



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO

PRÓ-RETORIA DE GRADUAÇÃO

CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

KERLIA ROBERTA DE AQUINO GAMA

IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS  
SANITÁRIOS GERADOS EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS FEDERAIS NO  
BRASIL

PAU DOS FERROS -RN

2019

KERLIA ROBERTA DE AQUINO GAMA

IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS  
SANITÁRIOS GERADOS EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS FEDERAIS NO  
BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada  
à Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
– UFRSA, Centro Multidisciplinar de Pau  
dos Ferros como requisito para obtenção do  
título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Me. Gabriela  
Valones Rodrigues de Araújo

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringida que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

G184i Gama, Kerlia Roberta de Aquino.

Identificação dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários gerados em universidades públicas federais no Brasil / Kerlia Roberta de Aquino Gama. - 2019.  
75 f. : il.

Orientadora: Gabriela Valones Rodrigues de Araújo.

Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de , 2019.

1. Responsabilidade ambiental. 2. Efluentes domésticos. 3. Universidades Brasileiras. I. Araújo, Gabriela Valones Rodrigues de , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

KERLIA ROBERTA DE AQUINO GAMA

**IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS  
SANITÁRIOS GERADOS EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS FEDERAIS  
NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Federal  
Rural do Semi-Árido como requisito  
para obtenção do título de Bacharela em  
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Defendida em: 06 / 08 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

Gabriela Valones Rodrigues de Araújo  
Gabriela Valones Rodrigues de Araújo, Profª. Me. (UFERSA)  
Presidente

Cláudia Alves de Sousa Muniz  
Cláudia Alves de Sousa Muniz, Profª. Drª. (UFERSA)  
1º Membro Examinador

Rodrigo Cândido Passos da Silva  
Rodrigo Cândido Passos da Silva, Me. (UFPE)  
2º Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pela força a mim concedida, com o propósito de vencer os obstáculos que surgiram durante a caminhada, pela presença tão forte em meus dias, pela saúde e pela coragem.

Agradeço a minha família pelo elo tão singelo e encorajador que tiveram para com a minha pessoa, pelos incontáveis conselhos e estímulos para que jamais fraquejasse. Sou grata por todos os esforços que realizaram por mim, sem ao menos pensar duas vezes, por mover montanhas para que meus sonhos fossem concretizados. Sem vocês nada disso seria possível, uma vez que foram vocês que me serviram de gás, em momentos que a força estava por esgotar. Dedico essa vitória a vocês, meus pais, Maria de Fátima e Luís Gama, e meus irmão, Erislandia, Marcos e Klebson.

Aos meus da universidade, por tornarem os dias mais fáceis, repleto de alegrias e companheirismo, agradeço a Sara Moraes, Lizandra Meire, Kaliane Silva, Fernanda Melquiades e Joyce Teodoro.

Por fim, agradeço a minha professora e orientadora, Gabriela Valones, pelas incontáveis palavras amiga, pela confiança depositada na realização do trabalho e por suas inúmeras contribuições para o meu futuro acadêmico. Sou grata pela amizade e pelos ensinamentos, principalmente de vida.

## RESUMO

O lançamento de esgoto, sem tratamento prévio, nos compartimentos do meio constitui uma das fontes de maior degradação do ambiente, tal prática compromete o meio físico, biótico e a saúde de todos que convivem nas proximidades dos despejos. As universidades como formadoras de opinião e construtoras de cenários propícios para o desenvolvimento econômico, social, cultural e também sustentável, estão inseridas nos grupos detentores da responsabilidade de lidar com seus efluentes, e é por esse motivo que o devido trabalho tem como foco a identificação e quantificação das instituições nacionais de ensino superior que tratam e dispõe de forma correta os seus esgotos. A pesquisa foi realizada por meio do encaminhamento de questionário aos e-mails dos docentes das respectivas universidades, que possuíam experiência com a temática abordada. No tocante, 35 instituições não possuem estação de tratamento própria, sendo que 10 delas são atendidas pela rede pública de esgoto, 7 utilizam-se de soluções individuais para o tratamento e 1 instituição faz uso da rede pública para uma parte de campus e solução individual para outra, o restante das que afirmaram não possui tratamento próprio, não disponibilizaram informações quanto a destinação dos efluentes. 13 das universidades estudadas apresentam estação de tratamento própria, adotando técnicas que contemplam lodos ativados, reator anaeróbio de fluxo ascendente, valo de oxidação, lagoas de estabilização e afins. Para as unidades que estão em fase de implementação de um sistema foram contabilizados um total de 3 instituições. 10 universidades não aderiram a pesquisa.

**Palavras-chave:** Responsabilidade ambiental; Efluentes domésticos; Universidades brasileiras.

## ABSTRACT

The discharge of sewage, without previous maturity, in the middle compartments is one of the sources of greatest environmental degradation, such practice compromises the physical, biotic environment and the health of all who live near the evictions. Universities as opinion makers and scenario builders conducive to economic development, social, cultural and also sustainable are included in the groups with responsibility for their effluents, and that's why the proper work focuses on identifying and quantification of higher education institutions dealing with and dispose of your sewage correctly. The research was conducted by sending a questionnaire to the e-mails of the professors of the respective universities, who had experience with the theme addressed. In this respect, 35 institutions do not have their own treatment station, 10 of them are served by the public sewage system, 7 use individual solutions for treatment and 1 institution makes use of the public network for one part of campus and individual solution for another, the rest of those who said they have no treatment of their own, did not provide information on the disposal of effluents. 13 of the universities studied have their own treatment plant, adopting techniques that contemplate activated sludge, anaerobic upflow reactor, oxidation valley, stabilization ponds and the like. For units that are in the process of implementing a system, a total of 3 institutions were accounted for. 10 universities did not join the survey.

**Keywords:** Environmental responsibility; Domestic effluents; Brazilian universities.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Zonas de autodepuração.....                                           | 18 |
| Figura 2: Importância de se tratar os esgotos .....                             | 22 |
| Figura 3: Características dos esgotos sanitários .....                          | 23 |
| Figura 4: Configuração do tratamento preliminar .....                           | 25 |
| Figura 5: Grade fina, limpeza mecanizada e grade grossa, limpeza manual.....    | 26 |
| Figura 6: Caixa de areia, limpeza manual e desarenador, limpeza mecanizada..... | 26 |
| Figura 7: Calha Parshall .....                                                  | 27 |
| Figura 8: Decantador e decantador mecanizado.....                               | 28 |
| Figura 9: Crescimento dos microrganismos .....                                  | 29 |
| Figura 10: ETE Ucubamba, Cuenca, Equador .....                                  | 29 |
| Figura 11: Decantador secundário.....                                           | 30 |
| Figura 12: Digestão anaeróbica .....                                            | 34 |
| Figura 13: Reator UASB .....                                                    | 35 |
| Figura 14: Unidades de estudo alocadas no Brasil .....                          | 40 |
| Figura 15: Localização geográfica das universidades do Nordeste.....            | 43 |
| Figura 16: Localização geográfica das universidades do Centro Oeste .....       | 44 |
| Figura 17: Localização geográfica das universidades do Norte .....              | 45 |
| Figura 18: Localização geográfica das universidades do Sudeste.....             | 47 |
| Figura 19: Localização geográfica das universidades do Sul.....                 | 48 |
| Figura 20: Padrões de lançamentos para efluentes líquidos domésticos, RS .....  | 63 |



## LISTA DE TABELAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Instrumentos de obtenção dos dados .....                      | 39 |
| Tabela 2: Universidades da região Nordeste .....                        | 41 |
| Tabela 3: Universidades da região Centro Oeste.....                     | 43 |
| Tabela 4: Universidades da região Norte .....                           | 44 |
| Tabela 5: Universidades da região Sudeste .....                         | 46 |
| Tabela 6: Universidades da região Sul .....                             | 47 |
| Tabela 7: Universidades do Nordeste e respectivos tratamentos .....     | 49 |
| Tabela 8: Técnicas de tratamento em esgotos sanitários .....            | 52 |
| Tabela 9: Universidades do Centro Oeste e respectivos tratamentos ..... | 53 |
| Tabela 10: Universidades do Norte e respectivos tratamentos.....        | 55 |
| Tabela 11: Universidades do Sudeste e respectivos tratamentos .....     | 57 |
| Tabela 12: Universidades do Sul e respectivos tratamentos.....          | 61 |
| Tabela 13: Concentração final dos efluentes tratados .....              | 64 |

**LISTA DE SIGLAS**

|         |                                                           |
|---------|-----------------------------------------------------------|
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                  |
| CONAMA  | Conselho Nacional do Meio Ambiente                        |
| CONSEMA | Conselho Estadual do Meio Ambiente                        |
| DBO     | Demanda Bioquímica de Oxigênio                            |
| DQO     | Demanda Química de Oxigênio                               |
| ETE     | Estação de Tratamento de Esgoto                           |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística           |
| INEP    | Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas                 |
| MEC     | Ministério da Educação                                    |
| N       | Nitrogênio                                                |
| NBR     | Normas Brasileiras                                        |
| NTK     | Nitrogênio Total Kjeldahl                                 |
| OD      | Oxigênio Dissolvido                                       |
| P       | Fósforo                                                   |
| PH      | Potencial Hidrogeniônico                                  |
| PNRH    | Política Nacional de Recursos Hídricos                    |
| RAFA    | Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente                      |
| SS      | Sólidos Suspensos                                         |
| UASB    | Upflow Anaerobic Sludge Blanket                           |
| FURG    | Universidade Federal do Rio Grande                        |
| UFABC   | Universidade Federal do ABC                               |
| UFAC    | Universidade Federal do Acre                              |
| UFAL    | Universidade Federal de Alagoas                           |
| UFAM    | Universidade Federal do Amazonas                          |
| UFBA    | Universidade Federal da Bahia                             |
| UFC     | Universidade Federal do Ceará                             |
| UFCA    | Universidade Federal do Cariri                            |
| UFCG    | Universidade Federal de Campina Grande                    |
| UFCSPA  | Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre |
| UFERSA  | Universidade Federal Rural do Semi-Árido                  |
| UFES    | Universidade Federal do Espírito Santo                    |
| UFF     | Universidade Federal Fluminense                           |

|        |                                              |
|--------|----------------------------------------------|
| UFFS   | Universidade Federal da Fronteira Sul        |
| UFG    | Universidade Federal de Goiás                |
| UFGD   | Universidade Federal da Grande Dourados      |
| UFJF   | Universidade Federal de Juiz de Fora         |
| UFLA   | Universidade Federal de Lavras               |
| UFMA   | Universidade Federal do Maranhão             |
| UFMG   | Universidade Federal de Minas Gerais         |
| UFMS   | Universidade Federal de Mato Grosso do Sul   |
| UFMT   | Universidade Federal de Mato Grosso          |
| UFOB   | Universidade Federal do Oeste da Bahia       |
| UFOP   | Universidade Federal de Ouro Preto           |
| UFOPA  | Universidade Federal do Oeste do Pará        |
| UFPA   | Universidade Federal do Pará                 |
| UFPB   | Universidade Federal da Paraíba              |
| UFPE   | Universidade Federal de Pernambuco           |
| UFPEL  | Universidade Federal de Pelotas              |
| UFPI   | Universidade Federal do Piauí                |
| UFPR   | Universidade Federal do Paraná               |
| UFRA   | Universidade Federal Rural da Amazonas       |
| UFRB   | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia   |
| UFRGS  | Universidade Federal do Rio Grande do Sul    |
| UFRJ   | Universidade Federal do Rio de Janeiro       |
| UFRN   | Universidade Federal do Rio Grande do Norte  |
| UFRPE  | Universidade Federal Rural de Pernambuco     |
| UFRR   | Universidade Federal de Roraima              |
| UFRRJ  | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro |
| UFS    | Universidade Federal de Sergipe              |
| UFSB   | Universidade Federal do Sul da Bahia         |
| UFSC   | Universidade Federal de Santa Catarina       |
| UFSCAR | Universidade Federal de São Carlos           |
| UFSM   | Universidade Federal de Santa Maria          |
| UFT    | Universidade Federal de Tocantins            |
| UFTM   | Universidade Federal do Triângulo Mineiro    |
| UFU    | Universidade Federal de Uberlândia           |

|           |                                                                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
| UFV       | Universidade Federal de Viçosa                                        |
| UFVJM     | Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri              |
| UNB       | Universidade Federal de Brasília                                      |
| UNIFAL-MG | Universidade Federal de Alfenas                                       |
| UNIFAP    | Universidade Federal do Amapá                                         |
| UNIFEI    | Universidade Federal de Itajubá                                       |
| UNIFESP   | Universidade Federal de São Paulo                                     |
| UNIFESSPA | Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará                         |
| UNILA     | Universidade Federal da Integração Latino-Americana                   |
| UNILAB    | Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira |
| UNIPAMPA  | Universidade Federal do Pampa                                         |
| UNIR      | Universidade Federal de Rondônia                                      |
| UNIVASF   | Universidade Federal do Vale do São Francisco                         |

## SUMÁRIO

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....                                                          | 14 |
| 2. OBJETIVOS .....                                                          | 15 |
| 2.1. Geral .....                                                            | 15 |
| 2.2. Específicos.....                                                       | 15 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO.....                                                 | 16 |
| 3.1. Poluição ambiental .....                                               | 16 |
| 3.1.1. Autodepuração.....                                                   | 17 |
| 3.1.2. Eutrofização .....                                                   | 18 |
| 3.1.3. Assoreamento .....                                                   | 19 |
| 3.1.4. Legislação ambiental .....                                           | 20 |
| 3.2. Tratamento de esgotos .....                                            | 22 |
| 3.2.1. Estação de tratamento de esgoto.....                                 | 23 |
| 3.2.1.1. Tratamento preliminar .....                                        | 25 |
| 3.2.1.2. Tratamento primário .....                                          | 27 |
| 3.2.1.3. Tratamento secundário .....                                        | 28 |
| 3.2.1.4. Tratamento terciário .....                                         | 30 |
| 3.2.2. Tratamento biológico.....                                            | 31 |
| 3.2.2.1. Processos anaeróbios .....                                         | 32 |
| 3.2.2.1.1. Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo – UASB..... | 34 |
| 3.2.2.2. Processos aeróbios.....                                            | 36 |
| 3.2.2.2.1. Filtros biológicos .....                                         | 36 |
| 3.2.2.2.2. Lodos ativados.....                                              | 37 |
| 3.3. Responsabilidades ambientais das universidades públicas .....          | 37 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                  | 38 |
| 4.1. Classificação da pesquisa .....                                        | 38 |
| 4.2. Abrangência do estudo .....                                            | 38 |
| 4.3. Instrumentos de pesquisa.....                                          | 38 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                              | 40 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                               | 69 |
| REFERÊNCIAS .....                                                           | 70 |

## 1. INTRODUÇÃO

O esgoto doméstico compreende a todo despejo líquido proveniente da utilização da água, por meio da sociedade, para promoção de suas atividades higiênicas e necessidades fisiológicas (ABNT, 1986), dentro desse contexto tem-se que quanto mais se faz uso da água, sem racionamento, mais esgotos são gerados a todo tempo, e é essa questão que tem preocupado a comunidade científica: esgotos são lançados, sem nenhum tipo de tratamento, em compartimentos do ambiente, sejam eles um corpo hídrico ou até mesmo o solo, tornando cursos de água eutrofizados, bem como, os solos, contaminados.

De acordo com a Lei Federal Nº 11.445 que estabelece diretrizes para o saneamento básico, o esgotamento sanitário corresponde a todas as atividades de disponibilização e manutenção de infraestrutura que vise coletar, transportar, tratar e dispor adequadamente os esgotos sanitários desde as ligações residenciais até o lançamento final no meio.

No Brasil 53,36% da população é contemplada com rede de coleta de esgoto e, mesmo assim, cerca de 3,5 milhões de habitantes lançam seus esgotos de forma irregular. Dos 53,36% dos esgotos coletados 46% são tratados (TRATA BRASIL, 2019), isso reflete o déficit no que tange a disponibilização e acesso a esses serviços para a sociedade.

Nesse sentido, coletar e tratar os esgotos gerados diariamente é prevenir problemas de saúde e melhorar a qualidade de vida da população, isso porque as águas residuárias são fontes de patógenos e vetores de doenças infecciosas que na maioria das vezes acometem as comunidades desprovidas de saneamento, e em consequência, requer maiores investimentos dos cofres públicos para atender a demanda por serviços de saúde, além disso, considera-se um meio de buscar a sustentabilidade ambiental por meio da proteção das esferas água, solo e atmosfera.

O Brasil conta com 2.407 instituições de ensino superior, que realizam seus trabalhos durante os três turnos diariamente, onde 8.052.254 discentes circulam e usam de serviços e espaços ofertados por essas unidades (MEC/INEP, 2016). Universidades podem ser equiparadas com pequenos núcleos urbanos, que envolvem atividades de ensino, pesquisa, extensão e aspectos referentes à sua operação que geram efluentes pela utilização de água por meio de locais usados para alimentação, como lanchonete e restaurante universitário; para moradia, por meio da residência estudantil; para higiene e necessidades fisiológicas, como os banheiros; para as finalidades acadêmicas, através dos laboratórios específicos; do centro de conveniência, entre outras facilidades.

As universidades são instituições responsáveis pela formação de profissionais e,

consequentemente, por sua conduta como habitantes do mundo, que devem também estar conscientes, e preocupadas com as demandas ambientais. Quando as instituições universitárias principiam a adoção de medidas ambientais locais, ainda que isoladas, colaboram para o desenvolvimento sustentável. Como parte de tais práticas, a implantação de sistemas de tratamento de esgotos produzidos nos *campus* universitários é de extrema importância para minimizar os riscos que a ausência do tratamento dos efluentes sanitários causa à depreciação da qualidade das águas e aos danos à salubridade ambiental do meio.

Mediante a problemática dos impactos adversos causados ao meio físico e biótico pelo lançamento de esgotos *in natura* nos corpos receptores e a necessidade de um beneficiamento eficaz das águas residuárias geradas, universidades públicas brasileiras têm desenvolvido pesquisas e projetos para estruturação de sistemas de tratamento de efluentes próprios que foram identificados, compilados e analisados à luz da legislação pelo estudo em questão.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Identificar os sistemas de tratamento de esgotos sanitários gerados em universidades públicas federais no Brasil.

### 2.2. Específicos

- Verificar as universidades públicas federais das cinco regiões do Brasil que possuem ou não tratamento de esgotos sanitários em seus *campus*.
- Discorrer sobre as operações unitárias, níveis, processos, técnicas aplicadas e eficiência de remoção de carga orgânica dos efluentes nas universidades públicas federais do país que possuem sistema de tratamento de efluentes.
- Avaliar o atendimento aos padrões de lançamento de esgotos da legislação vigente pelos *campus* universitários públicos federais.
- Catalogar as universidades públicas federais brasileiras que realizam reuso interno do efluente sanitário tratado.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Poluição ambiental

Segundo a Lei Nº 6.938 que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (1981) art. 3º, III, a poluição diz respeito a qualquer modificação física, biológica ou química, resultante de atividades, que possam causar prejuízos a saúde, segurança e bem estar da população, além de afetar as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, que cause prejuízos a biota, e que desfavoreça as atividades sociais e econômicas.

Falar em poluição ambiental remete a era da revolução industrial, foi o período marco pelas diversas transformações ocorridas no campo produtivo, mudanças essas que calharam não somente nos processos de produção, mas também na forma de pensar e agir das pessoas da época. O pensamento voltado apenas para a produtividade afim de crescimento econômico acarretou uma série de consequências que impactou diretamente o meio ambiente e consequentemente a saúde da população, pode-se destacar eventos como a poluição do ar, poluição hídrica, do solo, bem como o vazamento de produtos químicos deletérios (POTT et al., 2017).

Dentre as esferas passíveis a poluição (ar, água e solo), enfatiza-se aqui a contaminação dos corpos hídricos. Temos que a água trata-se de um dos bens mais importantes para a existência da vida, já que é utilizada em diversos artifícios como abastecimento doméstico, irrigação, geração de energia, atividades de recreação, preservação da fauna e flora e até mesmo na diluição de despejos (FIORILLO, 2018).

A atuação do homem implica diretamente na qualidade da água, isto é, o uso e ocupação do solo pode interferir nas propriedades da mesma, o homem entra nesse processo de forma concentrada quando há a geração de despejos, que podem apresentar características não somente domésticas, mas também de caráter industrial, ou de forma dispersa utilizando defensivos agrícolas no solo, que infiltra na terra e atinge os lençóis freáticos, nesses procedimentos ocorre a introdução de composto nesse recurso (VON SPERLING, 2014).

O lançamento de resíduos ou efluentes sem o devido tratamento em um corpo hídrico acrescenta ao corpo receptor propriedades peculiares, que desencadeiam processos típicos como a eutrofização, prejuízos ao uso da água, desequilíbrio ecológico, assoreamento, que trazem em si problemas ambientais muitas vezes imensuráveis.



### 3.1.1. Autodepuração

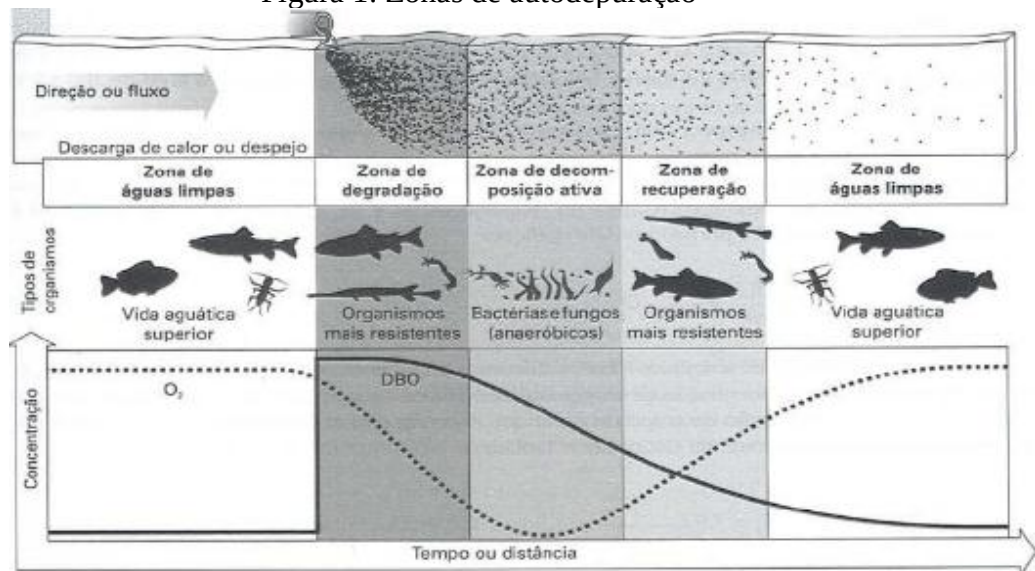
Compreender o processo de autodepuração dos corpos hídricos é de suma importância para adotar medidas e ações que busquem, através do monitoramento e da avaliação da qualidade da água, controlar os despejos de poluentes e assim manter o nível da qualidade da água aceitável, estimando o quanto de efluente um corpo hídrico é capaz de absorver sem que suas características naturais sejam alteradas, mediante os parâmetros estabelecidos na legislação (DE ANDRADE, 2018).

Segundo Von Sperling (2014, p.136) o processo de autodepuração pode ser compreendido como sendo o fenômeno a qual ocorre o reestabelecimento do meio aquático após o mesmo sofrer alterações devido ao lançamento de efluentes, isto é, quando ocorre a poluição por matéria orgânica, e assim, os compostos orgânicos são transformados em compostos estáveis, nesse ponto ocorre a estabilização da matéria orgânica, ou seja, compostos orgânicos convertidos em gás carbônico e água.

De acordo com Braga (2005, p.88) a autodepuração é realizada por meio de processos físicos, químicos e biológicos. A matéria orgânica biodegradável é decomposta por seres aeróbios que convertem os compostos orgânicos mais complexos (lipídeos, proteínas) em compostos mais simples (amônia, dióxido de carbono), e devido ao processo de respiração desses seres, durante a decomposição o oxigênio dissolvido na água sofre um decaimento, a autodepuração é completa quando o oxigênio consumido é repostado pelo processo de reaeração, sendo assim a autodepuração ocorre em duas etapas, a primeira correspondendo a fase de decomposição e a segunda diz respeito a fase de recuperação do oxigênio dissolvido. Os compostos inorgânicos e os orgânicos biorresistentes não sofrem influência do processo de autodepuração.

A autodepuração é dividida em quatro principais zonas, que são descritas na figura 01.

Figura 1: Zonas de autodepuração



Fonte: Braga et al., 2005

A zona de degradação corresponde ao local situado logo após o lançamento do efluente, possui uma alta concentração de matéria orgânica, a água desse ponto possui característica turva decorrente da presença de sólidos que quando se sedimentam ocasionam a formação de bancos de lodo, além disso é nessa etapa em que há a proliferação bacteriana, em sua maioria aeróbia, que degradará a matéria orgânica (BRAGA ET AL., 2005).

É na zona de decomposição ativa que os microrganismos desempenham suas funções de decomposição e influencia a organização do ecossistema, nessa fase a qualidade da água encontra-se em seu pior estado, caracterizada pelo desprendimento de gases, que liberam um mal odor (VON SPERLING, 2014).

A zona seguinte, denominada zona de recuperação é caracterizada pelo processo onde inicia-se a recuperação do meio, a água apresenta coloração mais clara e não ocorre mais o desprendimento de gases, logo em seguida, tem-se o início da zona de águas limpas, onde as águas retornam a seu estado quase que inicial, principalmente em relação ao oxigênio dissolvido e a matéria orgânica (BRAGA ET AL., 2005).

### 3.1.2. Eutrofização

Algumas atividades humanas pela qual o homem faz uso da terra, tem gerado mudanças significativas nos habitats, no equilíbrio, nos processos bioquímicos e até mesmo na diversidade da vida do planeta. Foi através do desmatamento, da aplicação de fertilizantes na terra, bem como descargas de resíduos humanos, que houve uma concentração de nutrientes,

especificamente nitrogênio e fósforo, nas águas superficiais de todo o mundo (CLOERN, 2001).

A eutrofização das águas teve início em 1950 quando houve um aumento significativo da população humana e do desenvolvimento socioeconômico, esse fato elevou a utilização de fertilizantes em seis vezes a mais do que era de costume no mundo inteiro, e por conseguinte teve-se o aumento de aproximadamente duas a quatro vezes nos fluxos de nitrogênio, além de uma elevação de três vezes nos fluxos de fósforo (DEXMIT, 2018).

O enriquecimento dos corpos d'água com nutrientes, é tido como um dos problemas globais mais crescente, o fosforo é a principal preocupação com relação a contaminação das águas doces, esse fenômeno é responsável por causar impactos que comprometem a qualidade da água, visto que é o estopim para a proliferação de algas nocivas (SINHA, 2017). A proliferação de algas nocivas pode provocar vários efeitos negativos ao meio como causar mudanças de espécies que implicará na alteração de teias alimentares, perda de oxigênio, produção de cianotoxinas que causam danos aos peixes, aos animais selvagens e de estimação, bem como ao ser humano (MORELLI, 2018).

### 3.1.3. Assoreamento

A qualidade dos recursos hídricos vem sendo alterada em diferentes proporções ocasionada pela diversidade dos usos da água pelo homem, gerando assim uma intensa degradação ambiental, além de uma significativa diminuição na disponibilidade de água propícia ao consumo humano, assim sendo, destaca-se outro fator de extrema importância oriundo de atividades humanas e até mesmo de forma natural, que diz respeito ao assoreamento dos corpos hídricos, provocado muitas vezes pela utilização inapropriada dos espaços à margem dos rios, lagos e lagoas, esse processo é também responsável pela contaminação das águas superficiais (SILVA, 2004).

A erosão do solo ocorre com o desprendimento e conseqüentemente arraste das partículas do solo provocados pela ação dos ventos e das águas, esse regime é o principal responsável pelo empobrecimento da terra, que implica diretamente na vida do homem e dos animais, esse fato desencadeia o assoreamento dos leitos dos corpos aquosos, que corresponde ao acúmulo de uma quantidade considerável de sedimentos no fundo do corpo hídrico, sendo de caráter natural ou antrópico, causado pela retirada da mata ciliar gerando a movimentação da massa em direção ao rio ou lago (FILHO, 2014).

De modo geral, o assoreamento consiste na concentração de materiais inorgânicos, como areia e argila, ou orgânicos, como o lodo, no fundo de corpos hídricos, que resulta na

atenuação de seu volume útil (BRASIL, 2006).

#### 3.1.4. Legislação ambiental

Mediante Borges (2009, p. 449) a legislação voltada às questões ambientais surgiu com o intuito de regularizar a apropriação dos recursos naturais: a água, o solo, o ar, os animais, as florestas. Ela foi definida porque houve a conscientização de que os recursos, que até então eram considerados ilimitados, estavam ficando cada vez mais escassos, devido não somente a redução da quantidade, mas também atrelado a deterioração da sua qualidade.

A relação existente entre homem e a utilização da água alcança patamares que compreendem as esferas sociais, econômicas, culturais e religiosas, visto que o acesso a esse recurso trata-se de uma condição crucial à sobrevivência do ser humano, e assim sendo, ao passo em que as organizações sociais se modificavam, houve a necessidade de estabelecer regras afim de controlar a utilização desse bem (GRANZIERA, 2000).

Para compreender o histórico evolutivo da legislação aplicável ao uso das águas se faz necessário realizar uma retrospectiva que teve seu início no ano de 1797, com a elaboração da carta Régia. Esse documento decretava a necessidade de proteção das encostas, rios e nascentes, que depois disso passaria a ser de propriedade da coroa da época (FRANÇA, 2017).

Seguindo a linha histórica tem-se em 1934 a publicação de uma das primeiras políticas aplicadas no Brasil com o propósito de assegurar o uso das águas, ela é executada pelo decreto 24.643/1934, e é conhecido como Código das águas, que busca regulamentar as condições de utilização e devido tratamento, além de controlar e incentivar o reaproveitamento industrial das águas (MARUJO et al., 2015).

No ano de 1997 foi estabelecida a Política Nacional de Recursos Hídricos que dentre seus principais objetivos buscava assegurar a disponibilidade da água para uso das futuras gerações, incentivando a racionalização, visto que trata a água como um bem de domínio público, porém tem-se como sendo um recurso limitado, mas que é dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Em 1998 foi publicada a lei de número 9.605, intitulada como a Lei de crimes ambientais, que tem por objetivo validar penalidades administrativas e solidificar a responsabilidade causada pelo dano ambiental, que já si dispunha no art.225 da constituição federal, isto é, aprimorou a antiga legislação que era deficitária quanto a penalidades de indivíduos que faziam uso dos recursos naturais de forma inapropriada. A Lei conta com a reunião de várias determinações que anteriormente eram previstas em uma legislação de difícil

aplicação, bem como determina o comprometimento penal da pessoa jurídica (BRITO, 2004).

Visto isso, temos que o crime ambiental pode ser compreendido como qualquer prejuízo ou dano promovido aos elementos do meio ambiente que se encontram protegidos pela legislação (BORGES, 2009).

Um dos instrumentos de maior destaque da PNRH está associado com o enquadramento dos corpos hídricos com base em classes, que se diferenciam quanto ao uso dos recursos hídricos, isto é, estabelece metas quanto à qualidade da água, a ser alcançada ou mantida. Esse enquadramento busca assegurar a qualidade às águas dependendo especificamente do seu devido uso, bem como vem estabelecer condições e padrões de lançamentos de efluentes, essas especificações estão dispostas na CONAMA 357 elaborada no ano de 2005, considerada um marco importante na preservação dos corpos aquosos (BRASIL, 2005)

Ultimamente temos um cenário de deterioração acentuada dos corpos d'água, sejam rios, lagos, lagoas, sejam na zona urbana ou rural, esse fato está intimamente associado com a insuficiência de ações para gerir os recursos hídricos, em resultado a esse cenário de pouca preocupação com a integridade do meio ambiente temos bacias hidrográficas cada vez mais poluídas, na maior parte decorrente do lançamento de cargas de contaminantes, provenientes de esgotos domésticos, urbanos, além de efluentes industriais e agropecuários (JÚNIOR, 2015).

Nesse contexto, em 2007, é publicada a Lei do saneamento básico que estabelece diretrizes para o saneamento, trata-se de um direito assegurado constitucionalmente e que está disposto na Lei de nº. 11.445/2007, definido como sendo o conjunto que envolve infraestrutura, serviços e instalações destinadas ao abastecimento de água, drenagem urbana, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais. O panorama nacional do Brasil encontra-se distante da universalização dos serviços de saneamento, apesar de ser um ponto abordado na lei, principalmente quando diz respeito à coleta e tratamento de esgotos. (FERREIRA et al., 2017).

Vinculado a essa problemática e os possíveis impactos causados ao meio, pelo lançamento de efluentes in natura, que em 2011 publicou-se a resolução CONAMA 430 como complemento e possível alteração da CONAMA 357, afim de disponibilizar as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2011).

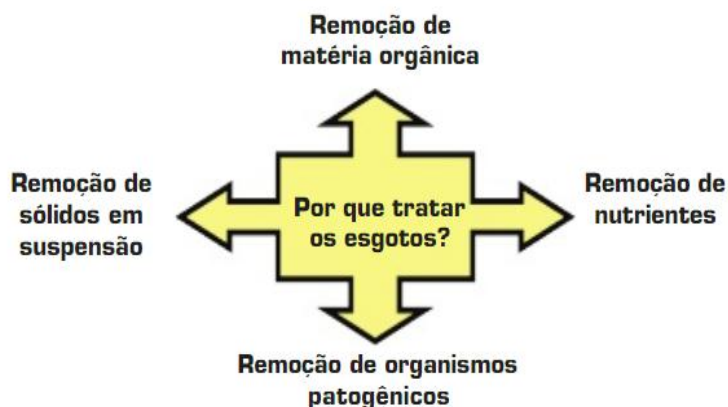
Sendo assim, pensar e avaliar todos os setores atingidos negativamente quando há o lançamento de esgotos sem um nenhum beneficiamento prévio, nos leva a um ponto chave na preservação da qualidade das nossas reservas de água: O tratamento de esgotos, que implica diretamente na reparação estética do meio ambiente, além do restabelecimento de direitos básicos, como saúde.

### 3.2. Tratamento de esgotos

O saneamento básico, dentro dos serviços públicos, é considerado como um dos fatores mais importantes, tendo em vista sua estreita relação com a qualidade de vida humana, dado que a ingestão de água contaminada afeta diretamente o organismo dos seres vivos, visto isso a poluição desenfreada dos corpos hídricos por excrementos humanos ou industriais tem se tornado uma das maiores preocupações das saúdes públicas (GUERCIO et al., 2017).

Tratar os esgotos sanitários e industrial constitui uma das práticas mais importantes do ponto de vista social, ambiental e econômico, pois associado a ela temos benefícios que compreendem desde a melhoria sanitária do local, conservação dos recursos naturais, redução de doenças de veiculação hídrica, redução de recursos aplicados no tratamento de doenças, até a diminuição nos custos do tratamento da água para abastecimento e consumo humano (ReCESA, 2008).

Figura 2: Importância de se tratar os esgotos



Fonte: ReCESA, 2008

Segundo pesquisas do Instituto Trata Brasil (2018) tem-se que um pouco mais de 50% da população possui acesso a redes de coleta de esgotos, sendo que cerca de 3,5 milhões de brasileiros despejam seus rejeitos irregularmente, mesmo possuindo rede coletora e 100 milhões de pessoas ainda estão desprovidos desse sistema. Quanto ao tratamento, apenas 44,2% dos esgotos são tratados, sendo que nem sempre o beneficiamento é procedido de forma correta.

De acordo com Sperling (2014) o esgoto sanitário é formado por águas de diferentes procedências, assim sendo, temos os esgotos domésticos que são oriundos das residências e do comércio; as águas de infiltrações que chegam até a rede coletora devido a defeitos nas tubulações ou paredes de poços; além dos despejos industriais que são os efluentes gerados

pelas indústrias que por apresentarem características favoráveis podem ser coletados pela rede.

Ainda segundo Sperling (2014) o esgoto sanitário é composto por 99% de água, os 0.1% restantes é a fração que compõe a inclusão de sólidos orgânicos e inorgânicos, sólidos em suspensão e dissolvidos, além dos microrganismos.

Os esgotos domésticos detêm de características físicas, químicas e biológicas que dependem dos usos a qual a água foi submetido, e que de acordo com o clima, posicionamento e hábitos populacionais, pode variar, assim são:

Figura 3: Características dos esgotos sanitários

| FÍSICAS                                                                                                                                 | QUÍMICAS                                                                                                                             | BIOLÓGICAS                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>•Matéria sólida</li> <li>•Temperatura</li> <li>•Odor</li> <li>•Cor</li> <li>•Turbidez</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Matéria orgânica (proteínas, carboidratos, lipídeos)</li> <li>•Matéria inorgânica</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, vírus e algas)</li> <li>•Indicadores de poluição (Coliformes)</li> </ul> |

Fonte: Adaptado de Brasil, 2006

Dentre os principais microrganismos encontrados nas águas residuárias pode-se destacar os fungos, as bactérias, os protozoários, os vírus, algas e patógenos como indicadores de poluição, sendo os coliformes a característica primordial para esse último. Tais organismos juntamente com outros fatores constituem um dos pontos decisivos para a necessidade e importância do tratamento de águas residuárias.

### 3.2.1. Estação de tratamento de esgoto

A construção de estações de tratamento de esgotos teve origem em meados do final do século XIX e início do século XX, mais especificamente no Reino Unido e nos Estados Unidos, além disso, surge nessa época a projeção de novos sistemas de coleta de esgotos, onde era possível haver uma segregação entre as águas das chuvas e as águas de esgotos domésticos (NATHANSON; AMBULKAR, 2018).

Nessa configuração as águas residuárias provenientes de esgotos domésticos ou industriais seriam tratadas antes de serem dispostas em um corpo receptor, seja ele rio, lago, lagoa ou o solo, através de um sistema composto por instalações onde os efluentes são tratados, por meio da combinação de processos químicos, físicos, biológicos e mecânicos, conhecido

como estação de tratamento de esgoto, onde os poluentes presentes na água são removidos. Algumas dessas águas apresentam vários tipos de poluentes, a qual deve ser elaborado estratégias e técnicas específicas para o beneficiamento (HREIZ et al., 2015).

As estações de tratamento de esgotos têm por finalidade diminuir ou extinguir a presença de poluentes que possam estar contidos nos esgotos, sendo eles matéria orgânica, nutrientes, patógenos e afins, que são responsáveis por contribuir com inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além de causar degradação ambiental, como a contaminação de corpos d'água (BARROS, 2017).

O tamanho, a capacidade e as tecnologias utilizadas são determinadas de acordo com as condições do local e caracterização do esgoto, como o volume estimado a ser gerado, bem como também os influxos antecipados e as taxas de infiltrações. Utilizar a tecnologia adequada influi diretamente na proteção à saúde da população tal como as fontes de água, além de evitar gastos desnecessários com reparos (MASSOUD et al., 2009).

O nível de remoção dos parâmetros no tratamento das águas residuárias variam também de acordo com as características ambientais locais, além dos padrões governamentais estabelecidos. Os padrões pertinentes correspondem aos padrões de fluxo, isto é, aqueles que são estimados com o propósito de evitar a degradação da água já existente, limitando o volume de poluentes permitidos em lagos e córregos (OD, Coliformes, turbidez), e os padrões de efluentes que correspondem à qualidade da água que venha a ser tratada em uma ETE e posteriormente descartada (DBO, SS, Coliformes) (NATHANSON et al., 2018).

Os efluentes resultante desse processo são comumente reutilizados para atividade de irrigação, em represas de recreação e até mesmo na reconstrução de áreas úmidas em regiões de climas secos de todo o mundo (MA et al., 2016).

Um fato também importante e que está ligado a operacionalização do equipamento no procedimento da transformação do efluente diz respeito às emissões atmosféricas, que envolve a liberação de gases e odores, considerados como combustíveis e que possivelmente são utilizados como fonte energética, muitas vezes sendo empregados no abastecimento dos motores a base de gás e diesel para energia da usina, ou até mesmo na queima de pequenas caldeiras estacionárias (VARELLO, 2014).

Os níveis de tratamentos estão compreendidos entre: preliminar, primário, secundário e terciário.



### 3.2.1.1. Tratamento preliminar

Na fase preliminar objetiva-se a remoção de todo o material grosseiro, gordura e areia, por meio de mecanismos predominantemente físicos como triagem, remoção de areia, sedimentação, que são alocados sempre na etapa inicial de todos os processos de tratamento, além de conter uma unidade para a medição da vazão. Deve estar presente em todas as configurações de ETEs. São retirados nessa fase os materiais que apresentam maiores dimensões, materiais flutuantes como madeira, trapos e areia, porém é um procedimento que por se só não atende aos padrões de lançamento usual (NATHANSON et al., 2018).

Figura 4: Configuração do tratamento preliminar



Fonte: Dielle, 2014

- Gradeamento

São formados por barras, geralmente de ferro ou aço, posicionadas paralelamente umas às outras e transversalmente ao canal a qual chegam os efluentes na ETE. É necessário que esse dispositivo seja capaz de permitir o escoamento dos esgotos sem que haja perdas de cargas consideráveis (PIVELI, 2006).

As grades podem ser classificadas de acordo com os espaçamentos entre as estruturas, como grades grossas, 40 a 100 mm, grades médias, 20 a 40 mm, e grades finas com distanciamento de 10 a 20 mm. E podem ser de limpeza manual ou mecanizada (BRASIL, 2011).

Figura 5: Grade fina, limpeza mecanizada e grade grossa, limpeza manual



Fonte: ReCESA, 2008

- Desarenador ou caixa de areia

Nesses dispositivos a areia é removida do efluente por meio do processo de sedimentação, que diferem quanto a forma manual ou mecanizada, mas que apresentam os mesmos objetivos, evitar que haja desgastes dos equipamentos e tubulações, facilitar o transporte do líquido e evitar o assoreamento da unidade subsequente, implicando na redução de sua vida útil. Possuem configurações retangulares ou circulares (MENEZES; NETO E SILVANO, 2006).

Figura 6: Caixa de areia, limpeza manual e desarenador, limpeza mecanizada



Fonte: ReCESA, 2008

- Medidor de vazão ou Calha Parshall

A Calha Parshall é adotada como um medidor de vazão, que apresenta dimensões já padronizadas, e por meio da medição do nível do líquido, estima-se a vazão correspondente através de uma curva chave (NETO, 2015).

Figura 7: Calha Parshall



Fonte: Porto; Filho e Silva, 2001

### 3.2.1.2. Tratamento primário

Etapa do processo a qual se objetiva remover ou reduzir os sólidos sedimentáveis e em consequência pode haver a degradação da matéria orgânica suspensa no meio, através da decomposição anaeróbia, que contribui para melhor eficiência no tratamento secundário. Geralmente são processos físico-químico, realizados em estruturas de alvenaria e que necessitam por isso, de um tempo de detenção hidráulica maior quando comparados aos equipamentos com precipitantes químicos. (CHERNICHARO et al., 2006).

Estima-se que são eliminados cerca de 60 a 70% de sólidos em suspensão (SS), 20 a 45% de DBO e 30 a 40% de coliformes quando empregado tratamento preliminar e primário (TELLES & COSTA, 2007).

- Decantador Primário

Logo após o tratamento preliminar, os esgotos ainda apresentam uma parcela de sólidos suspensos não grosseiros, que são removidos parcialmente em unidades de sedimentação, que podem ser tanques sedimentadores ou decantadores (RECESA, 2008).

Os processos de sedimentação correspondem a uma etapa de clarificação cuja aplicação deve está em conformidade com as características de cada efluente. Os decantadores variam de formas e configurações, sejam elas construtivas e/ou de remoção do lodo, podendo ser manual ou mecanizada. Possuem formatos retangulares ou circulares, a qual a limpeza procede-se por meio de pressão hidrostática ou por raspagem (SALEH, [200-]).

No decantador os esgotos perpassam lentamente para que os sólidos suspensos possam sedimentar-se no fundo do tanque, e quando decantada, essa massa, denomina-se lodo primário

bruto. A forma de remoção do lodo é realizada de acordo com as dimensões do decantador, por meio de uma tubulação única e com raspadores mecânicos, para dimensões pequenas e grandes, respectivamente (SCHLUSAZ, 2014).

Figura 8: Decantador e decantador mecanizado



Fonte: Menezes; Neto e Silvano, 2006

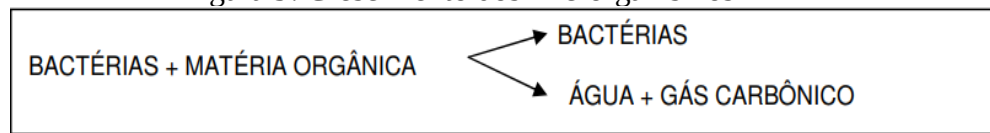
Em casos de decantadores a qual há a produção de lodo orgânico é importante que a massa seja removida em um curto espaço de tempo, para evitar que os microrganismos anaeróbios iniciem o processo de decomposição da matéria orgânica e provoque o processo de flotação dos aglomerados de lodos, decorrentes da produção de gás metano e carbônico (SALEH, 200-).

#### 3.2.1.3. Tratamento secundário

No nível secundário o tratamento do esgoto é realizado predominantemente por mecanismos biológicos, que tem por finalidade a remoção de matéria orgânica dissolvida e em suspensão por meio reações bioquímicas realizadas por microrganismos e como consequência elimina parte dos nutrientes, especialmente o nitrogênio (N) e o Fósforo (P). Trata-se do método mais utilizado nos sistemas convencionais, onde pode se encontrar incontáveis vias de tratamento nesse nível como as lagoas de estabilização, decantador secundário, reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/UASB), lodos ativados, Wetlands (CORNELLI et al., 2014).

O princípio de funcionalidade desse tratamento está no contato estável entre os microrganismos com a massa orgânica característica dos esgotos, uma vez que esse contato favorecerá o uso desse material como alimento para os organismos, que resulta na conversão da matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular (SAMAE, 2013)

Figura 9: Crescimento dos microrganismos



Fonte: SAMAE, 2013

- Lagoas de estabilização e variantes

As lagoas de estabilização e suas variantes são bacias de porte grande e profundidade rasa a qual o efluente é tratado por meio de processos naturais, comumente realizado por organismos como algas e bactérias. Dentre as suas configurações tem-se as lagoas facultativas, anaeróbias, aeróbias ou de maturação (RECESA, 2008).

Nesses ambientes, devido a disponibilidade de nutrientes e da radiação solar, a atividade fotossintética das algas é estimulada, e conseqüentemente o oxigênio requerido pelos microrganismos aeróbios, é produzido. Tais organismos são responsáveis por decompor a matéria orgânica solúvel e finamente particulada. Enquanto que a matéria sedimentada é estabilizada anaerobicamente no fundo da unidade (SPERLING, 2014).

Esses sistemas quando organizados em séries, ou utilizados como pós tratamento de outras vias, possuem vantagens consideráveis, principalmente no que tange a eficiência de redução e remoção de cargas poluentes. Tem sua operacionalidade de forma simples, porém jamais pode ser negligenciada, uma vez que são dispositivos com rotinas e procedimentos que devem ser seguidos diariamente, o que assegura a proteção ambiental e a eficiência do tratamento (SALEH, 200-).

Figura 10: ETE Ucubamba, Cuenca, Equador (2 lagoas aeradas, duas lagoas facultativas e duas lagoas de maturação)



Fonte: ETAPA EP (2019)



- Decantador Secundário

Nessa etapa do sistema haverá a separação da massa de microrganismos formada nas etapas anteriores, do esgoto já beneficiado. O dispositivo realiza a separação por gravidade, a qual uma parte deste lodo voltará aos reatores biológicos, com o intuito de controlar e assegurar o equilíbrio do processo de tratamento (SPERLING, 2014).

Figura 11: Decantador secundário



Fonte: SESAMM, 2019

#### 3.2.1.4. Tratamento terciário

Nesse processo a maior finalidade é a eliminação de poluentes específicos como compostos não biodegradáveis, bem como também compostos tóxicos, além de nutrientes, principalmente o Fósforo e Nitrogênio. É considerado como uma etapa adicional pois visa também a remoção complementar dos poluentes não eliminados no nível secundário. Os mecanismos comumente utilizados são baseados em processos físico-químicos como a desinfecção, dentre outras variações (CORNELLI et al., 2014).

Desinfectar os esgotos não é necessariamente eliminar em sua totalidade os microrganismos presentes, uma vez que, nessa etapa são desenvolvidas técnicas a qual se objetiva a inativação seletiva de algumas das espécies dos organismos, principalmente aquelas, com potencial ameaça à saúde pública (SPERLING, 2014).

- Desinfecção com cloro

A adição de cloro ou cloração, compreende a tecnologia mais utilizada em processos de desinfecção de esgotos sanitários (BITTON, 2011). O princípio da desinfecção por cloro baseia-se na oxidação do material celular dos microrganismos, bem como na inibição enzimática e danificação do material genético (SPERLING, 2014).

Em decorrência do alto grau de oxidação, o cloro reage com diversos compostos, principalmente os orgânicos, e em consequência a esse cenário pode provocar a formação de subprodutos como trihalometanos, ácidos halocéticos e outros, que além de serem considerados compostos cancerígenos, afetam o sistema nervoso central, os rins, bem como também o fígado (SEDLAK; VON GUNTEN, 2011).

De acordo com Sperling (2014) a desinfecção ainda pode causar toxicidade à biota aquática devido ao cloro residual. Ainda segundo ele essa problemática, compreendida como uma das desvantagens do processo, pode ser revertida por meio do processo de descloração, realizada antes do lançamento do efluente tratado no corpo receptor, geralmente é feita com a adição de dióxido de enxofre.

- Desinfecção por ultravioleta

Esse processo de tratamento se assemelha ao de cloração, uma vez que os microrganismos são inativados, em consequência da penetração da radiação ultravioleta nas paredes celulares, que são absorvidas em maiores quantidades pelos ácidos nucleicos, e em menores quantidades pelas proteínas e outras moléculas inerentes biologicamente (OLIVEIRA, 2003).

A eficiência de remoção desse sistema correlaciona-se principalmente com as características do efluente, como a turbidez, concentração de sólidos dissolvidos e partículas, bem como de coloide, além da intensidade luminosa do feixe que é incidida sobre a superfície do efluente a ser tratado (SPERLING, 2014).

### 3.2.2. Tratamento biológico

O tratamento biológico é desenvolvido por meio da ação dos organismos presentes nos esgotos sanitários, onde todos os processos intrínsecos à respiração e à alimentação desses seres, procedem-se, predominantemente, de forma que haja a transformação de compostos mais complexos em componentes mais simples (SAMA E, 2013).

Consiste na forma mais eficiente de eliminação da matéria orgânica contida nas águas residuárias, uma vez que o esgoto é composto por uma variedade de bactérias, archaea, fungos e protozoários, que compõe as culturas microbianas responsáveis por processar e degradar os poluentes orgânicos do meio. Tais culturas são influenciadas diretamente pela temperatura, pH, disponibilidade de oxigênio e nutrientes, insolação, dentre outros fatores (EDDY & METCALF, 2015). Esse processo é caracterizado por ser o mais econômico quando comparado

às outras técnicas físico-químicas, que pode proceder de forma aeróbia ou anaeróbia (SPERLING, 2014).

#### 3.2.2.1. Processos anaeróbios

Os processos anaeróbios são realizados por um grupo de microrganismos que trabalham na ausência de oxigênio molecular. De modo geral é descrito como um procedimento natural a qual há a conversão, por parte das bactérias anaeróbicas, da matéria orgânica à metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (SANTOS, 2018). Em território nacional os sistemas anaeróbios são comumente utilizados no tratamento de efluentes domésticos em decorrência das condições climáticas da região, tendo em vista que tais características, como climas tropicais e subtropicais, desencadeiam condições ótimas de temperatura que favorecem a digestão das bactérias nesses sistemas (CHERNICHARO, 2016).

Os microrganismos envolvidos nesse processo desenvolvem atividades metabólicas complexas, e é realizado simultaneamente por, no mínimo, três grupos de organismos; as bactérias acidogênicas, acetogênicas e as arqueas metanogênicas. O sistema de digestão tem início através da atividade das bactérias acidogênicas, que convertem os componentes orgânicos mais complexos em compostos mais simples, por meio da hidrólise e fermentação, enquanto que as bactérias acetogênicas transformam os componentes intermediários em acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. Já as arqueas metanogênicas convertem o acetato em biogás (CHERNICHARO, 2016).

- Hidrólise

Na hidrólise os compostos orgânicos mais complexos, isto é, de massa molecular alta (lipídeos, proteína e carboidratos) são degradados por meio de enzimas extracelulares, excretadas pelas bactérias hidrolíticas, e transformados em componentes orgânicos mais simples (açúcares, aminoácidos e ácidos graxos). A velocidade dessa etapa influi diretamente na velocidade da digestão anaeróbia, e depende exclusivamente das características e particularidades do material a ser degradado (KUNZ; AMARAL E STEINMETZ, 2019).

- Acidogênese

Uma vez que os compostos complexos foram transformados em componentes mais simples, as bactérias acidogênicas utilizam dos açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, formados na hidrólise, como substrato e os convertem à ácidos graxos de cadeia curta, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), gás hidrogênio, amônia e sulfato (METCALF E EDDY, 2003).

- Acetogênese

Essa fase do processo é realizada pelas bactérias acetogênicas que são responsáveis por oxidar



os compostos produzidos na acidogênese e converte-los em componentes intermediários, como o acetato, propionato e butirato, que são favoráveis para a formação de metanos (SANT'ANNA JR, 2013).

- Metanogênese

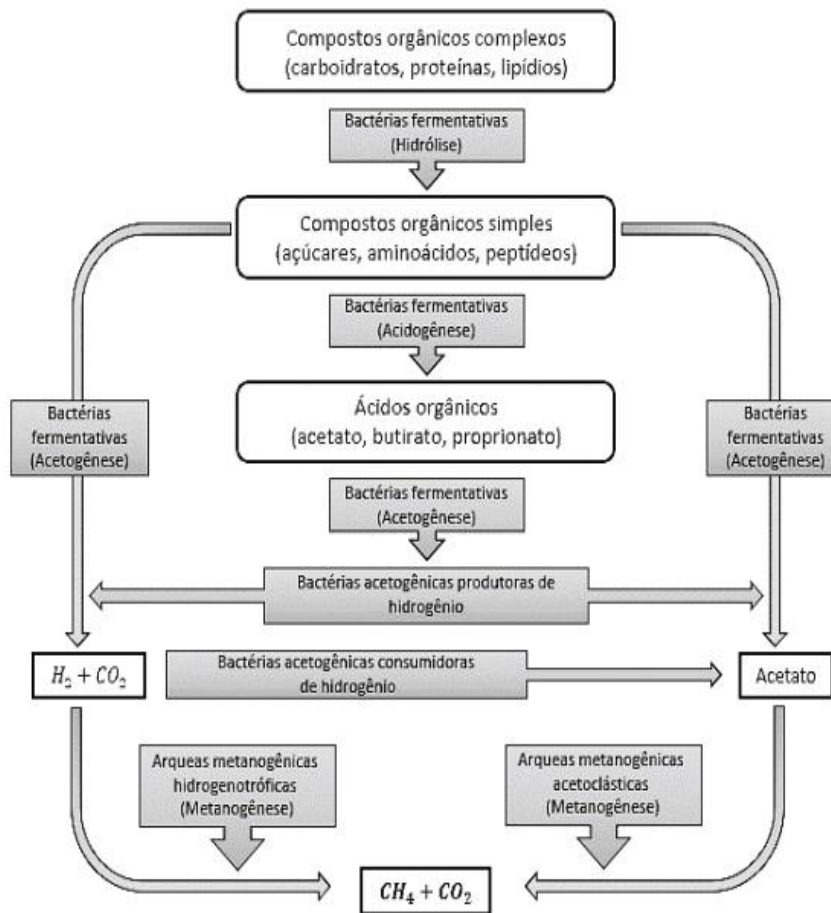
A metanogênese compreende a etapa final de todo o processo de digestão anaeróbica, onde as arqueas metanogênicas convertem os compostos formados na acetogênese em metano e dióxido de carbono. Esse processo é realizado por dois principais grupos de microrganismo: as arqueas metanogênicas acetoclásticas, que por meio do ácido acético formam metano e as arqueas hidrogenotróficas que fazem uso do dióxido de carbono como fonte de carbono e aceptor de elétrons, além do oxigênio como fonte de energia. Cerca de 60 a 70% de todo o metano produzido nesse processo é de responsabilidade do primeiro grupo de microrganismos (CHERNICHARO, 2016).

Além dessas etapas a digestão anaeróbia ainda pode contar com a fase de sulfetogênese, em decorrência da presença de compostos sulfurados na composição dos esgotos. Dessa forma, as bactérias conhecidas como sulforredutoras farão uso dos componentes sulfurados e oxidarão os compostos orgânicos, são formados nesse processo gases, principalmente o gás carbônico e gás sulfídrico, tendo como principais implicações a geração de odores, corrosividade e toxicidade ao meio (PROBIOGÁS, 2015).

O desempenho da digestão anaeróbica é influenciado diretamente por um conjunto de fatores ambientais; a temperatura caracterizada pela sua importância vital no processo, uma vez que influencia os sistemas biológicos de distintas formas, principalmente na alteração da velocidade das atividades metabólicas dos microrganismos. Os nutrientes os quais são essenciais para o desenvolvimento nutricional das bactérias e encontram-se na forma de micro e macronutrientes. O pH é de extrema valia dado que o grupo de bactérias metanogênicas são altamente sensíveis a esse parâmetro e desenvolvem-se em condições ótimas na faixa de 6,5 à 8,2 (CAMPOS, 2000).

Esse processo é simplificado na figura abaixo.

Figura 12: Digestão anaeróbica



Fonte: Chernicharo, 2016

### 3.2.2.1.1. Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo – UASB

De modo geral o UASB corresponde a um mecanismo de tratamento a qual há a decomposição da matéria orgânica dos esgotos sanitários através das atividades das bactérias anaeróbias presentes em um manto de lodo posicionado no fundo do reator, tem como princípio a remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos (SALEH, 200-). Essa unidade de tratamento foi elaborada na década de 70 na Holanda, por meio da Universidade de Agricultura locada na cidade de Wangningen (PEREIRA, 2008).

Foi somente na década de 80 que esse sistema se instalou no Brasil e passou a ser largamente utilizado como via de tratamento de esgotos sanitários, devido as ótimas condições climáticas do país para a atividade microbiológica, bem como o baixo custo de operação e manutenção, além da pouca demanda de área (SANEPAR, 2005).

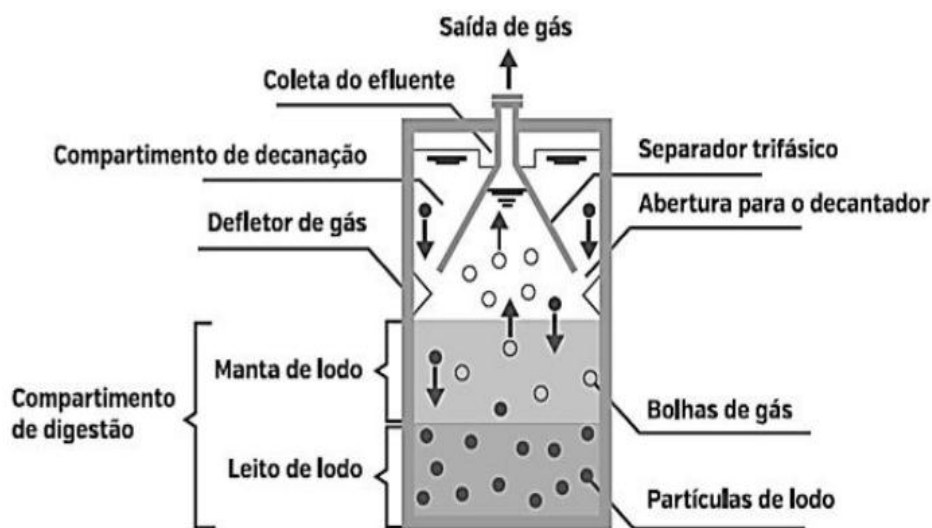
A biomassa presente nos reatores UASB cresce dispersa no sistema, sem a necessidade

de um meio de suporte, em consequência a esse crescimento formam-se pequenos grânulos, que corresponde a combinação das várias espécies microbianas, a qual servirá de suporte para outras bactérias. O efluente entra no reator pela parte inferior do sistema, caracterizado como de fluxo ascendente, e entrará em contato com a manta de lodo, nessa conjuntura haverá a adsorção de um número considerável da matéria orgânica pela biomassa (SPERLING, 2014).

Em decorrência das atividades metabólicas das bactérias anaeróbias são formados gases, metano e gás carbônico, a qual induz a flotação da biomassa, devido a isso os reatores UASB são dotados de uma estrutura conhecida como separador trifásico, localizado na parte superior do sistema, que impede a saída da biomassa com o efluentes, sendo responsável por separar e acumular os gases, bem como também separar e proporcionar o retorno dos sólidos (CHERNICHARO, 2016).

O biogás gerado nos reatores apresenta frações de 70 a 81% de metano, 10 a 25% de nitrogênio e 6 a 14% de gás carbônico. Em menores quantidades estão o hidrogênio com cerca de 0 a 3% e o gás sulfídricos com 233 a 2.470 ppm (BRASIL, 2017).

Figura 13: Reator UASB



Fonte: Probiogás, 2015

Um dos produtos gerados nesse processo corresponde ao lodo excedente, que deverá ser removido e conduzido para um leito de secagem, periodicamente, onde passará por desidratação e poderá ser utilizado como fins para adubo agrícola ou disposto em aterro sanitário (SANEAPAR, 2005).

Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente podem atingir eficiência de até 80% de

remoção de DQO até mesmo para esgotos bem diluídos, como é o caso dos esgotos domésticos, corresponde a um sistema compacto e de fácil operação, porém ainda assim, apresentam algumas limitações e desvantagens como remoção insatisfatória de Nitrogênio, Fósforo e patógenos, podem gerar efluentes com aspectos desagradáveis, e necessitam de uma unidade de pós tratamento (SPERLING, 2014).

#### 3.2.2.2. Processos aeróbios

Os processos aeróbios são realizados por microrganismos que fazem uso do oxigênio em seu metabolismo, isto é, a energia vital é proveniente da respiração, onde por meio de um conjunto de reações enzimáticas complexas, há a decomposição dos compostos orgânicos presentes no esgoto. Esse sistema faz uso do oxigênio, seja ele natural ou artificial, este último contribui para o aumento dos gastos, em decorrência da necessidade do consumo de energia (GOMUDANHE, 2015).

Os microrganismos desse processo, geralmente bactérias heterotróficas aeróbias, consomem o oxigênio do meio, e como produto dessa atividade tem-se a formação de gás carbônico e água, e realiza com maior eficiência a remoção da matéria orgânica (AGUIAR, 2012).

Essa técnica possui uma gama de vantagens dentre elas destacam-se a sua simples operacionalização, não liberação de gases com odores característicos ou tóxicos ao meio, reduz em maior quantidade os óleos e graxas quando comparado aos processos anaeróbios, possui boa eficiência na remoção de DBO, cerca de 70 mg/L a menos, e sólidos suspensos, fósforo total e nitrogênio amoniacal, além da considerável redução de microrganismos patogênicos (MORAIS; GUANDIQUE, 2015).

##### 3.2.2.2.1. Filtros biológicos

O mecanismo de remoção da carga poluidora dos esgotos nesse sistema, consiste na percolação do afluente, de forma continuada, através de um meio de suporte, a qual favorecerá o desenvolvimento e a adesão da massa em sua superfície, nessa conjuntura a matéria orgânica é degradada pelos microrganismos presentes no meio (SPERLING, 2014).

#### 3.2.2.2.2. Lodos ativados

O sistema de lodos ativados corresponde a tecnologia mais utilizada nas maiores estações de tratamento, podendo apresentar diferentes variações. Todas as configurações advêm do sistema convencional, o qual é formado por um conjunto de unidades com propósito de remover os sólidos presentes nos efluente. O processo de funcionamento desses reatores diz respeito a incorporação dos sólidos não sedimentáveis às massas biológicas, que são removidos no decantador secundário, e parte desse conjunto de sólido/massa biológica (lodos) retornam para o reator, com a finalidade de manter a quantidade adequada de microrganismos no processo (NUVOLARI, 2011).

### 3.3. Responsabilidades ambientais das universidades públicas

A educação envolve trocas de conhecimentos entre docentes e discentes, que por meio da experiência ensinam e transmitem valores fundamentais que formam os cidadãos, isso porque tais relações não envolvem apenas exposições de conhecimentos intelectuais, mas também contribuem para a formação do caráter e no desenvolvimento de características pessoais que acompanham os indivíduos por toda sua vida (MIRANDA; SCHIER, 2016).

De acordo com Maio (2017) as universidades são responsáveis pelo ensino, pesquisa e inovação. Serve como um espelho para a sociedade como um instrumento de transformação de atitudes e condutas, e influenciam nas questões sociais, ambientais e sustentáveis, econômicas e políticas da região, tendo em vista que são capazes de desenvolver estímulos na comunidade de modo a favorecer a melhoria da vida humana no planeta.

Segundo Nunes; Pereira e Pinho (2017) esse papel de interação entre universidade, comunidade e meio ambiente é possível por meio de projetos e programas de extensão que tem por finalidade sensibilizar e tornar consciente a comunidade quanto ao valor dos ecossistemas, bem como também da realidade ambiental e além de estimular a participação nas questões de preservação dos recursos naturais, e promover reflexões que despertem o interesse pelas questões ambientais.

Ainda de acordo com Maio (2017) em primeira instância o comprometimento das universidades com o meio ambiente se desenvolve com a minimização dos impactos ambientais causados pelos seus campus e somente subsequente a isso no desenvolvimento das mudanças de mentalidade dos indivíduos tanto a nível local, regional e global.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Classificação da pesquisa

A pesquisa classifica-se como mista conforme a sua abordagem, onde os resultados são apresentados de forma tanto qualitativa quanto quantitativa (SEVERINO, 2017).

De acordo com a natureza o estudo é classificado como uma pesquisa de natureza básica, tendo em vista que busca proporcionar conhecimentos novos e úteis como contribuição para o avanço da ciência. Envolve verdades e interesses universais (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Segundo os objetivos, a pesquisa é descritiva, onde por meio do detalhamento traz a luz as características de um determinado objeto de relações entre variáveis. Assume, em geral, a forma de levantamento. Tem por finalidade descobrir com que frequência um fato ocorre, suas características e causas. (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Por fim, de acordo com os procedimentos adotados é caracterizada como sendo uma pesquisa de levantamento, isto é, envolve o questionamento direto aos objetos cujo comportamento procura-se conhecer através de algum tipo de questionário (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

### 4.2. Abrangência do estudo

A dimensão territorial da presente pesquisa, consiste no levantamento e identificação dos sistemas de tratamento de esgotos aplicados em universidades públicas, na esfera federal, do território nacional, levando em consideração as legislações pertinentes a cada região. Serão alvo de análise, todos os *campus* universitários da região Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste do Brasil.

### 4.3. Instrumentos de pesquisa

O estudo em questão se deu através de uma investigação sistemática na literatura para a obtenção das informações a qual serviriam de base para a elaboração dos objetivos a serem atingidos. Para a análise bibliométrica foram aplicadas palavras pré-selecionadas como estratégia de busca na internet. Os termos utilizados foram “tratamento de esgoto” AND “universidades públicas”, “esgotos sanitários” AND “campus universitários”, na língua portuguesa e inglesa. Os buscadores empregados foram Google, Google Acadêmico e Portal de

Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Os trabalhos considerados nesta pesquisa incluem artigos publicados em periódicos revisados por pares, teses, dissertações e em menor proporção, trabalhos de conclusão de curso e publicações em congressos especializados.

Inicialmente, elaborou-se um catálogo de universidades brasileiras as quais seriam alvo do estudo. A tabela foi organizada em subdivisões de acordo com os estados de cada região do Brasil. Posteriormente, fez-se uma busca incessante nas páginas das instituições de ensino superior, em periódicos, artigos, teses e dissertações para estruturar o banco de dados com o maior número de informações para composição dos resultados.

Com o intuito de ter um contato direto com a direção e organização dos *campus* foi elaborado um formulário eletrônico, constituído de indagações quanto à forma como os esgotos eram tratados, bem como, o sistema adotado para essa finalidade, para isso, realizou-se uma busca assídua nos portais das instituições para gerar uma lista com todos os contatos de e-mails das prefeituras e gabinetes das reitorias das universidades. Além dos setores da estrutura organizacional das instituições, foram enviados e-mails para os docentes dos *campus*, que tinham experiência com a área ambiental e sanitária, e/ou desenvolviam trabalhos de pesquisas com a temática.

Os formulários enviados via e-mail contaram com questionamentos acerca da presença ou não de estações de tratamento de esgotos própria dos *campus*, como também as vias de tratamento que são adotadas, e os parâmetros de remoção de cada indicador. As formas de contato com as universidades, a adesão das mesmas à solicitação e o instrumento para obtenção dos dados, estão descritas na tabela.

Tabela 1: Instrumentos de obtenção dos dados

| <b>Instrumento</b>                    | <b>Número de participantes</b> |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Busca no portal da instituição        | 1 Universidade                 |
| Busca na literatura                   | 3 Universidades                |
| Formulário eletrônico                 | 3 Universidades                |
| E-mails à prefeitura do <i>campus</i> | 1 Universidade                 |
| E-mails aos docentes da área          | 39 Docentes                    |
| Outros setores da universidade        | 5 Universidade                 |
| Não aderiu a nenhum instrumento       | 10 Universidades               |

Fonte: Autora, 2019

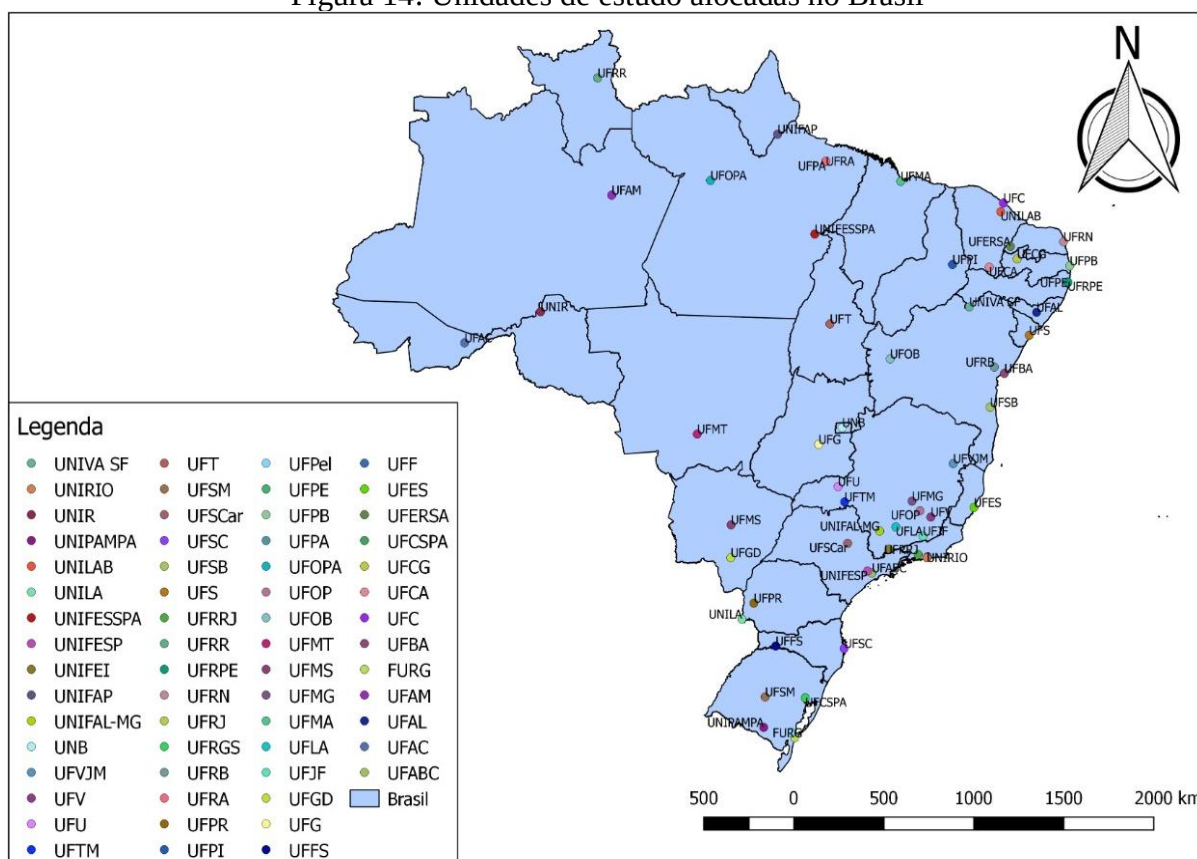
Para a elaboração dos resultados, fez-se uso do QGIS para demarcar as unidades estudadas e seus limites em questões de regiões, utilizou-se também a busca na legislação para enquadrar a qualidade e eficiência de remoção dos parâmetros analisados quanto aos esgotos sanitários gerados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o Ministério da Educação (MEC) e o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (2017), as universidades federais de ensino superior do Brasil possui um quadro com mais de 1,2 milhões de discentes e 77,55 mil docentes (MEC, 2013) que circulam e fazem uso dos serviços ofertados por essas unidades, inclusive serviços de higiene básica, os quais geram consideráveis quantidades de efluentes, que dependendo da instituição, pode ou não receber algum tipo de beneficiamento antes de lançado em um corpo receptor.

O estudo em questão contemplou um número de 61 instituições federais de ensino superior localizadas em território nacional.

Figura 14: Unidades de estudo alocadas no Brasil



Fonte: Autora, 2019



A nível de discussão, os dados foram seccionados de acordo com as regiões brasileiras, onde além do arcabouço de informações acerca da estruturação do esgotamento sanitário, foram considerados os aspectos climáticos e pluviométricos das regiões, uma vez que implicam na concentração e/ou diluição dos efluentes produzidos, bem como também, da necessidade de reuso, especialmente em localidades de clima mais árido, que remetem à cenários de maior escassez hídrica e portanto, necessidade de preservação da qualidade da pouca água disponível, compreendendo assim o tratamento de esgotos como uma das ações mitigadoras mais importantes para minimizar a depreciação qualitativa hídrica.

De acordo com dados do IBGE (2018) o esgotamento sanitário do Brasil possui uma média nacional de 66% de domicílios ligados diretamente a rede geral ou por meio de fossa, sendo que apenas o Norte e Nordeste do país apresentam valores menores que 50% para esse serviço. As entidades foco do trabalho foram divididas de acordo com suas regiões no mapa do Brasil, assim sendo, observou-se as universidades alocadas no Nordeste, Centro Oeste, Norte, Sudeste e Sul.

Nessa conjuntura, no Nordeste foram investigadas um total de 18 universidades públicas federais, para avaliar o papel desenvolvido pela mesma, quanto aos esgotos sanitários produzidos em sua estrutura, sendo elas:

Tabela 2: Universidades da região Nordeste

| UF                         | UNIVERSIDADES                                                |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>Alagoas</b>             | Universidade Federal de Alagoas – (UFAL)                     |
| <b>Bahia</b>               | Universidade Federal da Bahia – (UFBA)                       |
|                            | Universidade Federal do Sul da Bahia – (UFSB)                |
|                            | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – (UFRB)          |
|                            | Universidade Federal do Oeste da Bahia – (UFOB)              |
| <b>Ceará</b>               | Universidade Federal da Lusofonia Afro-Brasileira – (UNILAB) |
|                            | Universidade Federal do Cariri – (UFCA)                      |
|                            | Universidade Federal do Ceará – (UFC)                        |
| <b>Paraíba</b>             | Universidade Federal da Paraíba – (UFPB)                     |
|                            | Universidade Federal de Campina Grande – (UFCG)              |
| <b>Pernambuco</b>          | Universidade Federal de Pernambuco – (UFPE)                  |
|                            | Universidade Federal do Vale do São Francisco – (UNIVASF)    |
|                            | Universidade Federal Rural de Pernambuco – (UFRPE)           |
| <b>Sergipe</b>             | Universidade Federal de Sergipe – (UFS)                      |
| <b>Maranhão</b>            | Universidade Federal do Maranhão – (UFMA)                    |
| <b>Piauí</b>               | Universidade Federal do Piauí – (UFPI)                       |
| <b>Rio Grande do Norte</b> | Universidade Federal do Rio Grande do Norte – (UFRN)         |
|                            | Universidade Federal Rural do Semi-Árido – (UFERSA)          |

Fonte: Autora, 2019

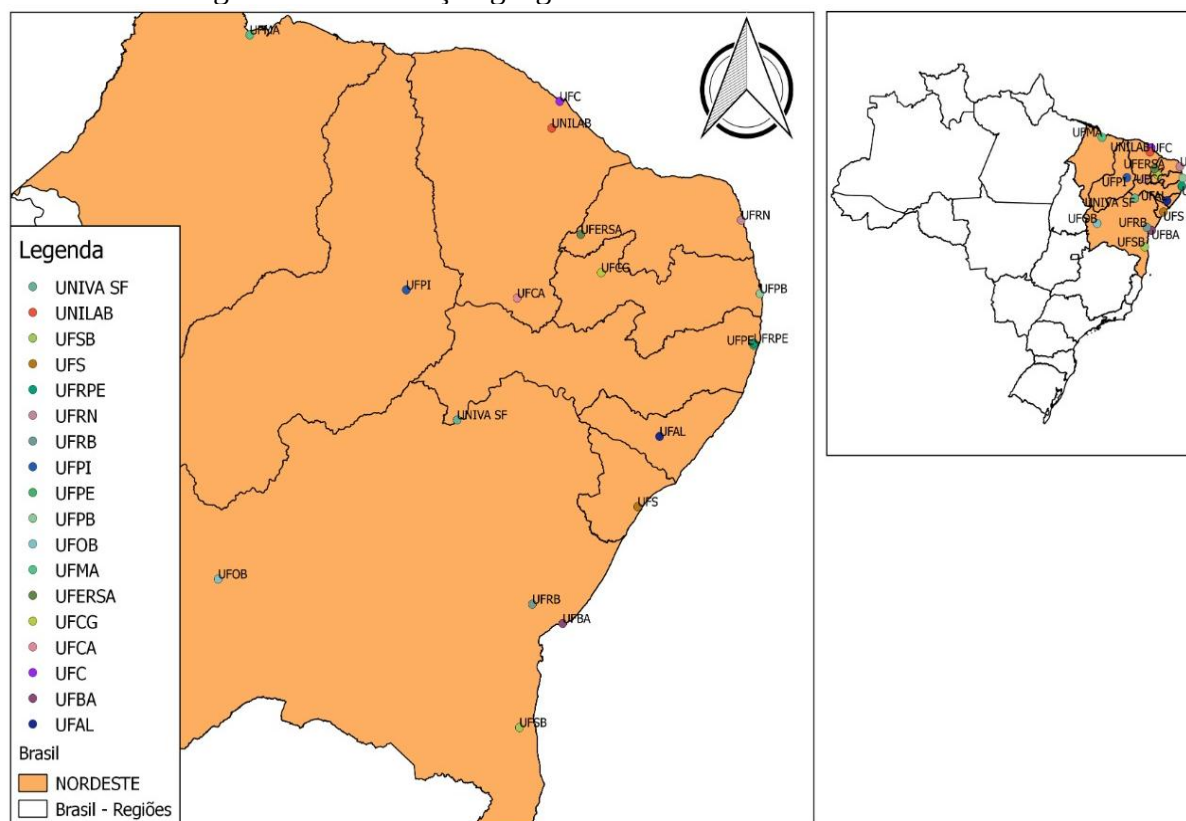
Em decorrência da extensão territorial o Nordeste é caracterizado pela presença de quatro climas predominantes, que variam de acordo com as subdivisões do espaço, tais climas correspondem ao semiárido, tropical, litorâneo úmido e equatorial úmido.

As regiões que possuem o clima semiárido correspondem aos territórios situados no interior do Nordeste, os quais apresentam, durante quase todo o ano, temperaturas elevadas, com chuvas irregulares e em poucas quantidades, aproximadamente 300 a 500 mm. São áreas consideradas de clima seco, uma vez que a umidade é relativamente baixa, e com característica típica da ausência de precipitações durante vários meses do ano. Exclusivamente para as regiões do sul da Bahia e central do Maranhão o clima é designado como tropical, em função das altas temperaturas presentes durante o ano, com limitada quantidade de chuvas no inverno, enquanto que o verão expõe grandes chuvadas.

O clima litorâneo úmido rege as regiões localizadas no litoral do Nordeste, e desprendem características como chuvas bem distribuídas durante o ano, com maior precipitação na época do verão, em decorrência da alta evaporação. Já o clima equatorial úmido se apresenta no litoral do Maranhão, qualificado por altos níveis de pluviosidade, temperatura e umidade. Em geral, a região Nordeste apresenta temperaturas médias entre 20 e 28 °C, com índice pluviométrico de 300 a 2.200 mm por anos (IBGE, 2017).

O mapa a seguir oferece a visão da distribuição das universidades estudadas da região mencionada.

Figura 15: Localização geográfica das universidades do Nordeste



Fonte: Autora, 2019

As universidades da região Centro Oeste, que entram com parcelas de contribuição em despejos de esgotos são listadas na tabela abaixo, contabilizando um total de cinco unidades de ensino superior federal.

Tabela 3: Universidades da região Centro Oeste

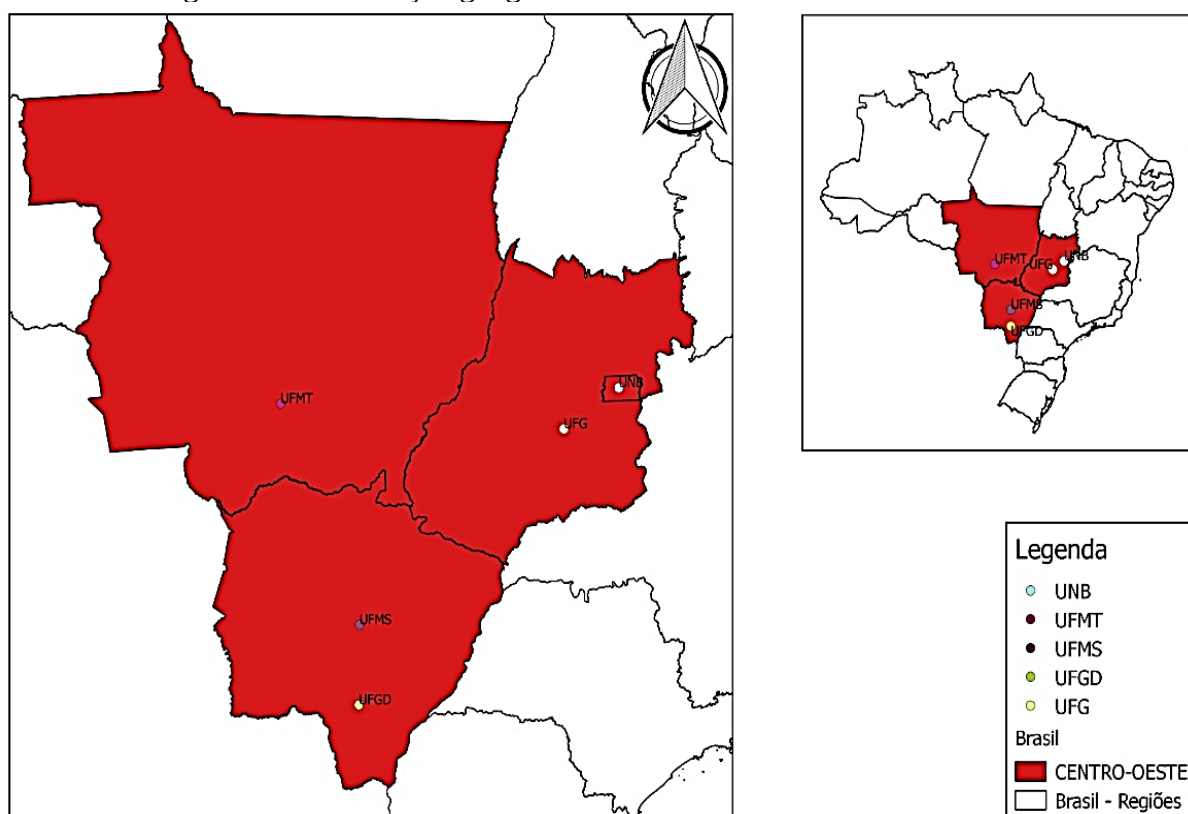
| UF                        | UNIVERSIDADES                                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Distrito Federal</b>   | Universidade de Brasília – (UNB)                                                                        |
| <b>Mato Grosso do Sul</b> | Universidade Federal da Grande Dourados – (UFGD)<br>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – (UFMS) |
| <b>Goiás</b>              | Universidade Federal de Goiás – (UFG)                                                                   |
| <b>Mato Grosso</b>        | Universidade Federal de Mato Grosso – (UFMT)                                                            |

Fonte: Autora, 2019

Climaticamente a região Centro Oeste é definida pelo tempo tropical ou semiúmido, uma vez que é cortada pelo trópico de capricórnio, a qual proporciona duas estações bem definidas para a localidade, o verão considerado úmido com chuvas significativas entre março a outubro e um inverno com clima seco entre abril e setembro. Em média a temperatura da região varia em uma faixa de 18 a 25 °C durante o ano, enquanto que as precipitações chegam a atingir cerca de 2500 mm (IBGE, 2017).

Tais unidades estão distribuídas no espaço físico conforme a figura.

Figura 16: Localização geográfica das universidades do Centro Oeste



Fonte: Autora, 2019

A região Norte é contemplada com um total de 10 universidades federais, que são:

Tabela 4: Universidades da região Norte

| UF               | UNIVERSIDADES                                               |
|------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Rondônia</b>  | Universidade Federal de Rondônia – (UNIR)                   |
| <b>Roraima</b>   | Universidade Federal de Roraima – (UFRR)                    |
| <b>Acre</b>      | Universidade Federal do Acre – (UFAC)                       |
| <b>Amapá</b>     | Universidade Federal do Amapá – (UNIFAP)                    |
| <b>Amazonas</b>  | Universidade Federal do Amazonas – (UFAM)                   |
| <b>Pará</b>      | Universidade Federal do Oeste do Pará – (UFOPA)             |
|                  | Universidade Federal do Pará – (UFPA)                       |
|                  | Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – (UNIFESSPA) |
|                  | Universidade Federal Rural da Amazônia – (UFRA)             |
| <b>Tocantins</b> | Universidade Federal do Tocantins – (UFT)                   |

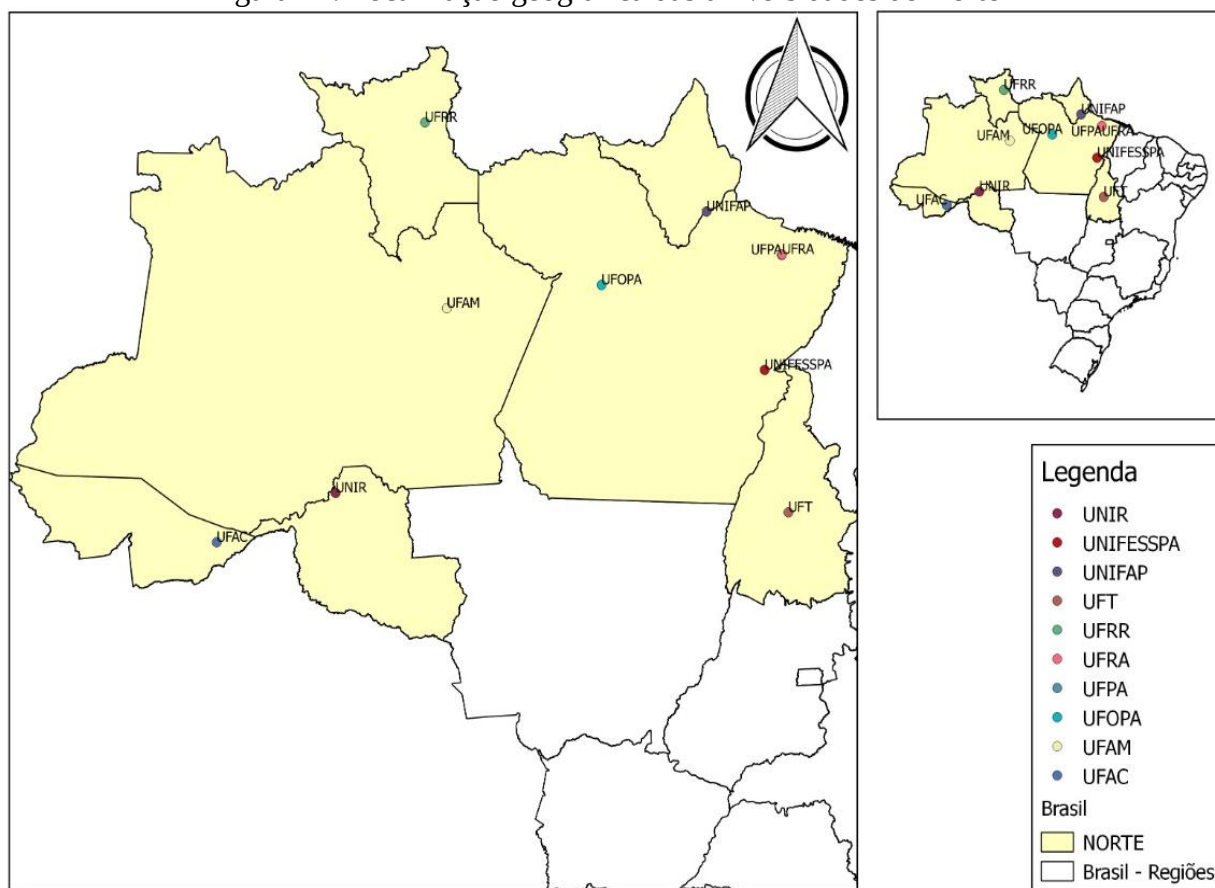
Fonte: Autora, 2019

O clima predominante da região corresponde ao equatorial úmido, a qual desenvolve altas temperaturas e muita chuva durante todo o ano, com exceção do Tocantins e determinadas

áreas do Pará, onde são avaliados uma estação bem chuvosa e outra seca, características de clima tropical. A temperatura média da região atinge valores de 24 a 26 °C. As chuvas que atingem a região chegam a provocar 2000 mm de precipitações durante o ano, com alterações em algumas áreas, como o litoral do Amapá, que os índices pluviométricos atingem valores maiores que 3000 mm (IBGE, 2017).

As faculdades localizam-se na região segundo o mapa

Figura 17: Localização geográfica das universidades do Norte



Fonte: Autora, 2019

O quantitativo de unidades de ensino superior identificadas na região Sudeste é de 18 universidades, as quais estão organizadas na tabela abaixo.

Tabela 5: Universidades da região Sudeste

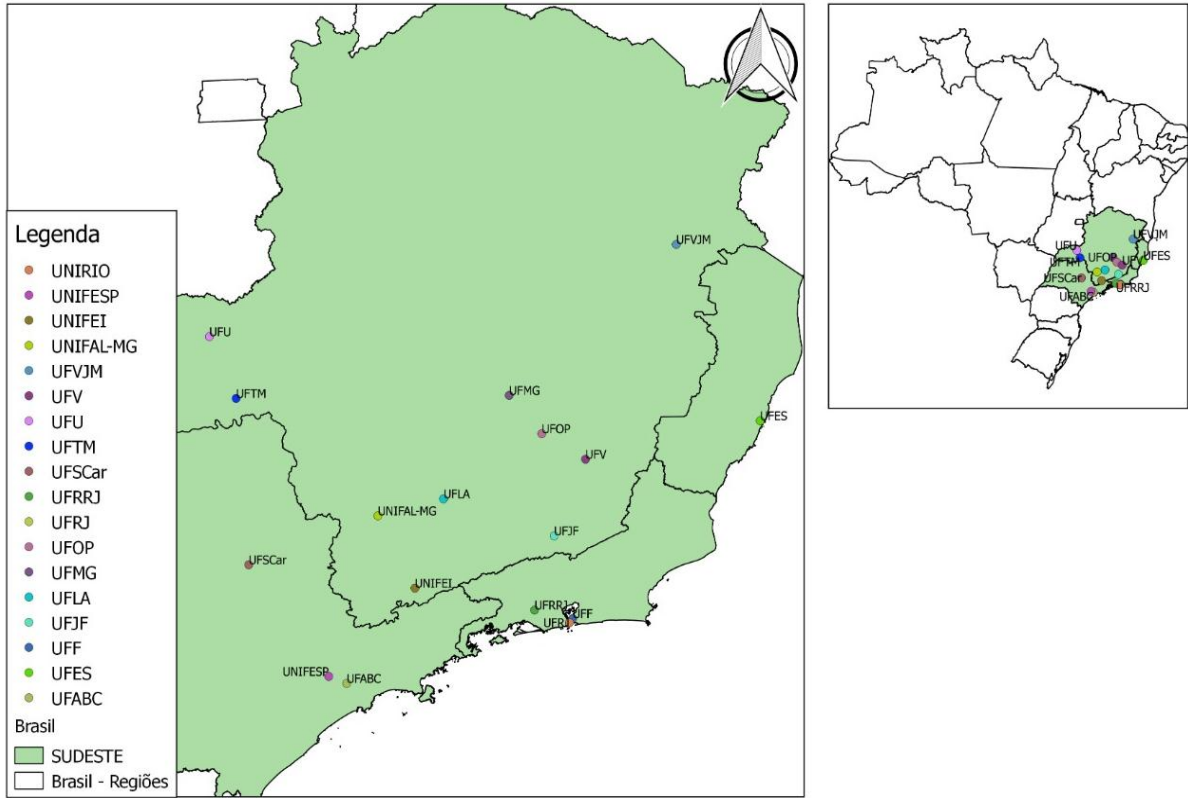
| UF                    | UNIVERSIDADES                                                      |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Minas Gerais</b>   | Universidade Federal de Alfenas – (UNIFAL-MG)                      |
|                       | Universidade Federal de Itajubá – (UNIFEI)                         |
|                       | Universidade Federal de Juiz de Fora – (UFJF)                      |
|                       | Universidade Federal de Lavras – (UFLA)                            |
|                       | Universidade Federal de Minas Gerais – (UFMG)                      |
|                       | Universidade Federal de Ouro Preto – (UFOP)                        |
|                       | Universidade Federal de Uberlândia – (UFU)                         |
|                       | Universidade Federal de Viçosa – (UFV)                             |
|                       | Universidade Federal do Triângulo Mineiro – (UFTM)                 |
|                       | Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – (UFVJM) |
| <b>São Paulo</b>      | Universidade Federal de São Carlos – (UFSCar)                      |
|                       | Universidade Federal de São Paulo – (UNIFESP)                      |
|                       | Universidade Federal do ABC – (UFABC)                              |
| <b>Espírito Santo</b> | Universidade Federal do Espírito Santo – (UFES)                    |
| <b>Rio de Janeiro</b> | Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – (UNIRIO)        |
|                       | Universidade Federal do Rio de Janeiro – (UFRJ)                    |
|                       | Universidade Federal Fluminense – (UFF)                            |
|                       | Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – (UFRRJ)             |

Fonte: Autora, 2019

A região Sudeste possui territórios com climas diferenciados, compreendidos entre tropical, tropical de altitude, subtropical e o litorâneo úmido. Em áreas do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais há a acentuação do clima tropical que desencadeia temperaturas elevadas, cerca de 22 °C, contém duas estações definidas, uma a qual os índices de chuvas são maiores, e outra a qual é caracterizada pelo período de seca. Em se tratando do clima tropical de altitude, é comum a observação desse fenômeno em regiões mais elevadas, chegando a apresentar temperaturas de aproximadamente 18 °C. Em contrapartida no sul do estado de São Paulo predomina-se o clima subtropical capaz de proporcionar temperaturas médias em torno de 16 a 17 °C, atrelado a distribuição uniforme de chuvas durante todo o ano. Os índices pluviométricos chegam a atingir valores de precipitação de 3600 mm (IBGE, 2017).

Fisicamente tais universidades estão organizadas de acordo com a figura.

Figura 18: Localização geográfica das universidades do Sudeste



Fonte: Autora, 2019

A região Sul aloca um número de 10 universidades federais públicas, as quais são:

| Tabela 6: Universidades da região Sul |                                                                    |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| UF                                    | UNIVERSIDADES                                                      |
| Santa Catarina                        | Universidade Federal da Fronteira Sul – (UFFS)                     |
|                                       | Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC)                    |
| Paraná                                | Universidade Federal da Integração Latino-Americana – (UNILA)      |
|                                       | Universidade Federal do Paraná – (UFPR)                            |
| Rio Grande do Sul                     | Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) |
|                                       | Universidade Federal de Pelotas – (UFPel)                          |
|                                       | Universidade Federal de Santa Maria – (UFSM)                       |
|                                       | Universidade Federal do Pampa – (UNIPAMPA)                         |
|                                       | Universidade Federal do Rio Grande – (FURG)                        |
|                                       | Universidade Federal do Rio Grande do Sul – (UFRGS)                |

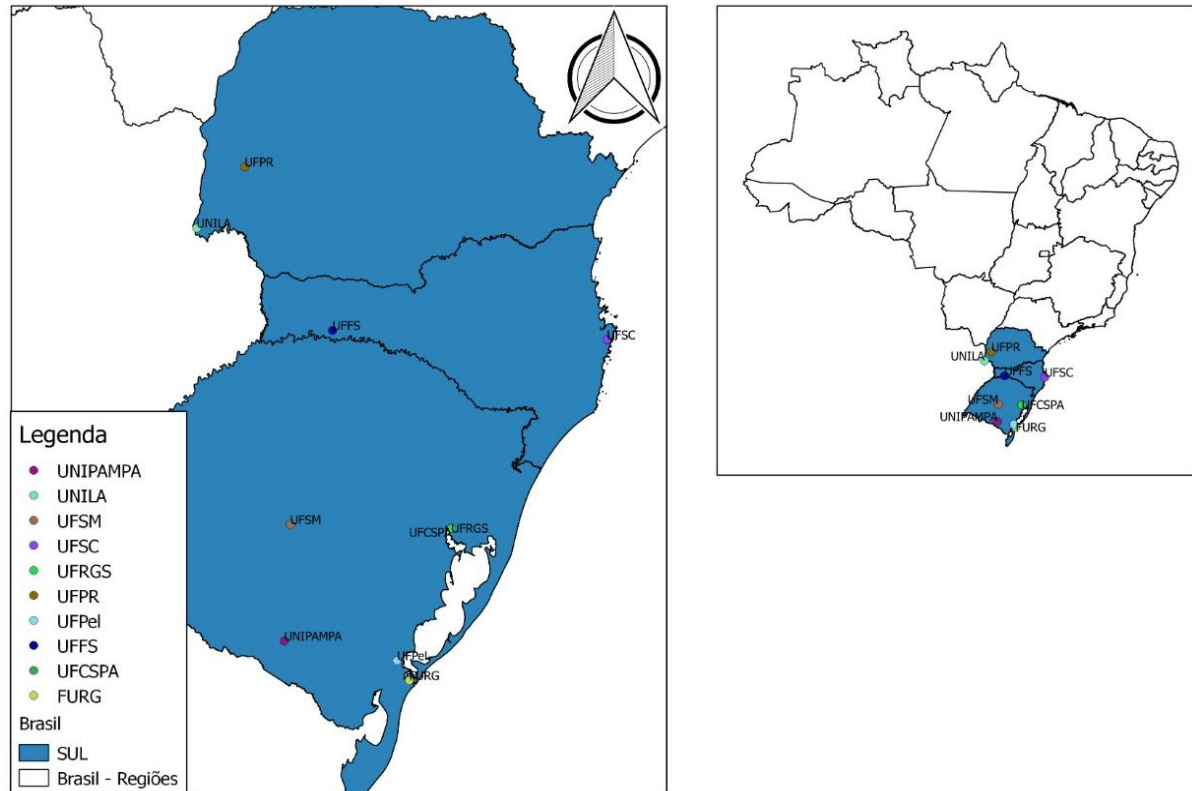
Fonte: Autora, 2019

Em relação ao clima da região predomina-se o subtropical, capaz de desenvolver as temperaturas mais amenas, em comparação as demais regiões do Brasil, com exceção do Norte do Paraná, que é regido pelo clima tropical. A temperatura média do território em questão, situa-se entre 14 e 22 °C, enquanto que em algumas regiões de Santa Catarina a temperatura pode atingir valores abaixo de 0 °C. Em relação aos níveis de precipitação, a região varia entre 1250

e 2000 mm (IBGE, 2017).

O mapa a seguir retrata a localização de cada universidade.

Figura 19: Localização geográfica das universidades do Sul



Fonte: Autora, 2019

Considerando que o número de contribuições de despejos de tais unidades é relevante para o cenário de salubridade ambiental e público do Brasil como um todo, é de extrema importância avaliar a forma pela qual as universidades lidam com seus dejetos, isto é, quais as vias e meios de tratamentos adotadas por elas. Tais informações estão organizadas em tabelas de acordo com cada região brasileira já mencionada, que permite compreender e proporcionar uma melhor visualização da relação existente entre universidade e manejo dos esgotos produzidos nos *campus*.

Dessa forma a tabela 7 mostra.



Tabela 7: Universidades do Nordeste e respectivos tratamentos

| <b>Região</b>   | <b>UF</b> | <b>Universidade</b> | <b>Fonte</b>          | <b>Ano</b> | <b>Possui ETE própria?</b> | <b>Vias de tratamento</b>                                                                                          | <b>Realizam reuso?</b> |
|-----------------|-----------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Nordeste</b> | AL        | UFAL                | Não aderiu a pesquisa | —          | —                          | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | BA        | UFBA                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Rede pública - Disposição oceânica                                                                                 | —                      |
| <b>Nordeste</b> | BA        | UFSB                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | BA        | UFRB                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | BA        | UFOB                | Página Universitária  | 2018       | Em implementação           | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | CE        | UNILAB              | Não aderiu a pesquisa | —          | —                          | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | CE        | UFCA                | DCOM                  | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | CE        | UFC                 | PEIXOTO               | 2008       | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de vazão + lodo ativado + Decantador secundário + Cloração com hipoclorito de cálcio | Não faz reuso          |
| <b>Nordeste</b> | PB        | UFPB                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Rede pública                                                                                                       | —                      |
| <b>Nordeste</b> | PB        | UFCG                | Não aderiu a pesquisa | —          | —                          | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | PE        | UFPE                | Docente da área       | 2019       | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Filtro anaeróbio + Lagoa facultativa                                      | Não faz reuso          |
| <b>Nordeste</b> | PE        | UNIVA SF            | Não aderiu a pesquisa | —          | —                          | —                                                                                                                  | —                      |
| <b>Nordeste</b> | PE        | UFRPE               | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Solução individual - Fossa séptica + Sumidouro                                                                     | —                      |
| <b>Nordeste</b> | SE        | UFS                 | Docente da área       | 2019       | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Reator aeróbio de lodos ativados                                     | Irrigação de paisagem  |

|                 |    |        |                       |      |            |                                                                                                                                                     |                       |
|-----------------|----|--------|-----------------------|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Nordeste</b> | MA | UFMA   | Não aderiu a pesquisa | —    | —          | —                                                                                                                                                   | —                     |
| <b>Nordeste</b> | PI | UFPI   | Não aderiu a pesquisa | —    | —          | —                                                                                                                                                   | —                     |
| <b>Nordeste</b> | RN | UFRN   | Docente da área       | 2019 | Possui ETE | Grade + Desarenador + Medidor de vazão<br>Valo de oxidação + Decantador secundário<br>+ Filtro Biológico + Leito de secagem +<br>Tanque de cloração | Irrigação de paisagem |
| <b>Nordeste</b> | RN | UFERSA | Autora                | 2019 | Possui ETE | Grade + Desarenador + Medidor de vazão<br>UASB + Filtro                                                                                             | Não faz reuso         |

Fonte: Autora, 2019

A região Nordeste possui apenas 26,87% dos seus esgotos coletados, onde dessa fração somente 34,73% são tratados. Por se tratar de unidades inseridas em estados distintos, ambos com suas peculiaridades geográficas, sociais e econômicas, o tratamento adotado pelas instituições para os seus efluentes vai em acordo com a realidade vivenciada pela comunidade da região.

Supõe-se que em decorrência ao Nordeste possuir um dos esgotamentos sanitários mais deficitários do país, principalmente em relação a coleta e tratamento de efluentes, que se avalia o maior número de instituições com estação de tratamento em sua estrutura, uma vez que a prestação do serviço não é capaz de contemplar grande parte da localidade, o que leva as unidades de ensino superior a procurar uma alternativa para adequar suas condutas ao meio. Para locais agraciados com serviço da rede pública, os esgotos são encaminhados para o tratamento adotados pelas companhias de saneamento da região. No caso da UFBA, localizada em Salvador – BA, caracterizada por ser uma cidade provida de disposição oceânica dos esgotos, os mesmos são dispostos por meio de dois emissários submarinos, um implantado no final da década de 1970 e o outro no final da década de 1990.

Essa forma de dispor os esgotos sanitários se estende praticamente a todas as regiões do Brasil. Em análise às tecnologias mais empregadas para tratamento de esgotos nas regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste do Brasil, Chernicharo et al (2017) concluiu que essa técnica é empregada como um pós tratamento preliminar, implantados geralmente em ETEs de grande porte localizadas em municípios litorâneos, sendo utilizadas em 26% das estações analisadas em seus estudos, a qual chega a atender cerca de 12,9 milhões de habitantes.

Já a UFRPE não dispõe de rede pública, capaz de coletar seus esgotos, sendo necessária a adoção de alternativas individuais que são realizadas por meio de 71 fossas sépticas seguidas de sumidouros. Em decorrência do alto grau de importância da temática, e admissão do curso de engenharia ambiental na unidade, está sendo desenvolvido o projeto de construção de uma ETE para receber os efluentes gerados no *campus*.

De acordo com a ABNT (1993), o sistema de fossa séptica só deve ser adotado em áreas com deficiências ao atendimento da rede pública de esgoto, isto é, localidades desprovidas de rede geral ou contempladas com rede de serviço local. O conjunto tanque séptico/ sumidouro tem eficiência de remoção de aproximadamente 90 a 98%, mais de 65% e mais de 50% para os parâmetros de DBO, Nitrogênio total e Fósforo total, respectivamente (SPERLING, 2014).

Em se tratando das universidades as quais possuem estações de tratamento própria as configurações são distintas e podem ser observadas em tratamentos de diversas efluentes. Como mostra a tabela 8.

Tabela 8: Técnicas de tratamento em esgotos sanitários

| Via de tratamento                                   | Exemplo na literatura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Lodo<br/>ativado/Decantador/<br/>desinfecção</b> | Em estudos realizados em uma estação de tratamento de esgoto, com configuração de lodo ativado e decantador, Ferreira e Coraiola (2008) obtiveram desempenho eficiente na remoção dos parâmetros analisados, onde foram avaliados 95% de eficiência para o tratamento, que apresentou cerca de 97,6% e 92,81% de eficiência de remoção para DBO e DQO respectivamente.                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Filtro anaeróbio/Lagoa<br/>facultativa</b>       | De acordo com Sperling as lagoas facultativas possuem capacidade de eficiência de remoção de 75 a 85% de DBO e 65 a 80% de DQO. Em pesquisas para avaliar o sistema de tratamento de esgoto de uma cidade no estado de São Paulo, que fazia uso de lagoas de estabilização, com lagoas facultativas, Gaspar, Michelam e Farah (2017) aferiu a eficiência do tratamento em aproximadamente 80% na remoção de DBO.                                                                                                                                                                   |
| <b>UASB/ lodo ativado</b>                           | Ainda em acordo com Sperling (2014) esse sistema é capaz de proporcionar eficiências de remoção de 83 a 93% de DBO, Remoção menor que 60% e menor que 35% para Nitrogênio e Fósforo, respectivamente. Em análises à estação de tratamento de esgoto Betim Central, localizada em Minas Gerais, composta de um sistema de UASB seguida de lodo ativado, Saliba (2016) obteve que esse conjunto remove 94% de DBO e 91% de DQO, porém apresenta baixa eficiência na remoção de outros parâmetros como o Nitrogênio e Fósforo, a qual atingiram valores de 30 e 34%, respectivamente. |

Fonte: Autora, 2019

As instituições do Centro Oeste por estarem em uma localidade de maior acesso a rede pública de coleta e tratamento de esgoto, configuram-se como de maior números de efluentes encaminhados para o sistema de tratamento da cidade, como evidenciado na tabela 9.

Tabela 9: Universidades do Centro Oeste e respectivos tratamentos

| <b>Região</b>       | <b>UF</b> | <b>Universidade</b> | <b>Fonte</b>          | <b>Ano</b> | <b>Possui ETE própria?</b> | <b>Vias de tratamento</b>                             | <b>Realizam reuso?</b> |
|---------------------|-----------|---------------------|-----------------------|------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Centro Oeste</b> | DF        | UNB                 | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Rede pública                                          | —                      |
| <b>Centro Oeste</b> | MS        | UFGD                | Não aderiu a pesquisa | —          | —                          | —                                                     | —                      |
| <b>Centro Oeste</b> | MS        | UFMS                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Rede pública                                          | —                      |
| <b>Centro Oeste</b> | GO        | UFG                 | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Rede pública                                          | —                      |
| <b>Centro Oeste</b> | MT        | UFMT                | Docente da área       | 2019       | Não possui ETE             | Solução individual - Tanque IMHOFF + Filtro anaeróbio | Não faz reuso          |

Fonte: Autora, 2019

Em se tratando da região Centro Oeste a coleta de esgoto ampara 53,88% da população, e dessa taxa cerca de 52,02% dos despejos são tratados. A UFMS dispunha de uma estação de tratamento própria, em tempos passados. No entanto, foi desativada pois em torno de 2007, a rede de esgoto pública foi ampliada e atingiu os limites territoriais da instituição. No estado do Mato Grosso do Sul existe uma lei a qual obriga entidades a se ligar à rede quando esta existe. Desta forma, a UFMS teve que aderir à rede, sendo exigido o pagamento da taxa de esgoto, e consequentemente a desativação da estação própria, que era formada por um reator UASB, com wetlands construído como pós tratamento.

Inúmeros estudos demonstram a eficiência desse conjunto, quando operado nas condições adequadas. Ruiz et al (2010) quando analisando os índices de remoção de um sistema de wetlands como pós tratamento de um reator UASB, alcançou valores percentuais de remoção de DBO, DQO e SST de 77%, 71% e 83%, na devida ordem. Todavia em pesquisas realizadas por Calijure et al (2009) apesar do conjunto apresentar excelente desempenho na remoção de DBO e sólidos suspensos, deixa a desejar quanto a eliminação de Nitrogênio e Fósforo, uma vez que apresentam comportamentos inconstantes e chegam a possuir eficiência de remoção na faixa de 22 a 67% de NTK e 25 a 79% de P.

Enquanto que a UFMT dispõe de uma solução descentralizada, mas que a eficiência de operação não atinge valores estabelecidos pela resolução, e opera com baixas eficiências, tal cenário induz a necessidade a interligação dos efluentes da unidade às instalações da rede pública.

O tanque Imoff é uma variação dos sistemas de fossas sépticas, a qual há o acúmulo dos sólidos no fundo, chamado de lodo, esse lodo deve ser removido em períodos de 6 meses a 1 ano aproximadamente. O filtro anaeróbio entra nessa configuração como auxiliar na elevação da eficiência da remoção, haja visto que os tanques Imoffs necessitam de uma etapa subsequente. Segundo estudos de Neto et al (2000) esgotos tratados em tanques Imoffs associados com filtros anaeróbios, a qual possui como meio de suporte brita 4, seixo, tijolos cerâmicos, anéis de conduítes, apresentam concentrações de 95 a 128 mg/L de DBO.

Partindo para as instituições do Norte e seus arranjos de tratamento, como mostra a tabela 10.

Tabela 10: Universidades do Norte e respectivos tratamentos

| <b>Região</b> | <b>UF</b> | <b>Universidade</b> | <b>Fonte</b>              | <b>Ano</b> | <b>Possui ETE própria?</b> | <b>Vias de tratamento</b>                                                                                         | <b>Realizam reuso?</b> |
|---------------|-----------|---------------------|---------------------------|------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Norte</b>  | RO        | UNIR                | Docente da área           | 2019       | Não possui ETE             | Solução individual - Fossa séptica                                                                                | —                      |
| <b>Norte</b>  | RR        | UFRR                | Coordenação de manutenção | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                 | —                      |
| <b>Norte</b>  | AC        | UFAC                | Docente da área           | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                 | —                      |
| <b>Norte</b>  | AP        | UNIFAP              | Docente da área           | 2019       | Não possui ETE             | Solução individual - Fossa séptica                                                                                | —                      |
| <b>Norte</b>  | AM        | UFAM                | Página Universitária      |            | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de Vazão + Tanque séptico + Filtro plantado + Câmara de contato + Escada de aeração | —                      |
| <b>Norte</b>  | PA        | UFOPA               | CGA UFOPA                 | 2019       | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de vazão + UASB + Reator aeróbio/anóxico + Desinfecção com cloro                    | Não faz reuso          |
| <b>Norte</b>  | PA        | UFPA                | Docente da área           | 2019       | Não possui ETE             | Solução individual - Fossa séptica + Filtro anaeróbio                                                             | —                      |
| <b>Norte</b>  | PA        | UFRA                | Prefeitura do campus      | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                 | —                      |
| <b>Norte</b>  | PA        | UNIFESSPA           | Docente da área           | 2019       | Não possui ETE             | —                                                                                                                 | —                      |
| <b>Norte</b>  | TO        | UFT                 | Docente da área           | 2019       | Possui ETE                 | Grade + Desarenador + Medidor de Vazão + UASB                                                                     | Não faz reuso          |

Fonte: Autora, 2019

Investigando a realidade da região Norte, tem-se que dos esgotos produzidos apenas 10,24% são coletados, enquanto que destes, cerca de 22,58% recebe um tratamento adequado. Trata-se da região com maior carência em coleta e tratamento de esgoto o que promove o despertar da comunidade para o desenvolvimento de alternativas para beneficiamento dos seus efluentes, fato este que explica a ausência de instituições com esgotamento ligado a rede, uma vez que esse serviço contempla uma parcela minúscula da região.

Dos sistemas utilizados nas universidades da região, para o tratamento de esgoto, tem-se o uso do UASB com variações de pós tratamento. A grande aceitação e consequente instalação de reatores anaeróbios se dá por suas infinitas vantagens, dentre elas a sua alta eficiência na remoção de matéria orgânica (60 a 75%), baixas necessidades de áreas para operação, consequentemente redução dos custos, pouca necessidade de consumo energético e principalmente a alta simplicidade, mais especificamente na construção e operação.

No entanto caracteriza-se como unidades que necessitam de um pós-tratamento, em específico para remoção de patógenos e nutrientes, uma vez que tais elementos somente são eliminados parcialmente. Dessa forma, acredita-se que os efluentes gerados e tratados na UFT necessitem ainda de uma etapa subsequente ao reator, tendo em vista que, perante informações, o efluente somente é tratado pela tecnologia mencionada.

Por meio de pesquisas realizadas em três reatores UASB, responsáveis por tratar os esgotos da cidade de Petrolina-PE, região Nordeste, Martins et al (2016) observou que as faixas de remoção de DBO do efluente encontravam-se em acordo com a literatura, com cerca de 65,9%, 75,6% e 73,5% para cada estrutura respectivamente, entretanto observou-se a perda de sólidos totais fixos juntamente com o efluente, o que diminui a eficiência do tratamento em decorrência da presença de material particulado.

Para a região Sudeste as universidades e suas respectivas vias de tratamento estão descritas na tabela 11.



Tabela 11: Universidades do Sudeste e respectivos tratamentos

| Região  | UF | Universidade | Fonte                 | Ano  | Possui ETE própria? | Vias de tratamento                                                                                                                       | Realizam reuso? |
|---------|----|--------------|-----------------------|------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Sudeste | MG | UNIFAL MG    | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                                        | —               |
| Sudeste | MG | UNIFEI       | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública                                                                                                                             | —               |
| Sudeste | MG | UFJF         | Pro-Infra             | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública                                                                                                                             | —               |
| Sudeste | MG | UFLA         | Docente da área       | 2019 | Possui ETE          | Grade + Caixa de gordura + Medidor de vazão + UASB + Filtro biológico aerado submerso + Filtro convencional + Desinfecção com cloro e UV | Não faz reuso   |
| Sudeste | MG | UFMG         | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                                        | —               |
| Sudeste | MG | UFOP         | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública                                                                                                                             | —               |
| Sudeste | MG | UFU          | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                                        | —               |
| Sudeste | MG | UFV          | Não aderiu a pesquisa | —    | —                   | —                                                                                                                                        | —               |
| Sudeste | MG | UFTM         | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública + Solução individual – Fossa séptica                                                                                        | —               |
| Sudeste | MG | UFVJM        | Docente da área       | 2019 | Possui ETE          | Grade + Caixa de gordura + Medidor de vazão + UASB + Filtro anaeróbio + Lagoas de maturação + Disposição no solo                         | Não faz reuso   |
| Sudeste | SP | UFSCAR       | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Solução individual - Fossa séptica                                                                                                       | —               |
| Sudeste | SP | UNIFESP      | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública                                                                                                                             | —               |
| Sudeste | SP | UFABC        | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE      | Rede pública                                                                                                                             | —               |

|                |    |        |                       |      |                  |                            |   |
|----------------|----|--------|-----------------------|------|------------------|----------------------------|---|
| <b>Sudeste</b> | ES | UFES   | Docente da área       | 2019 | Em implementação | Projeto em desenvolvimento | — |
| <b>Sudeste</b> | RJ | UNIRIO | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE   | —                          | — |
| <b>Sudeste</b> | RJ | UFRJ   | Docente da área       | 2019 | Não possui ETE   | Rede pública               | — |
| <b>Sudeste</b> | RJ | UFF    | Não aderiu a pesquisa | —    | —                | —                          | — |
| <b>Sudeste</b> | RJ | UFRRJ  | Não aderiu a pesquisa | —    | —                | —                          | — |

Fonte: Autora, 2019

Os índices da região Sudeste são os de melhor eficiência quanto aos serviços de coleta ofertados a população. 78,56% dos esgotos são coletados, sendo que 50,39% deles recebem beneficiamento. O que reflete a adoção da rede pública para a coleta e tratamento dos efluentes gerados na maioria das instituições listadas da região.

A estação de tratamento adotada pela UFLA é composta por um sistema de 6 UASB, 6 filtros biológico aerado submerso, 4 filtros convencionais e tanques de desinfecção por cloração e UV. Esse conjunto além de remover a carga orgânica do efluente, cerca de 90% de eficiência em DBO, tem potencial a eliminar completamente microcontaminantes como o paracetamol, a genfibrozila, e os hormônios estrona e estradiol. Pesquisas realizadas na universidade analisaram a eficiência da estação para tais componentes, bem como para anti-inflamatórios como ibuprofeno, naproxeno e diclofenaco foram obtidos índices de remoção superiores a 93%. Enquanto que para o bisfenol A e um alquilfenol, as proporções variaram de 59 a 94% (DEPARTAMENTO DE COMUNICAÇÃO, 2019).

Os microcontaminantes, fármacos ou interferentes endócrinos, possuem total competência, quando disponíveis em reservas hídricas, de causar incontáveis efeitos negativos a diversidade da fauna aquática, tendo potencial de ocasionar danos a estrutura morfológica e metabólica (BERGMAN et al., 2012).

Em estudos realizados na unidade experimental do Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento da UFMG, Brandt (2012) avalia a eficiência da remoção de fármacos e desreguladores endócrinos, como estradiol, etinilestradiol, bisfenol, diclofenaco, com o uso de reatores anaeróbios (UASB) com técnicas distintas de pós tratamento, nessa perspectiva, foram avaliados sistemas com UASB seguido do uso de filtro biológico percolador, lagoas de polimento e com wetlands. Por si só, os reatores anaeróbios não obtiveram efetividade na remoção dos microcontaminantes, porém quando associados a lagoas de polimento observou-se as melhores eficiências na remoção dos poluentes analisados.

Corroborando com esses resultados em análise a eficiência de remoção de micropoluentes de águas residuárias, realizadas em duas ETES, localizadas na cidade de Belo Horizonte, ambas recebendo contribuição de um hospital, com tratamentos distintos, uma com UASB/Filtro biológico percolado e a outra com decantadores seguidos de lodos ativados, Floripes et al (2018) concluiu que os lodos ativados corresponde ao sistema mais eficiente na remoção de naproxeno, enquanto que para o bisfenol o tratamento anaeróbio teve maior eficiência.

O sistema adotado pela UFVJM é composto por um reator circular UASB, destinado a remoção da DBO, um reator circular filtro anaeróbio, que auxilia a remoção da carga orgânica

remanescente, posteriormente o efluente passa por 3 lagoas de maturação, para remoção dos nutrientes e microrganismos, cada qual com 1 m de profundidade e o tratamento final é realizado em 5 áreas de solo com vegetação para disposição do efluente, que completa a remoção de N, P e patógenos. Essas áreas são utilizadas de forma intermitente até saturação, em sequência é feito rodízio. O lodo dos reatores é disponibilizado em um leito de secagem, após secagem o lodo produzido é encaminhado a um aterro dentro da própria ETE

O efluente final não é lançado em corpo receptor, pois o córrego mais próximo, conhecido como Córrego Soberbo, é rio de Classe Especial e por isso não pode receber lançamento de efluentes. A eficiência desse sistema na remoção de DBO é 94%, DQO de 93% e coliformes termotolerantes de 99,999%.

Em relação a região Sul os cenários estão descritos na tabela 12.

Tabela 12: Universidades do Sul e respectivos tratamentos

| Região | UF | Universidade | Fonte                  | Ano  | Possui ETE própria? | Vias de tratamento                                                                                                         | Realizam reuso?               |
|--------|----|--------------|------------------------|------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Sul    | SC | UFFS         | Docente da área        | 2019 | Possui ETE          | Grade + Desarenador + Decantador primário + Reator aeróbio com aeração prolongada + Decantador secundário + Desinfecção UV | Não faz reuso                 |
| Sul    | SC | UFSC         | Docente da área        | 2019 | Em implementação    | Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Lodos ativados + Desinfecção por UV                                          | Irrigação de paisagem         |
| Sul    | PR | UNILA        | TREVISSAN;<br>ORSSATTO | 2017 | Possui ETE          | Grade + Desarenador + Tanque de equalização + Reator biológico aeróbio + Filtro de areia + Desinfecção por cloro           | Mictórios e Bacias sanitárias |
| Sul    | PR | UFPR         | Docente da área        | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                          | —                             |
| Sul    | RS | UFCSPA       | Docente da área        | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                          | —                             |
| Sul    | RS | UFPEL        | Planejamento ambiental | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                          | —                             |
| Sul    | RS | UFSM         | Docente da área        | 2019 | Não possui ETE      | Solução individual - Tanque séptico + Filtro anaeróbio + Infiltração no solo                                               | Aulas Práticas                |
| Sul    | RS | UNIPAMPA     | Docente da área        | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                          | —                             |
| Sul    | RS | FURG         | Docente da área        | 2019 | Não possui ETE      | —                                                                                                                          | —                             |
| Sul    | RS | UFRGS        | ALBORNOZ et al.        | 2016 | Possui ETE          | Grade + Lodo ativado com aeração prolongada + Decantador secundário + Desinfecção com hipoclorito de sódio                 | Não faz reuso                 |

Fonte: Autora, 2019

Por fim tem-se a região Sul, que apresenta 43,93% dos esgotos das cidades coletados, tratando dessa parcela cerca de 44,93%. As vias de tratamentos utilizadas pelas universidades analisadas têm como princípio de remoção biológica o uso de lodos ativados, sejam eles convencionais ou com aeração prolongada.

Segundo Sperling (2014) o sistema de lodo ativado com aeração prolongada corresponde a configuração a qual necessita de uma maior disponibilidade de área, além de um elevado consumo de energia, quando comparado a sistema convencional. Este último possui eficiência de remoção de DBO de 85 a 93%, enquanto que para parâmetros como N e P a eficiência corresponde a valores menores que 60% e menores que 35%, respectivamente. Apesar de maiores investimentos econômicos, os sistemas de lodos ativados com aeração prolongada se sobressaem na remoção de parâmetros de DBO, onde são atingidos valores de 90 a 97%.

Em meio as crescentes, e cada vez mais difundidas, ideias ecológicas, ambientais/sociais, atreladas a saúde humana, sabe-se que as instituições de ensino superior compõe o grupo chave para a formação de opinião e pensamento crítico de uma sociedade, porquanto são capazes de despertar na comunidade acadêmica visões futuristas mediante assuntos ainda não tão difundidos.

Para Silva (2010) a responsabilidade ambiental deve ser considerada como um meio para se construir novos pensamentos em instituições de ensino, onde por meio da gestão ambiental e organizacional, os compartimentos do meio venham a ser protegidos, favorecidos pelo surgimento de uma relação benéfica entre ensino, pessoas e meio ambiente.

Essa conjuntura está relativamente associada com “n” fatores, compreendidos principalmente a esfera econômica, pela indisponibilidade de recurso, seja ele financeiro e/ou tecnológico. Em respostas aos questionamentos, vários docentes deixaram claro a importância e ânsia em se ter projetos dessa magnitude em suas alocações, mas relatam a situação econômica atual do país como um fator de inibição para a difusão de tecnologias adequas às questões ambientais. Tal preocupação está expressa em respostas dos docentes aos questionamentos realizados.

A UFPel não opera nenhuma E.T.E. própria até o momento. No entanto, há o interesse de viabilizarmos dois sistemas próprios de tratamento de esgoto sanitário naqueles que são nossos maiores *campi*, o Campus Capão do Leão e o Campus Anglo (Docente da UFPEL, 2019).

Existe uma proposta de implantação para o futuro, só não podemos precisar quando, já que depende de dotação orçamentária e o atual cenário econômico não é nada promissor (Docente da UNIPAMPA, 2019).

Apesar das instituições realizarem tratamento próprio em seus efluentes, se faz necessário avaliar o potencial de remoção das tecnologias adotadas, que estão intimamente relacionados com a operação e manutenção do sistema. Para fins de julgamento são adotados os limites exigidos na CONAMA 430/2011 e a CONAMA 355/2005. Além disso, serão observadas as legislações de padrões de efluentes estaduais.

Para os parâmetros não estabelecidos na legislação vigente serão analisados por meio da classe do corpo hídrico a qual será encaminhado, no entanto como não se tem total certeza dos enquadramentos dos corpos receptores, será adotado a classe II, por ser comumente a mais utilizada.

Para as legislações estaduais foram utilizadas as leis adotadas atualmente por cada estado estudado, sendo elas: Resolução 034/2012 do estado do Amazonas e a Resolução CONSEMA 128/2006 do estado do Rio Grande do Sul.

Em relação a CONSEMA 128/2006 os valores máximos permitidos para DBO, DQO E Sólidos suspensos são estimados mediante vazão do efluente lançado. A estação de tratamento da UFFS foi projetada para um total de 5.040 estudantes, sendo considerado um padrão de contribuição de esgoto de 50 L/d, como mostra a figura 14.

Figura 20: Padrões de lançamentos para efluentes líquidos domésticos, RS

| Faixa de vazão<br>(m <sup>3</sup> /d) | DBO <sub>5</sub> (mg<br>O <sub>2</sub> /L) | DQO (mg O <sub>2</sub> /L) | SS (mg/L) |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|-----------|
| Q < 20                                | 180                                        | 400                        | 180       |
| 20 ≤ Q < 100                          | 150                                        | 360                        | 160       |
| 100 ≤ Q < 200                         | 120                                        | 330                        | 140       |
| 200 ≤ Q < 500                         | 100                                        | 300                        | 100       |
| 500 ≤ Q < 1000                        | 80                                         | 260                        | 80        |
| 1000 ≤ Q < 2000                       | 70                                         | 200                        | 70        |
| 2000 ≤ Q < 10.000                     | 60                                         | 180                        | 60        |
| 10.000 ≤ Q                            | 40                                         | 150                        | 50        |

Fonte: CONSEMA 128/2006

Nenhuma das universidades da região Norte disponibilizou dados de eficiência de remoção das estações de tratamento dos esgotos operadas em seus campos, sendo assim, não foi avaliado os padrões de emissões desses sistemas.

A tabela 13 mostra que:

Tabela 13: Concentração final dos efluentes tratados

| Região   | UF | Universidade | Fonte           | Ano  | Vias de tratamento                                                                                                                                                  | Concentração final                                                                                                                                            | CONAMA 430/11<br>CONAMA 357/05                                                                                                         | Resolução Estadual                                                                                                                                                                |
|----------|----|--------------|-----------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nordeste | RN | UFRN         | Docente da área | 2019 | Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Valo de oxidação + Decantador secundário + Filtro Biológico (brita) + Leito de secagem + Tanque de cloração (cloro gasoso) | pH = 7,12<br>SDT = 410,26 mg/L<br>SST = 8,53 mg/L<br>Turbidez = 3,09<br>OD = 5,39 mg/L<br>DBO = 4,46 mg/L                                                     | pH = 5 a 9<br>P = 0,030 mg/L<br>SDT = 500 mg/L<br>SST = Não estabelecido<br>Turbidez = 100 UNT<br>OD > 5 mg/L<br>DBO = Max de 120 mg/L | Não possui legislação própria                                                                                                                                                     |
| Sudeste  | MG | UFLA         | SILVA           | 2017 | Grade + Caixa de gordura + Medidor de vazão + UASB + Filtro biológico aerado submerso + Filtro convencional + Desinfecção com cloro e UV                            | pH = 7,2<br>N = 19,6 mg/L<br>P = 0,7 mg/L<br>SDT = 481,5 mg/L<br>SST = 64,8 mg/L<br>Turbidez = 6,3 UNT<br>OD = > 5 mg/L<br>DBO = 40,0 mg/L<br>DQO = 86,6 mg/L | pH = 5 a 9<br>P = 0,030 mg/L<br>SDT = 500 mg/L<br>SST = Não estabelecido<br>Turbidez = 100 UNT<br>OD > 5 mg/L<br>DBO = Max de 120 mg/L | <b>Deliberação Normativa 01/2008</b><br>pH = 6 a 9<br>P = 0,020 mg/L<br>SDT = 500 mg/L<br>SST = 100 mg/L<br>Turbidez = 40 UNT<br>OD = > 6 mg/L<br>DBO = 60 mg/L<br>DQO = 180 mg/L |



|            |    |      |                 |      |                                                                                                                                        |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                   |
|------------|----|------|-----------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sul</b> | RS | UFFS | Docente da área | 2019 | Grade +<br>Desarenador +<br>Decantador primário +<br>Reator aeróbio com aeração prolongada + Decantador secundário +<br>Desinfecção UV | pH = 6,7<br>N= 64,53 mg/L<br>P = 0,012 mg/L<br>SST = 0,5 mg/L<br>Turbidez = 55 UNT<br>OD = 6,99 mg/L<br>DBO = 51,2 mg/L<br>DQO = 156,44 mg/L | pH = 5 a 9<br>N = 3,7 mg/L<br>P = 0,030 mg/L<br>SDT = 500 mg/L<br>SST = Não estabelecido<br>Turbidez = 100 UNT<br>OD > 5 mg/L<br>DBO = Max de 120 mg/L | <b>Resolução<br/>CONSEMA 128/2006</b><br>pH = 5 a 9<br>P = Não estabelecido<br>SST = 180 mg/L<br>DBO = 180 mg/L<br>DQO = 400 mg/L |
|------------|----|------|-----------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Para o parâmetro de pH as instituições estudadas nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país atenderam as legislações vigentes, tanto a nível federal quanto estadual, uma vez que se encontram na faixa permitida, o que não compromete a qualidade da água. A variação de pH nas ETES observadas possui valores entre 6,7 e 7,12, intervalo bem próximo da neutralidade, fator positivo, uma vez que se caracteriza como uma condição ótima para a manutenção da vida aquática.

Em análises à eficiência de uma estação de tratamento de esgoto sobre o Rio Parnaíba, Marçal e Silva (2017) observaram parâmetros importantes na indicação de potencial poluição ao corpo receptor dos efluentes, sendo o pH um deles, no entanto encontraram valores satisfatório em seus estudos, uma vez que a faixa de obtenção compreendia de 6,8 a 8,3.

A turbidez quando em níveis altos indica a presença de sólidos suspensos, algas e microrganismos nos esgotos que fornece aos efluentes, características de nebulosidade (RICHTER, 2007). Em análise as ETES, concluiu-se que todas operam dentro dos limites impostos pela legislação quanto aos valores de turbidez (100 UNT).

Em relação aos sólidos, os valores encontrados para tal avaliação apresentam máxima de 481,5 mg/L e 64,8 mg/L para sólidos dissolvidos totais e suspensos totais, respectivamente. Os tratamentos estão em conformidade com as imposições da legislação, tendo em vista que os valores não ultrapassaram o permitido, cujo valores são de 500 mg/L para os SDT, segundo a resolução CONAMA 430/2011, 180 mg/L e 100 mg/L para SST, conforme a CONSEMA 128/2006 e a Normativa 01/2008 dos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, por essa ordem. Apesar, deve-se atentar a eliminação de sólidos no efluente, tendo em vista que pode comprometer a qualidade e eficiência do tratamento, e induz a perda da biomassa do sistema.

De acordo com Silva e Oliveira (2001) os sólidos interagem indiretamente com o meio aquático, reduzem a penetração da luz, provoca o aquecimento da água e diminui os níveis de oxigênio dissolvido no ambiente, o que dificulta a existência da vida nesse ecossistema.

O oxigênio dissolvido também é um fator condicionante da vida em ambientes aquáticos, visto que as espécies fazem uso desse componente para desenvolvimento de suas atividades metabólicas, nessa perspectiva, ambas organizações se enquadram como eficiente nesse quesito, o que se leva a concluir que o tratamento realizado nos *campus* são eficazes, tendo em vista que ambas tem como resultados efluentes com índices de OD superiores a 5 mg/L.

A concentração de DBO nos efluentes finais variaram de 4,46 a 51,2 mg/L, condição que não induz a contaminação do corpo receptor, posto que os valores encontrados não ultrapassam o limite máximo de 120 mg/L para a CONAMA 430/2011 ou 180 mg/L e 60 mg/L

para as CONSEMA 128/2006 e a Normativa 01/2008 dos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais respectivamente. O valor de concentração máxima foi avaliado na UFFS, fato esse explicado pela alta carga orgânica presente em seu efluente bruto, em média 2000 mg/L, mas que também se encontra nos padrões, dado que foi capaz de remover 60% da carga orgânica do esgoto bruto.

Enquanto que a de DQO, disponibilizada apenas por duas das universidades, encontram-se em conformidade com o exigido, porquanto não excedem valores de 400 mg/L e 180 mg/L para CONSEMA 128/2006 e a Normativa 01/2008 dos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais nessa ordem.

De acordo com Nuvolari (2011) o fósforo corresponde a um dos mais importantes nutrientes disponíveis em processos biológicos para síntese bacteriana, e analisa-lo em processos aeróbios aerados constitui uma prática fundamental para compreensão dos níveis de funcionalidade do sistema. Para o parâmetro de fósforo temos que apenas duas das unidades disponibilizam dados quanto ao monitoramento desse parâmetro, com valores de 0,012 e 0,7 mg/L, uma delas, segundo dados, encontram-se acima do permitido pela legislação (0,030 mg/L). Geralmente essa presença de fósforo em excesso está relacionado com os usos da água na instituição, logo, como os efluentes são provenientes de atividades higiênicas, induz-se que tais concentrações podem ser explicadas pela presença de detergentes e/ou produtos químicos dessa composição.

Em se tratando das universidades que realizam reuso dos efluentes tratados foram identificadas 5 instituições, duas delas localizadas na região Nordeste e três situadas na região Sul, que reutilizam a água para fins de irrigação, realização de aulas práticas, bem como também para a descargas de mictórios e bacias sanitárias.

A realização do reuso das águas residuais pós tratamento nas instituições do Nordeste são direcionadas majoritariamente para a irrigação de paisagens dos *campus*, tal atitude, quando associada às condições climáticas, e conseqüentemente a pequena disponibilidade hídrica, caracterizam-se como uma opção inteligente, uma vez que tratam-se de localidades as quais a água é tida como um fator limitante para o desenvolvimento econômico e social.

De acordo com a NBR 13969/1993 para fins de reuso, a água deve atender algumas especificidades, que dependem das atividades a qual serão destinadas, no caso da UFRN, única universidade com dados de monitoramento da eficiência de remoção, que faz reuso do efluente, apresenta níveis aceitos quanto a quantidade de turbidez, estando dentro das especificidades para a atividade de irrigação paisagística, que assume valores menores que 5 NTU.

Propondo programas de reaproveitamento de águas servidas no *campus* São Carlos da USP, após avaliação de todo sistema de esgotamento sanitário, Botasso, Loureiro e Dias (2014) sugeriram que para as estruturas de edifício a serem construídas, houvesse a implementação da recirculação das águas das pias para os vasos sanitários, com a finalidade de reduzir a demanda de água potável para fins que não necessitam do recurso em sua qualidade máxima.

A universidade de Santa Catarina, localizada na região Sul do país, faz uso de mictórios sustentáveis, nos banheiros masculinos do centro socioeconômico da instituição, onde as águas advindas dos lavatórios são reutilizadas na lavagem dos mictórios, na busca da redução do uso de águas de boa qualidade, o que resultou para a universidade uma economia de R\$ 438,66 reais e 55,83 m<sup>3</sup> de água por mês (SILVEIRA ET AL., 2014).

A Emory University, em busca da redução de sua demanda por água potável, foi pioneira nos Estados Unidos por desenvolver um projeto de tratamento ecológico das águas residuárias produzidas no *campus*. O sistema intitulado como WaterHub é composto por uma estufa de concreto e vidro e uma série de tanques, as águas provenientes do esgoto são encaminhadas para a estufa, seguem por câmaras aeróbias, anóxicas e anaeróbias que contem meios de suporte como raízes de plantas com o propósito de abrir os microrganismos necessário a decomposição do efluente. A água obtida nesse processo é utilizada para alimentação de equipamentos de vapor e resfriadores, bem como para a descarga sanitária das residências (ALLISON, LOHAN E BALDWIN, 2018).

Na universidade de Kwame Nkrumah em Gana, há projetos que estudam o potencial de produção de biogás e possível reaproveitamento do recurso como fonte de energia, advindo da estação de tratamento do campus universitário, a universidade faz uso de processos anaeróbios para beneficiamento dos efluentes, tecnologia propicia para a geração de gás metano (ARTHUR e BREW-HAMMOND, 2010).

Na China, especificamente na Faculdade de Tecnologia da Informação de Dalian, as águas residuárias tratadas no campus são reutilizadas para lavagens de espaços e irrigação, em busca da redução de consumo dos recursos hídricos (SUN, LIU e ZHOU, 2003).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As instituições de ensino superior tem papel de extrema importância na fundamentação do pensamento crítico da comunidade, bem como agente de responsabilidades múltiplas, surgem como um instrumento na busca pelo desenvolvimento em prol da salubridade do meio e na promoção da saúde pública, uma vez que possuem estruturas e conhecimento necessário com destino a produzir soluções para problemas instalados em dada sociedade.

Com foco no saneamento básico, um dos maiores impasses enfrentados até então, principalmente em comunidades de pequeno porte, refletido pelo lançamento inadequado de esgotos sem tratamento, as universidades geram conhecimento e despertam um olhar para as questões voltadas para o meio como um todo. A responsabilidade ambiental em unidades de ensino superior, vem tomando proporções gigantescas em todo o mundo, a consciência da necessidade da atenção para com o meio se intensifica cada vez mais e é evidenciada por projetos acadêmicos realizados em parcerias com órgãos da área.

Perante análise ao cenário brasileiro desenhado é notório o quão pequena ainda é a parcela de contribuição das universidades do país em relação a alternativa própria de lidar com seus efluentes, uma vez que, apenas 13 das 61 instituições estudadas possuem estações de tratamento de esgoto em seus *campus*. Os tratamentos adotados pelas instituições investigadas vão de acordo com a região a qual estão inseridas, principalmente no que tange ao atendimento de serviços de coleta e tratamento de efluentes disponibilizadas pelas prestadoras dos estados. Das 61 universidades investigadas no país, a região que apresenta maior número de unidades descentralizadas para beneficiamento de esgoto é a Nordeste, contabilizando um número de 5 faculdades.

De modo geral, tem-se que os esgotos são tratados nas imediações dos *campus*, por meio de estações de tratamento de esgoto em 5 universidades da região Nordeste, nenhuma delas situadas no Centro Oeste, 3 na região Norte, 2 no Sudeste e 3 delas no Sul. Dentre as tecnologias utilizadas nas 13 universidades pode-se citar os reatores anaeróbios de fluxo ascendente e os reatores aeróbios como as vias mais utilizadas, em decorrência da fácil operação e menores investimentos econômicos e disponibilidade de área.

No tocante, as prestadoras de serviços de esgotamento sanitário atendem 11 das universidades, 8 delas fazem usos de soluções individuais, geralmente com tanques sépticos e suas variações, enquanto de 3 instituições estão em fase de implementação dos seus sistemas, as demais divide-se aos números das quais não aderiram a pesquisas e as que não apresentaram

estações de tratamento de esgoto própria, bem como a ausência de informação quanto a disponibilidade final dada aos efluentes do *campus*.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Jorcy. Processos de tratamento de efluentes. Disponível em: <https://www.jorcyaguiar.com/2011/01/processos-de-tratamento-de-efluentes.html>. Acesso em: 11 de julho de 2019.

ALISSON, D; LOHAN, E; BALDWIN, T. O WaterHub in Emory University: Campus resilience through decentralized reuse. *Water Environ Res.* 2018 1 de fevereiro; 90 (2): 187-192.

ANDRADE, Larice Nogueira De. Autodepuração dos corpos d'água. *Revista da Biologia*, v. 5, p. 16-19, 2018.

ARTHUR, Richard; BREW-HAMMOND, Abeeku. Potential biogas production from sewage sludge: A case study of the sewage treatment plant at Kwame Nkrumah university of science and technology, Ghana. *International Journal of Energy & Environment*, n. 6, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648. (1986) Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Procedimento. Rio de Janeiro, 5 p.

BARROS, Ricardo Victor de Oliveira. Verificação do dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto de um hospital. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap. 3, p. 63 - 110. (Projeto PROSAB).

BERTONCINI, Edna Ivani. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.  
BERGMAN, Å.; HEINDEL, J.J.; JOBLING, S.; KIDD, K.A.; ZOELLER, R.T. (2012) State of the science of endocrine disrupting chemicals. Suíça: United Nations Environment Programme and the World Health Organization. 260p.

BORGES, Luis Antonio Coimbra; DE REZENDE, José Luiz Pereira; PEREIRA, José Aldo Alves. Evolução da legislação ambiental no Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 2, n. 3, p. 447-466, 2009.

BOTASSO, Aline Marcon; LOUREIRO, Eduardo Mayer Monteiro; DIAS, Pâmela Castilho. Gestão da água na área I do Campus São Carlos – USP, 2014.

BRAGA, Benedito. Introdução à engenharia ambiental. 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRANDT, Emanuel Manfred Freire. Avaliação da remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em sistemas simplificados de tratamento de esgoto (reatores UASB seguidos de pós-tratamento), 2012.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 20 de abril de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)> Acesso em: 20 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 20 de abril de 2019.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 20 de abril de 2019.

BRASIL, FNS; BRASIL. Manual de saneamento, 2006.

BRITO, Brenda; BARRETO, Paulo. Aplicação da lei de crimes ambientais pela justiça federal no setor florestal do Pará. In: Caderno de Teses do II Congresso Nacional da Magistratura e do Ministério Público para o Meio Ambiente, Araxá, MG. 2004.

BITTON, G. Wastewater Microbiology. 4th ed. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. New Jersey, USA. 2011. 804 p.

CALIJURI, Maria Lúcia; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; MAGALHÃES, Tiago de Brito; CAPELETE, Bruna Cesca; DIAS, Edgar Henrique de Oliveira. Domestic wastewater treatment in UASB-horizontal flow constructed wetlands systems: organic matter, solids, nutrients and coliforms removal. Eng Sanit Ambient | v.14 n.3 | jul/set 2009 | 421-430.

CAMPOS, José Roberto (coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição controlada no solo. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. FINEP/CNPq/Caixa Econômica Federal. Rio de Janeiro, 2000.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; RIBEIRO, Thiago Bressani; GARCIA, Guilherme Brugger; LERMONTOV, André; PLATZER, Christoph Julius; POSSETTI,

COLLERE, Gustavo Rafael; ROSSETO, Mário Augusto. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. Revista DAE, vol 66, 2017.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte, UFMG. 2016.

CONSEMA - Conselho Estadual Do Meio Ambiente. Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial da república federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de novembro de 2006. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201611/30155644-resolucao-128-06-efluentes.pdf>. Acesso em: 20 de julho de 2019.

CORNELLI, Renata; AMARAL, Fernando Gonçalves; DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. Métodos de Tratamento de Esgotos Domésticos: Uma Revisão Sistemática. – Revista de estudos ambientais (Online) v.16, n. 2, p.20-36, jul./dez. 2014

CLOERN, James E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Marine ecology progress series, v. 210, p. 223-253, 2001.

DEL-GUERCIO, Anita Martins Fontes; CHRISTOFOLETTI, Cintya Aparecida; FONTANETTI, Carmem Silvia. Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico pelo teste do micronúcleo em *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). Eng. sanit. ambient, v. 22, n. 6, p. 1121-1128, 2017.

DESMIT, X. et al. Reducing marine eutrophication may require a paradigmatic change. Science of the Total Environment, v. 635, p. 1444-1466, 2018.

ETAPA EP. Planta de tratamiento de aguas residuales Ucubamba. Disponível em: <https://www.etapa.net.ec/Informaci%C3%B3n/Saneamiento/Plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>. Acesso em: 04 de julho de 2019.

FERREIRA, Fabiana Dian; CORAIOLA, Márcio. Eficiência do lodo ativado em fluxo contínuo para tratamento de esgoto, 2008.

FRANÇA, Edemir et al. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO DIREITO AMBIENTAL. JICEX, v. 7, n. 7, 2017.

FILHO, Jose Juca Moraes. O assoreamento dos lagos Igapó I e II na cidade de Londrina. 2018.

FILHO, Kamel Zahed. PORTO, Rubem La Laina; SILVA, Ricardo Martins Da. Medição de vazão e curva chave. Apostila de Hidrologia Aplicada. 2001.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Curso de direito ambiental brasileiro. Editora Saraiva, 2018.



GASPAR, Flávia Cristina; MICHELAM, Thiago Henrique; FARAH, Solange Pereira dos Santos. Sistemas de tratamento de efluente sanitário utilizados no município de Bebedouro/SP, 2017.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. A cobrança pelo uso da água. Revista CeJ, v. 4, n. 12, p. 71-74, 2000.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. Métodos de pesquisa. Plageder, 2009.

GUERCIO, Anita Martins Fontes Del; CHRISTOFOLETTI, Cintya Aparecida; FONTANETTI, Carmem Silvia. Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico pelo teste do micronúcleo em *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). Eng. sanit. ambient, v. 22, n. 6, p. 1121-1128, 2017.

GOMUNDANHE, Almeida Meque. Sistemas de tratamento de água e esgoto, 2015.

HREIZ, Rainier; LATIFI, M. Abderrazak; ROCHE, Nicolas. Optimal design and operation of activated sludge processes: State-of-the-art. Chemical Engineering Journal, v. 281, p. 900-920, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Marcelino Vieira. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/marcelino-vieira/panorama>. Acesso em: 06 julho. 2019.

JÚNIOR, Félix Mendonça. Instrumento de gestão das águas. Centro de estudos e debates estratégicos, 2015.

J.W. Ma, Y.Y. Feng, Y. Hu, E.N. Villegas, L.H. Xiao, **Human infective potential of *Cryptosporidium* spp., *Giardia duodenalis* and *Enterocytozoon bienersi* in urban wastewater treatment plant effluents**, pp. 411-423, 2016

KUNZ, Airton; AMARAL, André Cestonaro do; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Sbera Embrapa Suínos e Aves Concórdia, SC, 2019.

MA, J.W; FENG, Y.Y; Y. Hu, VILLEGAS, E.N; XIAO, L.H. Human infective potential of *Cryptosporidium* spp., *Giardia duodenalis* and *Enterocytozoon bienersi* in urban wastewater treatment plant effluents, pp. 411-423, 2016.

MAIO, Gabriela Fonteles. Práticas de Gestão Sustentável na Universidade Federal de Rondônia. 2017.

MARTINS, Ana Priscila de Oliveira Félix; OLIVEIRA, Renato de; RODRIGUES, Damiana da Silva; PAIVA, Marcela Viana Cabral; AMORIM, Miriam Cleide Cavalcante. Avaliação do desempenho de reatores UASB no tratamento de esgoto sanitário do município de Petrolina-PE, 2016.

MARÇAL, Daniel Araújo; SILVA, Carlos Ernando. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). Eng Sanit Ambient | v.22 n.4 | jul/ago 2017.

MARUJO, André Vinicius; TESK, Kamyla Taysa; ANTUNES, Carla Cristiane do Nascimento. O código das águas, 2015.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 652–659. 2009.

MENEZES, Dayse de Oliveira; NETO, Absalão Carvalho; SILVINO, Guilherme. Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto – ETES. Belo Horizonte, 2006.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. McGraw Hill Brasil, 2015.

METCALF, L.; EDDY, H. Wastewater engineering: treatment and reuse. 4. ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. McGrawHill, New York, 2003

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Portal UFLA. Pesquisa demonstra eficiência da ETE da UFLA na remoção de microcontaminantes do esgoto. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/pesquisa/13006-pesquisa-demonstra-eficiencia-da-estacao-de-tratamento-de-efluentes-da-ufla-na-remocao-de-microcontaminantes-do-esgoto>. Acesso em: 25 de Julho de 2019.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Dados do censo da educação superior, 2017. Disponível em: [http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset\\_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-da-educacao-superior-as-universidades-brasileiras-representam-8-da-rede-mas-concentram-53-das-matriculas/21206](http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-da-educacao-superior-as-universidades-brasileiras-representam-8-da-rede-mas-concentram-53-das-matriculas/21206). Acesso em: 08 de julho de 2019.

MIRANDA, Liliane de Jesus Nascimento; SCHIER, Dirlei Afonso. A influência do ensino de história na educação infantil e formação do aluno. *Revista Educação em Foco*, 8. ed. 2016.

MORAIS, Leandro Cardoso de; GUANDIQUE, Manuel Enrique Gamero. Reservatórios em metrópoles e tratamentos de seus efluentes, 2015.

MORELLI, Ben et al. Critical review of eutrophication models for life cycle assessment. *Environmental science & technology*, v. 52, n. 17, p. 9562-9578, 2018.

NATHANSON, Jerry A.; AMBULKAR, Archis. wastewater treatment. *Encyclopædia Britannica*, 2018. Disponível em: < <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment> > Acesso em: 25 de abril de 2019.

NETO, Azzolino Nelson. Atendimento à norma NBR 12.209/2011 na implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos no município de Guaratinguetá (SP). 2015. 61 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/124194>. Acesso em: 04 de julho de 2019.

NUNES, Enedina Betânia Leite de Lucena Pires; PEREIRA, Isabel Cristina Auler; PINHO, Maria José de. A responsabilidade social universitária e a avaliação institucional: reflexões iniciais. 2017.

NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, Edson Carlos Machado. Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da radiação ultravioleta. Florianópolis, 2003.

PAULA FERREIRA, Mateus; GARCIA, Mariana Silva Duarte. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. Dignidade Re-Vista, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.

PEREIRA, Eliane Leonora da Silva. Utilização de biofiltro aerado submerso no tratamento de efluentes de curtume submetido a processo de pré-tratamentos físico-químico e anaeróbio. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

PIVELI, Roque Passos. (2006). Tratamento de Esgotos Sanitários. Apostila do curso de tratamento de Esgotos Sanitários. EP-USP, SP, 71 p.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Estudos Avançados, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

PROBIOGÁS. Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto. Brasília: Ministério das Cidades, 183p. 2015.

PRODANOV, Kleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2ª edição. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul - Brasil 2013

Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA. Esgotamento sanitário: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1. Belo Horizonte, 2008.

RUÍZ, I.; DÍAZ, M. A.; CRUJEIRAS, B.; GARCÍA, J.; SOTO, M. Solids hydrolysis and accumulation in a hybrid anaerobic digester-constructed wetlands system. Ecological Engineering, v. 36, p. 1007-1016, 2010.

SALEH, Bruno Botelho. Curso de Gestão Ambiental e Tecnólogo em Efluentes. Tratamento de Efluentes. Goiânia. [200-].

SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. Cortez editora, 2017.

TELLES, D. A; COSTA, R. H. P. G. Reuso da água; conceitos, teorias e práticas. 1ª edição. São Paulo: Blucher, 2007.

SALIBA, Pollyane Diniz. Avaliação do desempenho de sistema de tratamento de esgoto sanitário composto de reator UASB seguido de lodo ativado: estudo de caso da ETE Betim Central-MG, 2016.

SAMAE. Serviço Autônomo Municipal de Águas e Esgoto. Operador de estação de tratamento de água e esgoto. Caxias do Sul, 2013.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná). Operação de Estação de Tratamento de Esgoto, Tratamento biológico anaeróbio; Manual de Treinamento. Curitiba, 2005.

SANT'ANNA JUNIOR, G. L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 424 p. 2013.

SANTOS, João Victor Tenório da Silva. Avaliação do desempenho de filtro biológico como pós-tratamento de reator combinado anaeróbio-aeróbio de leito fixo visando o reuso de esgoto sanitário. 2018.

SCHLUSAZ, Maiara. Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluentes (ETE – ronda, ponta grossa – PR) através da análise de parâmetros físico-químicos. 2014.

SESAMM, Serviço de Saneamento de Moqui Mirim. Água e Esgoto. Tratamento de Esgoto. Disponível em: <http://www.sesamm.com.br/pagina/decantadore-secundario/>. Acesso em: 04 de julho de 2019.

SEDLAK, D. L.; VON GUNTEN, U. The chlorine dilemma. Science, vol. 331, p. 42-43. 2011.

SILVA, Jaíza Ribeiro Mota. Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto em solo cultivado com grama esmeralda (*Zoysia japonica*), 2017.

SILVEIRA, Maria Luiza Gesser da; COELHO, Tainá Terezinha; KLAES, Luís Salgado; Souza, Rafael de; LIZ, Luiz Gustavo Abou Hatem de. Gestão universitária sustentável: estudo de caso de reuso de águas cinzas, 2014.

SINHA, E.; MICHALAK, A. M.; BALAJI, V. Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. Science, v. 357, n. 6349, p. 405-408, 2017.

SUN, Zhong; LIU, Yong; ZHOU, Tao. Water reutilization in student dormitories. Journal of Dalian Fisheries University, 2003.

TRATA BRASIL. Esgotos. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>> Acesso em: 20 de novembro de 2018.

TRATA BRASIL. Esgotos. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>> Acesso em: 25 de abril de 2019.

VARELLO, Daniel. Fundamentals of Air pollution. Academic Press, ed. 5th, 2014.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 4 ed. 472p.: il. – (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1).

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Estudos Avançados, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 2014.

## **APÊNDICE**

### **Questionário encaminhado às universidades**

1. O campus possui estação de tratamento de esgoto própria, isto é, cuja instalações não são ligadas a rede pública?

☐ Sim

☐ Não

☐ Em fase de implementação

Se a resposta for sim responda as questões subsequentes, e caso seja não, finalize a respostas.

2. Quais as via de tratamento são utilizadas?

3. O esgoto tratado é reutilizado em alguma atividade no Campus?

☐ Sim

☐ Não

4. Caso a resposta seja sim, em qual?

5. No campus foi realizado algum trabalho científico que externe a eficiência do tratamento da ETE em questão?