TEMPO:	SOL ()	NUBLADO ()	CHUVOSO ()
VENTO:	AUSENTE ()	FRACO ()	FORTE ()

Observações da lagoa anaeróbia - Lagoa 1				
Atenção: Ver quadro 1				
Item	Sim	Não	Quantidade	Providência
Há manchas verdes na superfície?				
Há manchas escuras na superfície?				
Há manchas de óleo na superfície?				
Há plantas na água?				
Há erosão dos taludes (beiradas da lagoa)?				
Há infiltração visível?				
Há presença de aves?				
Há presença de insetos?				
A lagoa está com odores?				

Observações da lagoa facultativa - Lagoa 2				
Atenção: Ver quadro 1				
Item	Sim	Não	Quantidade	Providência
Há manchas verdes na superfície?				
Há manchas escuras na superfície?				
Há manchas de óleo na superfície?				
Há plantas na água?				
Há erosão dos taludes (beiradas da lagoa)?				
Há infiltração visível?				
Há presença de aves?				
Há presença de insetos?				
A lagoa está com odores?				

Observações da lagoa polimento - Lagoa 3 Atenção: Ver quadro 1				
Item	Sim	Não	Quantidade	Providência
Há manchas verdes na superfície?				
Há manchas escuras na superfície?				
Há manchas de óleo na superfície?				
Há plantas na água?				
Há erosão dos taludes (beiradas da lagoa)?				
Há infiltração visível?				
Há presença de aves?				
Há presença de insetos?				
A lagoa está com odores?				

Observações entre a cor das lagoas e a característica de funcionamento	
COR DA LAGOA	INTERPRETAÇÃO
Verde escura e parcialmente transparente	<ul style="list-style-type: none"> • Pouca presença de outros microrganismos no efluente; • Altos valores de pH e OD (oxigênio dissolvido); • Lagoa em boas condições.
Verde amarelada ou excessivamente clara	<ul style="list-style-type: none"> • Crescimento de rotíferos, protozoários ou crustáceos, que se alimentam das algas podendo causar a sua destruição em poucos dias; • Caso a situação persista ocasionará diminuição do OD e eventual mau cheiro.
Acinzentada	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de matéria orgânica e ou tempo de detenção curto; • Fermentação da camada de lodo incompleta; • A alagoa deve ser posta fora de operação.
Verde leitosa	<ul style="list-style-type: none"> • A lagoa está em processo de autofloculação, decorrente da elevação do pH e da temperatura; • Precipitação de hidróxido de magnésio e de cálcio, arrastando consigo algas e outros microrganismos.
Azul esverdeada	<ul style="list-style-type: none"> • Excessiva proliferação de cianobactérias; • A floração de certas espécies forma natas que se decompõe facilmente, provocando maus odores, reduzindo a penetração da luz solar e em consequência, diminuindo a produção de oxigênio.
Marron avermelhada	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga de matéria orgânica; • Presença de bactérias fotossintéticas oxidantes de sulfeto (não contribuem para a remoção de DBO).