



CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST - UNIFACVEST
PRISCILA MENDES DA CONCEIÇÃO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS LIBERADAS EM SISTEMAS FLORESTAIS DE
OMBRÓFILA MISTA NO MUNICÍPIO DE CURITIBANOS, SC.**

Lages-SC
2019

PRISCILA MENDES DA CONCEIÇÃO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS LIBERADAS EM SISTEMAS FLORESTAIS DE
OMBRÓFILA MISTA NO MUNICÍPIO DE CURITIBANOS, SC.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Graduação
em Engenharia Química do Centro
Universitário Facvest - Unifacvest,
como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Químico.

Supervisor: Rodrigo Vieira

Lages-SC

2019

PRISCILA MENDES DA CONCEIÇÃO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ÁGUAS
RESIDUÁRIAS LIBERADAS EM SISTEMAS FLORESTAIS DE
OMBRÓFILA MISTA NO MUNICÍPIO DE CURITIBANOS, SC.**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Químico e aprovado em sua forma final pelo Supervisor pedagógico do Curso de Engenharia Química, do Centro Universitário Facvest – Unifacvest.

Lages, 27 de Outubro de 2019.

Professor e Orientador Nome do Supervisor, MSc Aldori Batista dos Anjos
Centro Universitário Facvest - Unifacvest

Professor e Coorientador Nome do Supervisor, MSc Rodrigo Vieira
Centro Universitário Facvest - Unifacvest

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar forças espirituais.

Aos meus pais Madalena e Francisco pelo amor incondicional e por me dar a vida.

Ao Professor MSc Rodrigo Vieira e Professora Dr^a Maria Benta por me dar apoio e me orientar neste trabalho.

À Universidade do Federal de Santa Catarina por conceder a oportunidade de estágio e o uso do Laboratório de Análises Químicas para a realização das experiências deste trabalho.

Aos Laboratoristas Claudio e Ketlin e ao Professor Dr^o Joni por me ajudar no desenvolvimento dos protocolos de análise do esgoto.

Ao Operador de ETE Higor por me passar o funcionamento detalhado da ETE.

Ao meu esposo Joel pelo o amor e carinho e por estar presente na minha vida.

Ao meu filho Matheus por me permitir viver a linda função de ser mãe me tornando a pessoa mais realizada deste mundo me completando como ser humano.

Aos meus irmãos Gisele, Francislene, Edemilson, Denilson e Marcelo pela dedicação e compreensão por toda esta jornada.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar os parâmetros físicos e químicos do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de uma Universidade que possui dispersão da água tratada em sistema florestais de ombrófila mista localizada no município de Curitiba, SC. O trabalho foi desenvolvido com a coleta das amostras de efluente bruto e de efluente tratado, após foram feitas as análises físico-químicas comparando as amostras e inferindo sobre sua eficiência e possíveis alternativas de reúso. Os parâmetros de análises que foram realizados: DBO, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis e sólidos sedimentares, Fósforo Total, Fósforo Inorgânico e Orgânico. Para o esgoto bruto encontrou-se uma média de 8,20 para pH, 37,49 NTU para turbidez, 1544,33 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para condutividade elétrica, 15,10 mg/L de fósforo total e 80,8 mgO₂/L para DBO. Já no efluente tratado encontrou-se uma média de 6,95 para pH, 4,38 NTU para turbidez, 1086,96 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para condutividade elétrica, 10,11 mg/L de fósforo total e 22,15 mgO₂/L para DBO. Obtendo respectivamente 88,31%, 29,61%, 33,04% e 72,58% de porcentagem de remoção dos parâmetros: Turbidez, condutividade elétrica, fósforo total e DBO. Dentre as possibilidades de reúso encontrada pode-se citar o uso agrícola na irrigação restrita bem como lavagem de carros; lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins e descargas de vasos.

Palavras-chave: Reúso, Tratamento de Efluentes, Parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the physical and chemical parameters of the effluent from the Sewage Treatment Station of a University that has dispersed treated water in mixed ombrophilous forest systems located in the municipality of Curitiba, SC. The work was developed with the collection of samples of raw effluent and treated effluent, after the physical-chemical analyzes were made comparing the samples and inferring about their efficiency and possible reuse alternatives. The analysis parameters that were performed: BOD, pH, electrical conductivity, turbidity, total solids, fixed solids, volatile solids and sedimentary solids, Total Phosphorus, Inorganic and Organic Phosphorus. For raw sewage an average of 8.20 was found for pH, 37.49 NTU for turbidity, 1544.33 $\mu\text{s} / \text{cm}$ for electrical conductivity, 15.10 mg / L of total phosphorus and 80.8 mgO₂ / L for DBO. In the treated effluent, an average of 6.95 was found for pH, 4.38 NTU for turbidity, 1086.96 $\mu\text{s} / \text{cm}$ for electrical conductivity, 10.11 mg / L of total phosphorus and 22.15 mgO₂ / L for DBO. Obtaining respectively 88.31%, 29.61%, 33.04% and 72.58% percentage of removal of the parameters: Turbidity, electrical conductivity, total phosphorus and BOD. Among the possibilities of reuse found, we can mention the agricultural use in restricted irrigation as well as car washing; washing of floors, sidewalks and irrigation of gardens and discharging of pots.

Keywords: Reuse, Effluent Treatment, Physico-chemical parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Vista da Estação de Tratamento de Esgoto, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.....	32
Figura 2–Fluxograma Adaptado da ETE da UFSC no Município de Curitibanos, 2019.....	33
Figura 3–Sistema de Gradeamento Ponto 1 efluente bruto, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.....	34
Figura 4– Localização do Ponto 2 efluente tratado, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.....	34
Figura 5– Disposição final de esgoto na floresta Ombrófila Mista no Município de Curitibanos, 2019.....	35
Figura 6– Amostra de esgoto bruto (esquerda) e esgoto tratado (direita), Laboratório 208-UFSC em Curitibanos.....	35
Figura 7– Análise de pH do esgoto bruto.....	36
Figura 8– Análise de turbidez do esgoto bruto.....	37
Figura 9– Análise de sólidos totais fixos e voláteis. a) À direita esgoto bruto e à esquerda esgoto tratado em cápsulas de porcelana; b) Amostras já secas em estufa, esfriando em dessecador; c) Pesagem de amostra para cálculo de sólidos totais; d) Amostras calcinando em mufla para cálculo de sólidos fixos e voláteis.....	38
Figura 10– Análise de sólidos sedimentáveis em cone Imhoff, a direita esgoto tratado, a esquerda esgoto bruto.....	39
Figura 11–Análise de DBO. a) Medição de oxigênio dissolvido em amostra de esgoto diluída antes da incubação; b) Medição de oxigênio dissolvido em amostra após o período de incubação de cinco dias.....	41
Figura 12– Análise de condutividade elétrica de esgoto bruto.....	41

Figura 13– a) Desenvolvimento da cor das amostras de esgoto; b) Digestão das amostras de esgoto; c) Leitura da absorvância da amostra utilizando o espectrofotômetro.	42
Figura 14– Padrões utilizados para obter a equação da reta que relaciona absorbância com concentração de fósforo.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Principais características físicas e químicas dos esgotos domésticos.	18
Quadro 2– Classificação e definição do reúso de efluentes.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais parâmetros de controle para o reúso de efluentes tratados.	26
Tabela 2– Classificação e valores de parâmetros de esgoto para reuso segundo a NBR 13.969 (1997)	27
Tabela 3 – Média das características físico-químicas do efluente bruto (P1) e efluente tratado (P2) do Campus Universitário.	44
Tabela 4 – Parâmetros utilizados para avaliação do reúso do efluente tratado.....	48
Tabela 5 – Alternativas de reúso e parâmetros em não conformidade	49
Tabela 6 – ETE UFSC: Valores médios das concentrações dos padrões físicos químicos analisados.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

UFSC Universidade Federal de Santa Catarina

UASB Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente

ETE Estação de Tratamento de Esgoto

CETE – UFRJ Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal do Rio de Janeiro

DBO Demanda Bioquímica de Oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	17
2.1 SANEAMENTO AMBIENTAL.....	17
2.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)	19
2.3.1 Tratamento primário	20
2.3.1.1 Gradeamento	20
2.3.1.2 Caixa de areia	20
2.3.1.3 Calha Parshall	21
2.3.1.4 Caixa elevatória.....	21
2.3.2 Tratamento secundário	21
2.3.2.1 Tratamento anaeróbico	21
2.3.2.2 Tratamento aeróbio.	22
2.3.3 Tratamento terciário.....	23
2.4 REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	24
2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DO ESGOTO.	28
2.5.1 Características Químicas do Esgoto.....	28
2.5.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	28
2.5.1.2 pH.....	29
2.5.1.3 Fosfato total / Ortofosfato	29
2.5.1.4 Condutividade elétrica.....	30
2.5.2 Características físicas do esgoto	30
2.5.2.1 Turbidez	30
2.5.2.2 Temperatura	30
2.5.2.3 Sólidos.....	31
3. METODOLOGIA	32
3-1 DESCRIÇÃO DA ETE.....	32
3.2 AMOSTRAGEM	33

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS ESGOTOS.....	36
3.3.1 Procedimento análise de pH.....	36
3.3.2 Procedimento análise de OD	36
3.3.3 Procedimento de análise de turbidez.....	37
3.3.4 Procedimento análise sólidos	37
3.3.4.1 Sólidos Totais, Fixos e Voláteis.....	37
3.3.4.2 Sólidos Sedimentáveis	38
3.3.5 Procedimento análise DBO.....	39
3.3.6 Procedimento análise de Condutividade Elétrica.....	41
3.3.7 Procedimento análise de Fósforo Total, Inorgânico e Orgânico.	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
4.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO ESGOTO.....	44
4.2 AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE REÚSO.....	48
5. CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A	56

1. INTRODUÇÃO

Segundo Libânio (2010) cerca de 75% da superfície da terra é ocupada por água, não obstante é o composto inorgânico mais abundante da matéria viva além de ser o solvente universal da maioria das substâncias. Entretanto apenas 0,003% do volume total de água no planeta servem para utilização direta (BRAGA et al., 2005).

Os recursos hídricos são utilizados para diversos fins tais como: Abastecimento doméstico; abastecimento industrial; irrigação; dessedentação de animais; preservação da flora e fauna; recreação e lazer; geração de energia elétrica; navegação e diluição de despejos (DERISIO, 2012).

Com o uso da água se originam os esgotos. Segundo Metcalf e Eddy (2003) o esgoto ou efluente é água obtida após consumo proveniente de diversos setores, da indústria, residências, comércio, regimes pluviais e demais atividades tendo como combinação de diferentes resíduos líquidos ou sólidos.

Devido à importância da água há a necessidade crescente da destinação adequada do esgoto sanitário onde este deve ser tratado para a melhoria da saúde populacional e equilíbrio dos ecossistemas (MELO; STUMPF, 2011). Portanto, o tratamento dessas águas após o uso é de fundamental importância, tanto no que se refere à preservação do meio ambiente, quanto à possível reutilização dessas em outras atividades (NUVOLARI, 2011).

O esgoto pode variar conforme as características locais, culturais e poder aquisitivo da população necessitando de tratamento específico além de monitoramento e análises de suas características físicas e químicas como DBO, pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais e Sedimentares, Fosforo Total dentre outros para avaliar a eficiência das estações de tratamento bem como se o esgoto tratado atende as legislações vigentes (VON SPERLING, 2005).

Diante da necessidade de tratar as águas residuais foram fabricadas as ETEs para tratar os efluentes para que possam ser lançados nos corpos hídricos receptores sem causar danos ambientais (SILVA, 2006). Dentro desse contexto, os reatores UASB estão sendo mais utilizados no mundo para o tratamento de esgoto,

devido a sua elevada simplicidade operacional, o baixo grau de mecanização e o baixo custo (VAN HAANDEL et al., 2006).

A legislação brasileira prevê na resolução de 430/2011 do CONAMA que os esgotos lançados devem obrigatoriamente atender aos padrões físico-químicos e biológicos do seu corpo receptor. A partir desses fatores observa-se a necessidade de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que funcione de maneira correta, para que o esgoto não acarrete problemas ambientais e sociais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os parâmetros físico-químicos do efluente bruto e tratado de uma estação de tratamento de esgotos inferindo sobre sua eficiência.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar o funcionamento da estação de tratamento de efluentes com os parâmetros físico-químicos.

- Avaliar as condições de reuso do efluente final da ETE da Universidade no município de Curitiba verificando os possíveis destinos.

- Propor sugestões para trabalhos futuros no que se refere aos impactos causados no solo onde o esgoto tratado é lançado.

2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

2.1 SANEAMENTO AMBIENTAL

Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar um ambiente capaz de prevenir a ocorrência de doenças veiculadas pelo meio ambiente e de promover condições favoráveis à saúde da população urbana e rural, ou seja, chama-se de salubridade ambiental (BRASIL, 2013).

Segundo Barros et al. (1995) a estrutura de saneamento adequada garante a saúde da população, e os educam a ter práticas mais saudáveis de higiene. A definição de esgotamento sanitário segundo Von Sperling (2005) é de sistemas de tubulações que transportam os despejos individuais/ domiciliares ou coletivos quando se trata de lugares com elevada densidade populacional para estações de tratamento.

De acordo com Silva (2014), a falta de saneamento básico tem acarretado diversos problemas à população, sendo que a proliferação de doenças de veiculação hídrica é gerada através dos esgotos que correm a céu aberto e também pela poluição dos mananciais. O tratamento de efluentes é extremamente necessário, pois o mesmo está ligado diretamente à poluição ambiental de recursos hídricos que são utilizados para a captação de águas para consumo humano e de animais, além de inúmeras doenças causadas pela ingestão ou contato com águas contaminadas como, por exemplo, cólera, hepatite A, esquistossomose, leptospirose, diarreia entre outras (IBGE, 2011).

Diversos autores têm desenvolvido pesquisas relacionadas à avaliação da eficiência dos sistemas de tratamento de esgoto em vários estados (SILVA, 2014; MORAIS, 2011), visando confirmar o atendimento ou não dos parâmetros de descarte e subsidiando ações para adequação dos mesmos.

No Brasil, a legislação ambiental estabelece normas e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos, empregando resoluções, leis e decretos de âmbito nacional, estadual ou municipal (SCOTTA, 2015).

2.2 Esgoto sanitário

Segundo definição da norma técnica brasileira NBR9648 (ABNT, 1986) o esgoto sanitário é o despejo líquido formado por esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. A norma estabelece a definição de:

- a) Esgoto doméstico: É o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.
- b) Esgoto industrial: É resultado do uso da água em processos industriais.
- c) Água de infiltração: Proveniente do subsolo indesejável e que penetra nas canalizações.
- d) Contribuição pluvial parasitária: É a parcela de escoamento superficial da água da chuva que sem poder evitar é absorvida pela rede de esgoto.

Ainda para Nuvolari (2011) o esgoto sanitário é gerado a partir da água de abastecimento uma vez que sua medida é resultante da quantidade de água que é consumida. Geralmente esta medida é expressa em taxa de consumo per capita e varia conforme cultura e costumes de cada localidade. No Quadro 1 estão elencadas as principais características físicas e químicas do esgoto.

Quadro 1- Principais características físicas e químicas dos esgotos domésticos.

Parâmetro	Descrição (continua)
Temperatura	Ligeiramente superior da água de abastecimento. Variação conforme a estação do ano. Influência na atividade microbiana. Influência na solubilidade dos gases. Influência na viscosidade do líquido.
Cor	Esgoto fresco: Ligeiramente cinza. Esgoto antigo: Cinza escuro ou preto.
Odor	Desagradável. Odor fétido devido ao gás sulfídrico e outros produtos da decomposição.
Sólidos Totais	É fração de sólidos orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos e sedimentáveis.

Matéria Orgânica	Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos, como principais componentes pode-se citar as proteínas, carboidratos e lipídios.
Nitrogênio Total	O nitrogênio Total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento de microrganismo no tratamento biológico.
Fósforo	O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. Necessário para o tratamento biológico.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto.
Turbidez	Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão.

Fonte: Adaptado de Nuvolari (2011); Von Sperling (1996).

Há poucos estudos publicados que tratam da caracterização e quantificação de efluentes de campus universitários. Recentemente, pesquisas realizadas no Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CETE – UFRJ), que trata parte dos esgotos gerados na Cidade Universitária, demonstraram que o esgoto afluente ao CETE-UFRJ pode ser classificado como um esgoto fraco, apresentando valores de DQO e DBO entre 39 a 457 mg/L e 29 a 152 mg/L, respectivamente (VERSIANI, 2005).

2.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)

Mesmo que seja para tratar esgotos domésticos ou indústrias uma ETE pode ser definida como: Uma estrutura com a finalidade de tratar esgotos estas unidades simulam ou intensificam as condições de autodepuração que ocorre naturalmente no meio ambiente, onde o ser humano exerce algum controle sobre os processos de depuração para depois devolver o efluente já tratado ao meio ambiente (DERISIO, 2012).

Dependendo das características dos efluentes tratados uma ou outra tecnologia para tratamento é recomendada, classificam-se os processos de tratamento em biológicos, físicos e químicos. Os processos físicos incluem o uso de tanques, caixas de areia, grades, peneiras, decantadores, entre outros. Os processos biológicos empregam microrganismos para a redução da carga orgânica do efluente. Em processos químicos, por exemplo, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, hidróxido de cálcio ou outros agentes químicos para a redução e oxidação da

matéria orgânica. Geralmente processos biológicos aeróbios englobam lodos ativados, filtro biológico, lagoas aeradas e processos anaeróbios (VON SPERLING, 2005).

Existem três etapas para tratamento do esgoto que são elas: Primário, Secundário e Terciário. Deve-se realizar a caracterização físico-química do efluente a ser tratado que serve como critério para se definir a melhor tecnologia de tratamento de esgotos (CAVALCANTI, 2012).

2.3.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO

Primário (ou mecânico) na qual consiste em remoção de sólidos grosseiros, remoção de gorduras e de areias. Neste processo cerca de 30% da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do efluente é removido, porém no final do processo ainda a concentração de DBO é alta para assim ser lançado nos corpos hídricos. O tratamento pode ser composto pelo canal de entrada, que é composto pelo gradeamento, caixa de areia e calha Parshall preparando o efluente para os tratamentos subsequentes além de efetuar a leitura da vazão de entrada no sistema (BAIRD; CANN 2011).

2.3.1.1 Gradeamento

A finalidade do gradeamento é a retenção de sólidos grosseiros que possam prejudicar ou interromper a operação do sistema de tratamento pelo entupimento de tubulações, bombas e demais equipamentos. Os materiais retidos deverão ser removidos com pás ou ancinhos e descartados diariamente ou conforme necessidade (NUVOLARI, 2011).

2.3.1.2 Caixa de areia

A caixa de areia faz a separação de areia e partículas de maior densidade antes da entrada do efluente no sistema biológico por meio da sedimentação das partículas. Esta etapa é importante para prevenir o desgaste dos equipamentos,

entupimentos das tubulações melhorando a qualidade do efluente tratado (NUVOLARI, 2011).

2.3.1.3 Calha Parshall

A calha Parshall é um sistema que mede a vazão do esgoto. Possui uma régua graduada que mede a vazão de efluente que passa pela garganta. A vazão de entrada do efluente deve ser constantemente monitorada para que não haja o risco de uma vazão maior que a projetada para o sistema (VON SPERLING, 2005).

2.3.1.4 Caixa elevatória

Após o pré-tratamento, o efluente é encaminhado para a caixa elevatória, de onde é bombeado para o Tratamento Biológico. A caixa elevatória é construída em concreto e possui tampa superior removível. Possui duas unidades de bomba submersa trabalhando alternadamente, que farão o recalque do efluente para a etapa seguinte do tratamento (BAIRD; CANN, 2011).

2.3.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

No tratamento secundário a matéria orgânica suspensa e a que está dissolvida na água é biologicamente oxidado por micro-organismo para dióxido de carbono e água ou convertido para lodo. Essa oxidação pode ser feita pelas bactérias anaerobiamente como aerobiamente. Nesta etapa o DBO é reduzido a cerca de 10% da concentração original do esgoto não tratado (NUVOLARI, 2011).

2.3.2.1 Tratamento anaeróbico

Neste sistema por não haver oxigênio dissolvido em seu meio líquido a matéria orgânica ali presente é digerida anaerobicamente, ou seja, sem a presença de oxigênio. A estabilização em condições anaeróbicas é lenta, pelo fato das bactérias anaeróbicas se reproduzirem numa vagarosa taxa (VON SPERLING, 2005).

2.3.2.1.1 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA ou UASB)

Nesta parte do tratamento é realizado o processo anaeróbio, ou seja, sem oxigênio, e gera o lodo primário. O reator anaeróbio promove a decomposição da matéria orgânica pela ação de bactérias anaeróbias contidas no tanque. Ao passar pelo equipamento, parte da carga orgânica é consumida pelos microrganismos, gerando três matérias: gás, lodo e líquido. O líquido é encaminhado para a segunda etapa do processo, o lodo é depositado no fundo do reator e o gás é coletado pelo sistema de cobertura para ser oxidado (NUVOLARI, 2011).

Centenas de unidades de tratamento anaeróbio estão em operação ou projetadas no Brasil. Dentre essas unidades, destacam-se os reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) de diversos tamanhos, tratando esgotos de pequenas e grandes populações, com tempos de detenção hidráulicas (TDH) variando entre 6 e 10 h (VAN HAANDEL *et al.*, 2006).

A implementação da tecnologia anaeróbia no Brasil foi embasada nas condições ambientais favoráveis, no déficit nas estruturas de saneamento básico e necessidade de sistemas de baixo custo, uma vez que, existem restrições financeiras (FORESTI, 2002).

2.3.2.2 Tratamento aeróbio.

Segundo Freire *et al.* (2000), no processo aeróbico há a utilização das bactérias e fungos que requerem oxigênio molecular ou seja o tratamento é realizado com a presença de oxigênio. As formas mais comuns de aplicação estão representadas pelas lagoas aeradas e pelos sistemas de lodos ativados. O ar pode ser proveniente tanto de compressores de ar, promovendo a oxigenação e homogeneização do efluente quanto de ar atmosférico. A matéria orgânica é removida por bactérias aeróbias que crescem no reator formando uma massa de lodo.

2.3.2.2.1 Sistema de Lodos Ativados

O processo de tratamento por lodo ativado é muito maleável, podendo se desenvolver sob inúmeras formas. O “lodo ativado” ocorre a partir de aglomeração de flocos formados continuamente pelo crescimento de várias espécies de microrganismos, a partir da matéria orgânica dos esgotos na presença de oxigênio (CAVALCANTI, 2012).

Segundo Pereira e Freire (2005), o tratamento com lodos ativados é um sistema de grande eficiência muito utilizado. O processo consiste de um tanque de aeração, onde o efluente é adicionado e agitado na presença de microrganismos e ar. Nesta etapa ocorre a oxidação da matéria orgânica do efluente. O sistema é dotado ainda de um tanque de sedimentação, no qual são sedimentados os flocos microbianos produzidos durante a fase de oxidação no tanque de aeração. As desvantagens deste processo são: Ser suscetível à composição do efluente (cargas de choque); requer um acompanhamento rigoroso das condições ótimas de pH, temperatura e nutrientes; produz grande volume de lodo .

Para Bento et al. (2005), os sistemas de tratamento de esgotos por lodos ativados são os mais amplamente empregados no mundo, principalmente pela alta eficiência alcançada associada à pequena área de implantação comparado a outros sistemas de tratamento. A eficiência do processo depende, dentre outros fatores, da capacidade de floculação da biomassa ativa e da composição dos flocos formados.

Há a obrigatoriedade de o lodo ser recirculado de volta para o reator, visando manter uma quantidade adequada de microrganismos nessa unidade, e parte é descartada (NUVOLARI, 2011).

2.3.3 TRATAMENTO TERCIÁRIO

O tratamento terciário (ou avançado) consiste na remoção de nutrientes e complexos orgânicos ainda presentes. Na fase terciária, substâncias específicas são removidas.

Segundo Baird e Cann (2011) o tratamento terciário pode incluir alguns ou todos os seguintes processos químicos abaixo:

- Completa redução da DBO, usando sais de alumínio.
- Remoção de compostos orgânicos dissolvidos.
- Remoção de fosfatos.
- Remoção de metal pesado.
- Remoção de ferro.
- Remoção de íons inorgânicos em excesso

2.4 REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O reúso do efluente tratado cada vez mais tem importância devido ao quadro de poluição e escassez de água, provocada por um desenvolvimento não sustentável. O reúso promove um aproveitamento destes efluentes em novas finalidades que podem gerar um retorno financeiro como o aproveitamento dos nutrientes presentes para a piscicultura, hidroponia ou diretamente na agricultura como aporte de água e ou de nutrientes. O reúso dos efluentes domésticos tratados para a descarga de toaletes, irrigação de campos de esporte, limpeza de ruas, combate a incêndios e lavagens de veículos são alternativas interessantes que não exigem um nível de tratamento de efluente muito elevado (AISSE, BASTOS, FLORENCIO, 2006).

Sabe-se que o Brasil não conta com uma legislação específica para reúso de água (BERNARDI, 2003). O Brasil ainda carece de resoluções e normas informando os limites de concentração para o aproveitamento de efluentes sanitários tratados visando o reúso. A resolução nº 54, de novembro de 2005 (CNRH, 2005), estabelece as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e apresenta outras providências. A resolução nº 121, de dezembro de 2010 (CNRH, 2010), estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definidos na resolução nº 54. Estas resoluções definem os diferentes tipos de reúso que estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2– Classificação e definição do reúso de efluentes.

Fins urbanos	Utilização de água de reuso para irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio.
Fins agrícolas e florestais	Aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.
Fins industriais	Utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais.
Fins ambientais	Utilização da água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
Fins na aquicultura	Utilização da água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.
Irrigação irrestrita	Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, inclusive culturas alimentícias consumidas cruas, inclusive hidroponia.
Irrigação restrita	Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura não ingerida crua, inclui culturas alimentícias e não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores, inclusive a hidroponia.
Uso irrestrito	Uso em campos de esporte, parques, jardins, usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas.
Uso restrito	Uso em parques, canteiros de rodovias, usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeiras em estradas vicinais, usos na construção.
Uso predial	Descargas de toaletes, para efluentes com concentrações de DBO e nitrato inferiores a 30 e 50 mg/L respectivamente, para evitar geração de odores no sistema de armazenamento

Fonte: Adaptado de CNRH (2005) e AISSE, BASTOS, FLORENCIO (2006).

A definição dos parâmetros que devem ser monitorados e suas concentrações visando o reúso de efluentes tratados podem fornecer os subsídios à regulamentação do reúso da água de esgotos sanitários tratados conforme mostrado na Tabela 1 (AISSE, BASTOS, FLORENCIO, 2006).

Tabela 1 – Principais parâmetros de controle para o reúso de efluentes tratados.

Uso do efluente tratado	Uso agrícola		Uso urbano			Uso piscicultura	
	Irrigação irrestrita	Irrigação restrita	Uso irrestrito	Uso restrito	Uso predial	Afluente ao tanque	No tanque
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	$\leq 1 \times 10^3$	$\leq 1 \times 10^4$	≤ 200	$\leq 1 \times 10^4$	$\leq 1 \times 10^3$	$\leq 1 \times 10^4$	$\leq 1 \times 10^3$
Turbidez (NTU)	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	ND	ND
Amônia livre (mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	$\leq 2,5$	$\leq 2,5$
pH (faixa)	6,5-9,0	6,5-9,0	6-8	6-8	6-8	6,5-9,5	6,5-9,5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	>450	450<SDT> 2000	<200	<200	<200	ND	ND
Oxigênio dissolvido (mg/L)	>2,0	>2,0	ND	ND	ND	>3,0	>3,0
Condutividade elétrica (mS/cm)	<0,7	0,7<CE<3,0	ND	ND	ND	ND	ND
DBO (mg/L O ₂)	<10	<30	<20	<20	<30	20-30	20

Fonte: Adaptado de AISSE, BASTOS, FLORENCIO (2006) e ABNT (1997).

A título de exemplo, os coliformes fecais indicam a possibilidade de contaminação com microrganismos patogênicos; valores de turbidez abaixo de 5 NTU são necessários, pois em valores mais altos pode ocorrer a deposição de patógenos na superfície da matéria orgânica em suspensão; sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica são parâmetros que indicam a quantidade de íons dissolvidos no efluente, parâmetros que influenciam na troca osmótica e no valor de oxigênio dissolvido; valores elevados de DBO podem causar odor desagradável e diminuição do oxigênio dissolvido em corpos hídricos (AISSE, BASTOS, FLORENCIO, 2006).

A norma NBR13969: 1997 aborda o reuso como uma alternativa de disposição dos esgotos tratados e descreve as classes de água de reuso dentro dos padrões de qualidade necessários. As possibilidades de reúso que fala nesta norma podem ser mostradas na Tabela 2.

Tabela 2– Classificação e valores de parâmetros de esgoto para reuso segundo a NBR 13.969 (1997)

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Usos	Usos com contato direto, como lavagem de carros	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos	Descargas de vasos	Irrigação de pomares, cereais, forragens.
Turbidez	< 5 NTU	< 5 NTU	< 10 NTU	-
Coliformes fecais	200 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	500 NMP/100 mL	5.000 NMP/100 mL
Sólidos dissolvidos	< 200 mg/L	-	-	-
pH	Entre 6 e 9	-	-	-
Cloro residual	Entre 0,5 e 1,5 mg/L	> 0,5 mg/L	-	-
OD	-	-	-	< 2 mg/L

Fonte: Adaptado de NBR 13.969 (1997)

A reutilização da água proveniente dos tratamentos de esgoto apresenta diversas vantagens, dentre elas, de acordo com Bernardi (2003), podem-se citar como principais: Reduzir a poluição dos corpos de água: Ao evitar que os efluentes sejam lançados nos corpos d'água e destinando-os para a irrigação. Conscientização do uso racional de água de boa qualidade: Utilização da água potável para o que é extremamente necessário. Redução no custo de produção de água: No momento em que se utiliza o efluente de esgoto tratado não há necessidade de captar água nos mananciais, sejam eles superficiais ou subterrâneos. Redução no custo com fertilizantes e material orgânico: A água residuária carrega consigo grande quantidade de nutrientes e ao utilizar essa água para irrigação pode-se fornecer ao solo esses nutrientes, os quais estarão disponíveis as plantas. Uso sustentável da água: Ao reutilizar a água dá-se nova destinação à mesma em vez de simplesmente a lançarmos em um manancial.

O reuso de água, no entanto, ainda apresenta algumas desvantagens do ponto de vista econômico, social e ambiental. Guidolin (2006) lista as principais desvantagens: Rejeição da população; Risco de contaminação ambiental; Risco de propagação de doenças; Possibilidade de modificação das características do solo e possibilidade de danos às culturas.

2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE DO ESGOTO.

Segundo Braga et al (2005) é necessário que sejam realizadas análises físico e químicas dos efluentes para verificar se os mesmos atendem aos padrões de lançamento de esgoto.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ESGOTO

2.5.1.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Este parâmetro relaciona a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica do efluente. Esta é uma análise adequada para ambientes aeróbicos não sendo um bom indicativo para ambiente com ausência de oxigênio (VON SPERLING, 2005). O DBO aumenta devido ao despejo de matéria orgânica.

Uma elevada presença de matéria orgânica induz a taxa de oxigênio na água o que ocasiona a morte de peixes entre outras vidas aquáticas (LIBÂNIO, 2010).

Quando se trata de tratamento de esgoto, a DBO5 é um parâmetro importantíssimo e um dos mais utilizados no controle das eficiências das estações (CETESB, 2008).

2.5.1.2 pH

Muitos processos químicos utilizados para coagular esgotos e despejos, adensar lodos ou oxidar substâncias requerem o controle de pH. Valores de pH afastados da neutralidade: podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Este parâmetro informa sobre a basicidade, neutralidade ou acidez do efluente o ideal é que o pH se mantenha neutro para que seja mais eficaz o tratamento biológico (VON SPERLING, 2005).

2.5.1.3 Fosfato total / Ortofosfato

Os Fosfatos estão sempre presente na água de esgoto, pois são encontrados nos detergentes. Estão em excessivas quantidades em efluentes da indústria química. Nas estações de tratamento de esgotos é comum dosar, PO_4 no esgoto bruto e no efluente final para ver se há remoção dos mesmos nos processos de tratamento. Como são fundamentais no crescimento de microrganismos que fazem a estabilização da matéria orgânica quando está presente em grandes quantidades provoca a eutrofização dos rios. (VON SPERLING, 1996)

Segundo Nuvolari (2011), o fósforo (P) é um dos elementos essenciais um dos principais nutrientes em processos biológicos de síntese bacteriana e é exigido pelas células em grandes quantidades. Portanto o fósforo torna-se parâmetro importante e indispensável em análises de caracterização de efluentes.

O processo de remoção do fósforo é altamente complexo e pouco eficiente para processos convencionais de tratamento, principalmente para lodos ativados. No processo convencional segundo Bastos e Von Sperling (2009) tem-se que praticamente todo o fósforo orgânico é mineralizado para a forma de fosfato e este é removido no lodo de excesso que é gerado no sistema, porém apenas 2,5% do fosfato são efetivamente removidos, sendo que os outros 97,5% permanecem na

fase líquida e são despejados no meio ambiente. Uma alternativa para aumentar a concentração de fosfato no lodo de excesso é utilizar um tempo de residência de lodo médio, entre 8 a 12 dias.

O fósforo total no esgoto é composto por fósforo orgânico e inorgânico, o fósforo presente nos detergentes ocorre na forma de polifosfatos solúveis, ou em forma de ortofosfato ou também chamado de fósforo reativo, podendo ambas as formas representar cerca da metade do fósforo total (VON SPERLING , 2005).

2.5.1.4 Condutividade elétrica

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para o reconhecimento de ambientes impactados pelo lançamento de resíduos industriais, mineração e esgoto sanitário (AISSE, BASTOS, FLORENCIO, 2006)

2.5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESGOTO

2.5.2.1 Turbidez

A turbidez é a quantidade de sólidos suspensos ou coloidais. A turbidez não é usada como forma de controle do esgoto bruto, mas pode ser medida para caracterizar a eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada a concentração de sólidos em suspensão. A turbidez é mais elevada em esgotos mais frescos ou mais concentrados. (VON SPERLING, 1996) .Já a turbidez se deve ao conteúdo de sólidos em suspensão, microrganismos e algas, que conferem nebulosidade ao líquido (RICHTER; NETTO, 2007).

2.5.2.2 Temperatura

A temperatura trata da medida de intensidade de calor. A solubilidade dos gases na água e inversamente proporcional, ou seja, quanto mais alta a temperatura da água menor a possibilidade desse líquido de reter os gases. O aumento de

temperatura nos rios decorre do lançamento de efluentes industriais e de descargas de usinas termoelétricas. Os efeitos de um aumento da temperatura da água são a diminuição de reter o oxigênio dissolvido prejudicando assim a vidas dos seres aquáticos aeróbicos (DERISIO, 2012).

2.5.2.3 Sólidos

O teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas 0,08% dos esgotos. Os sólidos podem ser classificados de acordo com (a) o seu tamanho (b) as suas características químicas e (c) sua decantabilidade (NUVOLARI, 2011). Onde:

- a) Classificação por tamanho. Distingue dois sólidos principalmente: Sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão.
- b) Classificação pelas características químicas. Classificam os sólidos em voláteis que contem matéria orgânica e os sólidos em fixos ou inertes que contem matéria inorgânica.
- c) Classificação pela decantabilidade. Consideram-se como sólidos sedimentáveis aqueles que sejam capazes de sedimentar em 1 hora. A fração que não sedimenta representa os sólidos não sedimentáveis.

3. METODOLOGIA

3-1 DESCRIÇÃO DA ETE

A ETE foi projetada para atender um volume diário de 180 m³/dia atualmente atende um volume médio diário de 15 m³/dia abaixo do previsto. Entrou em operação em maio de 2019, portanto ainda é uma estação nova que carece de estudos. Seus tanques são confeccionados em Polietileno de Alta Densidade (PEAD). A Estação de Tratamento de Esgoto localiza-se na Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Curitibanos no município de Curitibanos SC na qual se tem uma população de 1028 pessoas entre o somatório de discentes, docentes e técnicos administrativos duas vezes menor que a população esperada no projeto básico da estação.

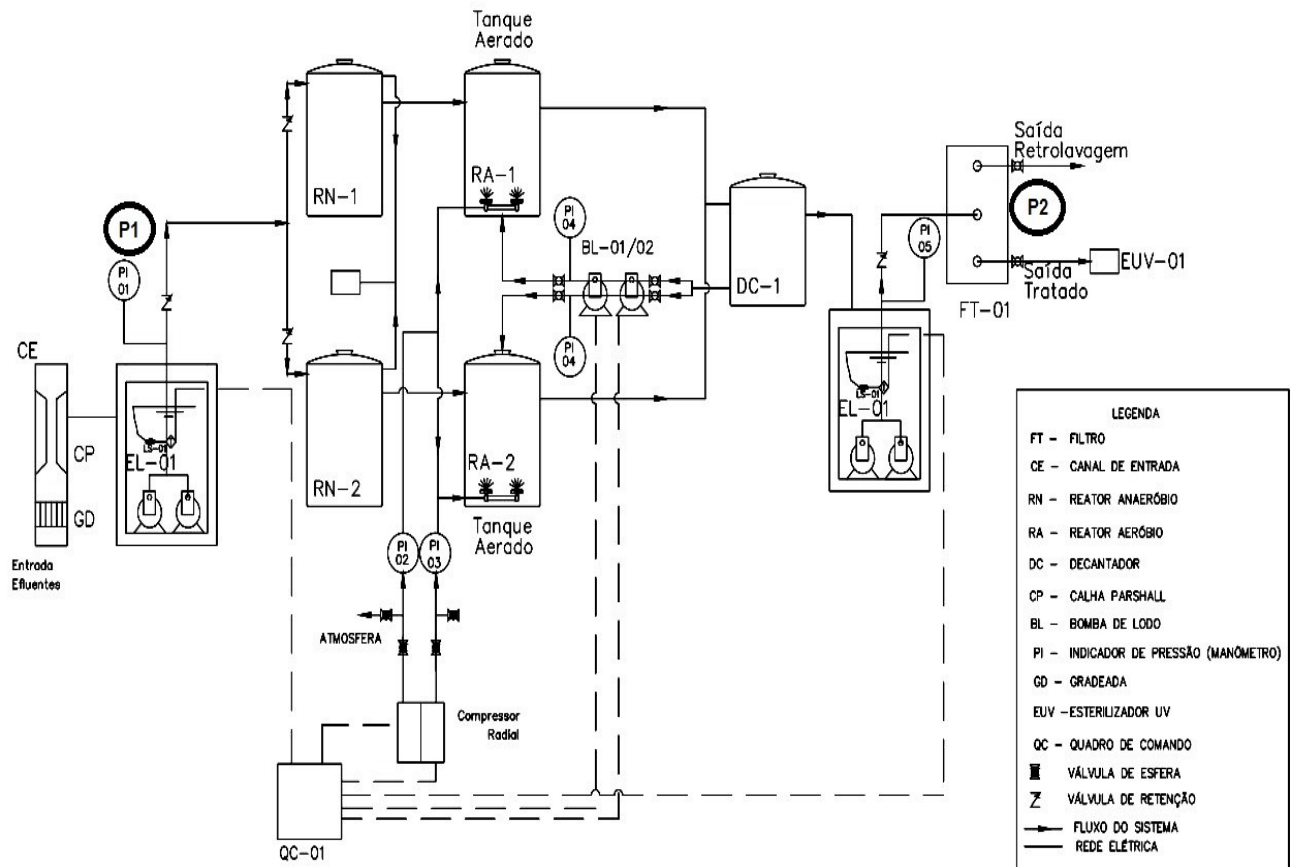
O esgoto bruto que chega à unidade de tratamento passa pelas seguintes fases: Tratamento preliminar, tratamento biológico, filtração e desinfecção. O sistema é composto de: Gradeamento; Caixa de Areia; Calha Parshall; Elevatória de esgoto bruto; Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA ou UASB); Filtro para depuração de gases; Reator Aeróbico; Elevatória de esgoto tratado; Filtro de quartzo; Esterilizador UV além das tubulações, bombas e demais equipamentos elétricos. Na Figura 1 podemos ver a frente da estação e na Figura 2 o fluxograma dela.

Figura 1– Vista da Estação de Tratamento de Esgoto, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.



Fonte: Autora (2019).

Figura 2–Fluxograma Adaptado da ETE da UFSC no Município de Curitibaanos, 2019.



Fonte: Setor de Infraestrutura e manutenção da UFSC, 2019.

3.2 AMOSTRAGEM

As amostras da ETE foram coletadas em dois pontos: Efluente bruto ponto 1 e efluente tratado ponto 2. Para as análises foram determinados os parâmetros físico-químicos do esgoto; pH; DBO; sólidos totais, fixo, voláteis e sedimentáveis; turbidez, condutividade elétrica e fósforo total, inorgânico e orgânico.

As amostras foram coletadas quinzenalmente no período compreendido de 19/09/2019 a 31/10/2019 nos pontos 1 e 2. Nestes pontos foram coletadas amostras suficientes para analisar o efluente. Os parâmetros selecionados foram avaliados e os dados organizados e tabulados.

Através deste estudo foi verificado se o tratamento de efluente da ETE da Universidade Federal de Santa Catarina é eficaz e quais os possíveis tipos de reúso

pode-se realizar com o efluente tratado. Na Figura 3 e 4 estão mostrados os pontos de coleta.

Figura 3–Sistema de Gradeamento Ponto 1 efluente bruto, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.



Fonte: Autora (2019)

Figura 4– Localização do Ponto 2 efluente tratado, Universidade Federal de Santa Catarina em Curitibanos/SC.



Fonte: Autora (2019)

Na Figura 5 mostra o local de disposição final do esgoto, já na Figura 6 mostra as amostras de esgoto bruto e esgoto tratado.

Figura 5– Disposição final de esgoto na floresta Ombrófila Mista no Município de Curitiba, 2019.



Fonte: Autora (2019).

Figura 6– Amostra de esgoto bruto (esquerda) e esgoto tratado (direita), Laboratório 208- UFSC em Curitiba.



Fonte: Autora (2019).

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS ESGOTOS

Neste trabalho foi realizada a análise dos parâmetros selecionados do efluente. A maioria das análises foi realizada segundo o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA/AWA/WEF, 2012) e Manual Prático de Análise de Água - FUNASA, 2013. (BRASIL, 2013)

3.3.1 PROCEDIMENTO ANÁLISE DE pH

Neste procedimento foi utilizado o método potenciométrico na qual foi medido o pH das amostras de esgoto pelo equipamento pHmetro marca Instrutherm, modelo 2600. A Figura 7 mostra como foi realizada a análise do pH.

Figura 7– Análise de pH do esgoto bruto.



Fonte: Autora (2019).

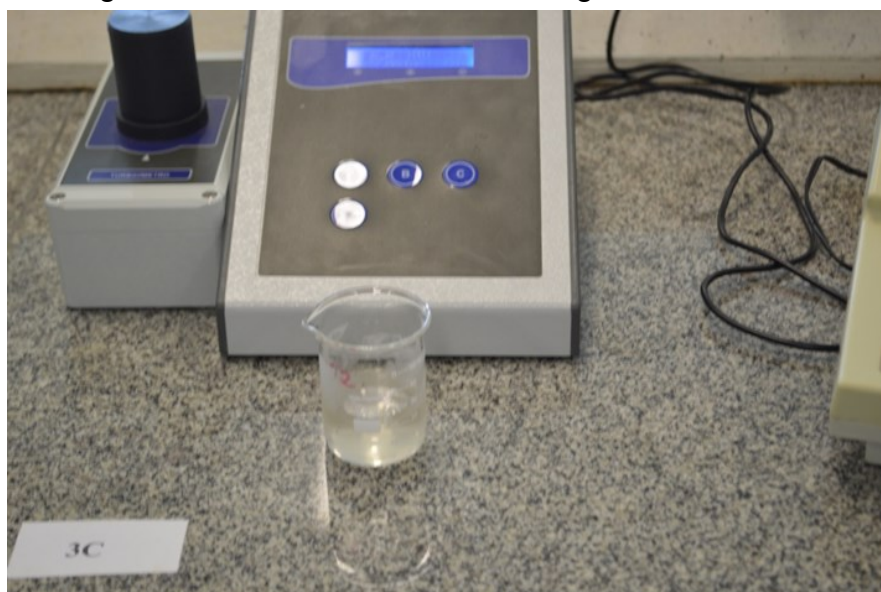
3.3.2 PROCEDIMENTO ANÁLISE DE OD

Este procedimento tem por objetivo a medição de oxigênio dissolvido em análise de esgoto. Para as medição de OD das amostras foi utilizado o método Eletrométrico utilizando uma sonda amperométrica (LUTRON, modelo DO5519).

3.3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE TURBIDEZ

A medição das amostras foi feita logo após a coleta através do aparelho Turbidímetro de Bancada TB-2000. A Figura 8 demonstra o aparelho de análise de turbidez.

Figura 8– Análise de turbidez do esgoto bruto.



Fonte: Autora (2019).

3.3.4 PROCEDIMENTO ANÁLISE SÓLIDOS

3.3.4.1 Sólidos Totais, Fixos e Voláteis.

Primeiramente foi realizado a preparação da cápsula com lavagem com água destilada, secada e calcinada a 550° C por 1 (uma) hora em forno-mufla. Transferiu-se para dessecador para esfriar até temperatura ambiente. Em seguida pesou-se (P1)g. Transferiu-se 50mL da amostra para a cápsula e após foi colocada em estufa (105 ± 2°C) até peso constante e pesou-se (P2)g. Após execução da etapa anterior, a cápsula com o resíduo da secagem foi levada em forno-mufla (550 ± 50°C) por 30 minutos e pesou-se a capsula (P3)g. A Figura 9 demonstra os procedimentos de análise dos sólidos totais, fixos e voláteis .

Cálculos

$$\text{Sólidos Totais} = \frac{P2-P1}{\text{vol.am}} \times 1.000.000 \quad (1)$$

$$\text{Sólidos Fixos} = \frac{P3-P1}{\text{vol.am}} \times 1.000.000 \quad (2)$$

$$\text{Sólidos Voláteis} = \text{Sólidos Totais} - \text{Sólidos Fixos} \quad (3)$$

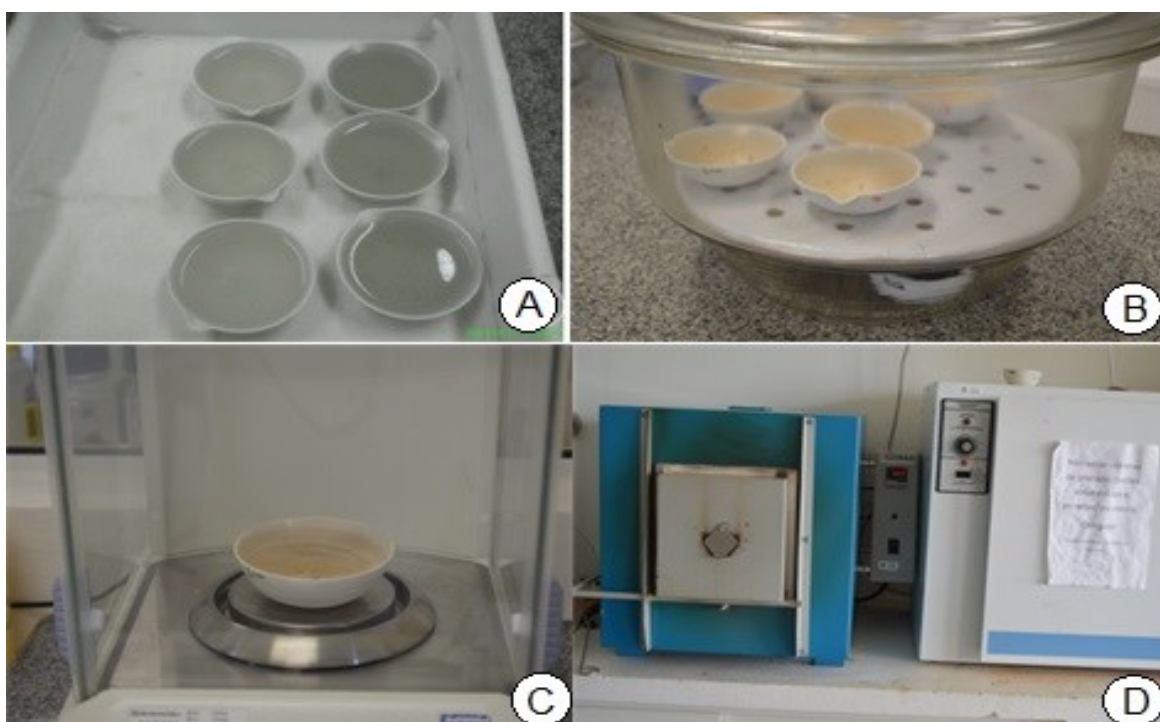
P1 = Tara da cápsula (g)

P2 = Cápsula com amostra após secagem (g)

P3 = Cápsula com amostra após calcinação (g)

vol am = Volume da amostra (mL)

Figura 9– Análise de sólidos totais fixos e voláteis. a) À direita esgoto bruto e à esquerda esgoto tratado em cápsulas de porcelana; b) Amostras já secas em estufa, esfriando em dessecador; c) Pesagem de amostra para cálculo de sólidos totais; d) Amostras calcinando em mufla para cálculo de sólidos fixos e voláteis.



Fonte: Autora (2019)

3.3.4.2 Sólidos Sedimentáveis

As amostras foram colocadas para sedimentar em cone Imhoff de 1000 mL por 1 hora e feita à leitura do volume de sólidos sedimentados. A Figura 10 demonstra a vidraria de análise de sólidos sedimentáveis.

Figura 10– Análise de sólidos sedimentáveis em cone Imhoff, a direita esgoto tratado, a esquerda esgoto bruto.



Fonte: Autora (2019).

3.3.5 PROCEDIMENTO ANÁLISE DBO

Esta análise foi realizada segundo a NBR 12614/1992. O teste da DBO consiste na determinação do oxigênio dissolvido (OD), em uma amostra antes e após um período de incubação, usualmente de 5 dias, a uma temperatura de 20 °C. Durante esse período ocorrerá redução da concentração de OD na água, consumido por microrganismos aeróbios nas reações bioquímicas de decomposição de compostos orgânicos biodegradáveis.

3.3.5.1 Método de incubação

Incubação com diluição e sem semente. (Para esgoto bruto). Aplica-se a águas superficiais poluídas, efluentes e águas residuais, que tem microrganismos próprios, porém não tem oxigênio dissolvido suficiente para que, após 5 dias de incubação, ainda haja oxigênio dissolvido na amostra.

3.3.5.2 Água de diluição

Em um béquer de 6000 mL foi colocado água destilada para aerar por aproximadamente 30 minutos; após a aeração foi acrescentado 6mL da solução tampão de fosfato e das soluções de sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico.

A medição de oxigênio dissolvido no efluente foi realizada no dia da coleta com um oxímetro digital portátil em amostras diluídas em dez, vinte e trinta vezes para o esgoto bruto devido a alta concentração de matéria orgânica presente nos efluentes e para o efluente tratado a diluição foi de cinco e dez vezes. Essa diluição deve permitir que o consumo de oxigênio dissolvido (OD) durante a incubação da amostra esteja entre 40 e 70% do OD inicial. Para efetivar o controle da água de diluição, foi verificado a quantidade de oxigênio dissolvido consumido pela água de diluição, no período de incubação, que não deve ser superior a 0,2 mg/L. As amostras foram mantidas em frasco de DBO fechado e incubadas a 20°C, medindo-se a nova concentração de OD após 5 dias. A Figura 11 demonstra o procedimento de análise de DBO.

O valor da OD – Método do Oxímetro: Medido diretamente no equipamento em mg O₂/L. O cálculo foi realizado como segue:

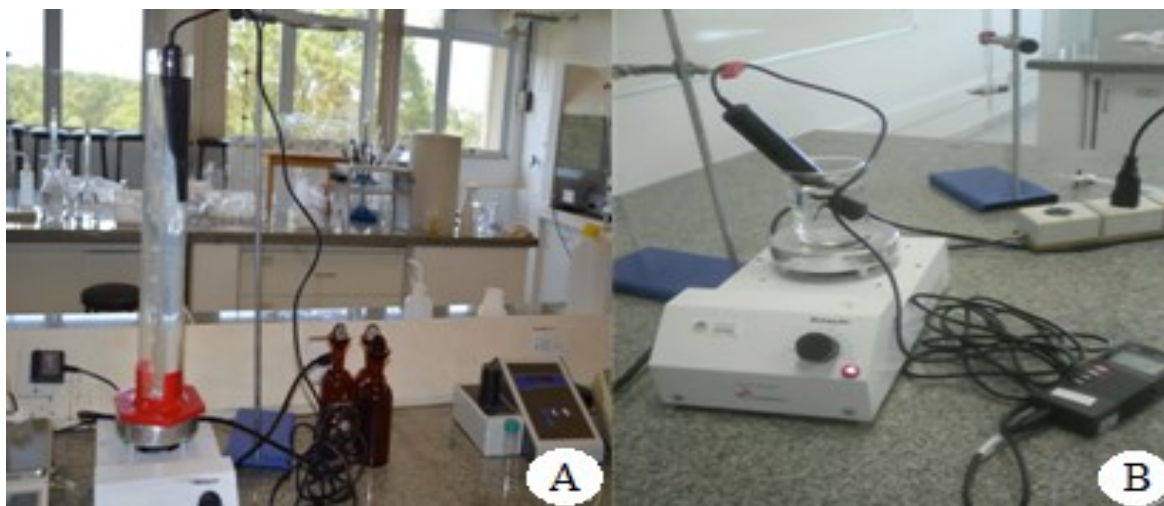
$$DBO (mg O_2 / l) = \frac{(OD_i - OD_f)}{\% \text{ de diluicao}} \times 100 \quad (4)$$

onde: OD_i = conc. de O₂ dissolvido inicial

OD_f = conc. de O₂ dissolvido após 5 dias

% de diluição = diluição prévia da amostra

Figura 11–Análise de DBO. a) Medição de oxigênio dissolvido em amostra de esgoto diluída antes da incubação; b) Medição de oxigênio dissolvido em amostra após o período de incubação de cinco dias.



Fonte: Autora (2019).

3.3.6 PROCEDIMENTO ANÁLISE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A medição das amostras foi feita logo após a coleta através do aparelho Condutivímetro TECNOPON modelo mCA-150. A Figura 12 demonstra o aparelho de análise de condutividade elétrica.

Figura 12– Análise de condutividade elétrica de esgoto bruto.



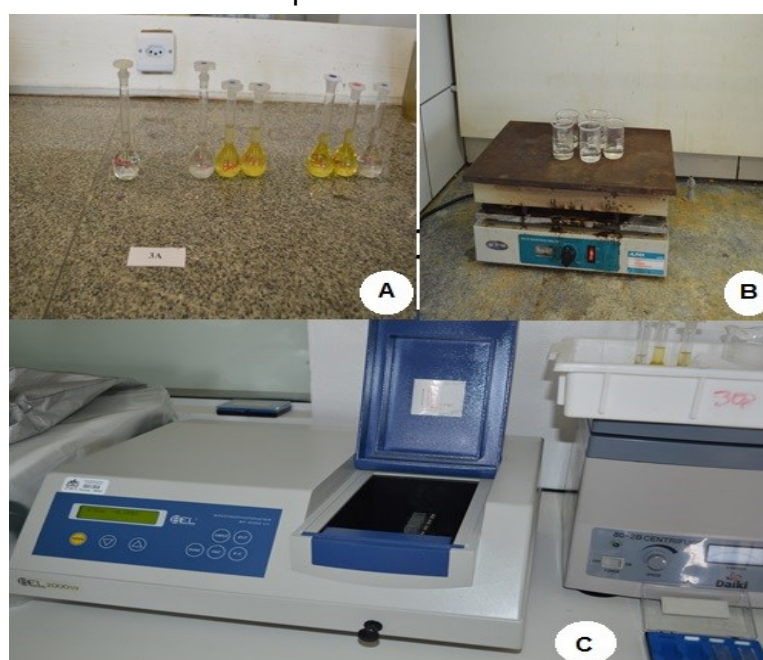
Fonte: Autora (2019).

3.3.7 PROCEDIMENTO ANÁLISE DE FÓSFORO TOTAL, INORGÂNICO E ORGÂNICO.

A análise do fósforo foi feita através do Método do Molibdovanadato. Este método envolve a elaboração de uma curva de calibração e posteriormente a análise da amostra. Para análise do Fósforo Total as amostras foram aquecidas com ácido sulfúrico e ácido nítrico até a secura. Após resfriado foi adicionado em torno de 20 mL de água destilada, 1 gota de fenolftaleína e hidróxido de sódio até uma pálida cor rosa aparecer, logo em seguida a solução foi transferida para um balão de 50mL para ajuste de volume. Foi transferido 35 mL da amostra digerida para um balão volumétrico de 50 mL, e adicionado 10 mL do reagente Molibdato/Vanadato e completado o balão com água destilada até o menisco. Após 10 minutos, foi feita a leitura da absorbância da amostra em comprimento de onda de 470 nm com Espectrofotômetro Bel SP2000 UV.

Para o cálculo de fósforo inorgânico usou-se o mesmo procedimento do fósforo total menos a etapa da digestão da amostra. Para calcular o fósforo orgânico subtraiu-se o fósforo total do inorgânico obtendo assim a quantidade de fósforo orgânico. A Figura 13 demonstra as etapas de análise de fósforo total e inorgânico.

Figura 13– a) Desenvolvimento da cor das amostras de esgoto; b) Digestão das amostras de esgoto; c) Leitura da absorvância da amostra utilizando o espectrofotômetro.



Fonte: Autora (2019).

Preparação da curva de calibração

Foi preparada a curva de calibração utilizando volumes adequados da solução padrão de fosfato (0,0548g de KH_2PO_4 dissolvido em 250 mL de água destilada) com um branco de controle, e deste se obteve a equação da reta abaixo que relacionava a absorbância com a concentração de fósforo. Nesta reta o valor de $R^2=0,99053$. Sendo que: A= Absorbância e [P]= Concentração de fósforo. A Figura 14 mostra os padrões utilizados para obter a equação da reta.

$$A = -0,00912 + 0,0168[P] \quad (5)$$

Figura 14– Padrões utilizados para obter a equação da reta que relaciona absorbância com concentração de fósforo.



Fonte: Autora (2019)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO ESGOTO

Os valores médios das características do efluente bruto (P1) e tratado (P2) do Campus Universitário, assim como a porcentagem de remoção da ETE para cada parâmetro analisado estão expressos na Tabela 3.

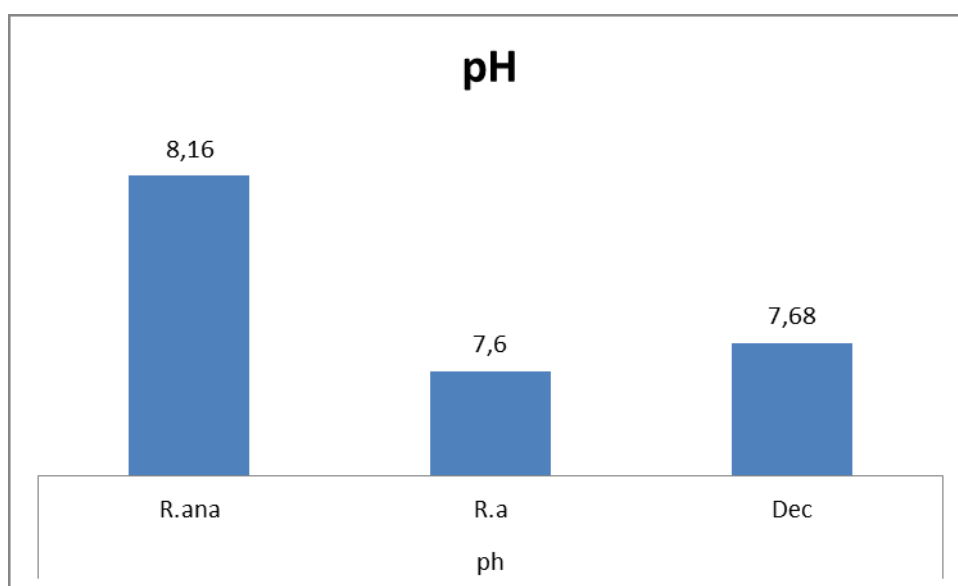
Tabela 3 – Média das características físico-químicas do efluente bruto (P1) e efluente tratado (P2) do Campus Universitário.

Parâmetros	Médias		
	Efluente bruto (P1)	Efluente tratado (P2)	%Remoção
pH	8,20±0,14	6,95±0,24	15,00
Turbidez (NTU)	37,49±9,16	4,38±2,71	88,31
Condutividade Elétrica (µs/cm)	1544,33±217,15	1086,96±102,46	29,61
Fósforo Total (mg/L)	15,10±3,34	10,11±2,68	33,04
Fósforo Inorgânico (mg/L)	10,31±10,31	5,46±1,46	47,04
Fósforo Orgânico (mg/L)	4,78±2,48	3,65±1,82	23,64
Sólidos Totais (mg/L)	808,25±177,73	695±155,36	13,98
Sólidos Fixos (mg/L)	314,25±105,00	292±96,13	7,00
Sólidos Voláteis (mg/L)	493,75±101,01	402,75±85,43	18,45
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,53±0,05	<0,1±0,0	≈100
Dbó (5,20)(mgO ₂ /L)	80,8±7,64	22,15±5,92	72,58

As médias foram obtidas por quatro coletas ao longo da pesquisa. Fonte: Autora (2019).

No período compreendido da coleta foram realizadas medições de pH do Reator Anaeróbio (R.ana), Reator Aeróbio(R.a) e Decantador (Dec) para observar o a variação do pH ao longo do tratamento na estação. Abaixo está representado o gráfico do estudo com a médias de pH encontrada em cada etapa do tratamento.

Gráfico 1: Média de pH encontrado no reator anaeróbio, aeróbio e decantador.



Fonte: Autora (2019)

Para Metcalf & Eddy (2003) um dos parâmetros mais importantes na caracterização de efluentes é o pH já que se estiver fora da faixa recomendada (6,0 – 9,0) pode atrapalhar o tratamento biológico. No presente estudo o pH do efluente bruto foi em média de 8,20, portanto levemente alcalino e atende a faixa recomendada para tratamento biológico. Os valores de pH do efluente tratado apresentaram-se valor médio de 6,95 sendo um valor próximo a neutralidade.

Valores médios de pH do esgoto bruto semelhantes, também foram encontrados em estudos realizados por Colares e Sandri (2013) o qual realizou um experimento na Estação de Tratamento de Esgoto da Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Estadual de Goiás – UEG, em Anápolis. Onde encontrou uma média do valor de pH do esgoto bruto de 8,23.

O efluente final tratado apresentou pH médio de 6,95. Valor semelhante foi registrado por estudos de Schlusaz (2014) na qual apresentou o valor de ph do

efluente tratado entre 6,50 a 6,97 sendo que a estação de tratamento utilizada é do tipo UASB a mesma do presente estudo.

De acordo com Von Sperling (2005) para esgotos gerados predominantemente domésticos, a faixa típica indicada é entre 6,7 a 8,0. O esgoto bruto gerado no campus Universitário do presente estudo de certa forma está na faixa indicada para o autor.

Observou-se que não ocorreu mudanças do valor de pH do efluente bruto na saída do reator anaeróbio, porém no reator aeróbio o pH do efluente reduziu. Este fato deve-se às bactérias formadoras de ácidos que fracionam a matéria orgânica e produzir ácidos voláteis, resultando num aumento da acidez do meio e uma redução do pH (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994). Na saída do decantador o pH novamente se eleva.

A concentração de fósforo total no efluente bruto manteve-se na faixa de 11,88 - 19,79, sendo que a concentração média foi de 15,10 mg/L, valor este que não entra dentro das faixas de referência apresentadas por Von Sperling (2005) e Jordão e Pessoa (2011), que são 3 a 9 mg.L⁻¹ e de 3 a 13 mg.L⁻¹, respectivamente. Esta alta concentração de fósforo pode ser atribuída ao tipo de água residuária que deságua no tratamento, proveniente de Campus Universitário que utiliza detergente para o processo de limpeza, laboratórios de aulas práticas onde são lavadas as vidrarias, setor de limpeza predial, onde se utilizam detergentes, sabões, além dos banheiros, os quais disponibilizam sabonete líquido para a higienização das mãos. Já no efluente tratado a média de concentração de fósforo foi de 10,11 mg/L, o que podemos inferir em uma eficiência de remoção de fósforo de 33,04 %.

Uma maneira de remover fósforo, é através da precipitação dos fosfatos em condições de elevado pH, acima de 8 (VON SPERLING, 1996). As faixas de pH obtidas nos reatores aeróbios e decantadores, se situaram entre 7,6 e 7,68 respectivamente, mostrando que não há pH suficiente para que ocorresse a remoção de fósforo por essa forma fato que explica a pequena porcentagem de remoção de fósforo na ETE. Portanto o fósforo foi removido somente pelo processo biológico.

As concentrações de DBO_{5,20} para o esgoto bruto apresentaram média de 80,8 mg.L⁻¹, menores que a média de 300 mg.L⁻¹ típica para esgotos domésticos por

Von Sperling (1996). Trabalhos realizados com o esgoto da estação (CETE / UFRJ) que é característico de campi universitário, apresentou uma carga fraca com concentrações 82 mg/L de DBO valor semelhante encontrado no campus em estudo.

A pesquisa demonstra que o esgoto gerado quando a sua composição físico química pode ser classificado como esgoto fraco apresentando valores de DBO entre 29 á 152 mg/L (VERSIANI,2005). A análise de DBO é um fator importantíssimo para o controle das eficiências da ETES. A média do valor de DBO do esgoto tratado foi de 22,15, portanto podemos inferir que a eficiência de tratamento para este quesito foi da ordem de 72,58% valor semelhante foi encontrado por Von Sperling (2005) que encontrou eficiência de remoção de 72 % para DBO para reatores UASB o mesmo utilizado na ETE em estudo.

Como é possível observar pela análise da Tabela 3, a turbidez média do esgoto bruto foi de 37,49 NTU, enquanto a do efluente tratado chegou a 4,38 NTU, possibilitando uma remoção de 75,59 % a ETE foi capaz de promover uma diminuição considerável no grau de turbidez dos efluentes. Tendo em vista que a turbidez tem como causa principal a presença de sólidos em suspensão, sólidos esses que podem facilitar a aglutinação de bactérias patogênicas. O resultado é considerável.

A condutividade elétrica apresentou valores relevantes, tanto para o esgoto bruto quanto para o esgoto tratado, com valores médios em torno de 1544,33 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 1086,96 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente. Esta constatação evidencia que, por ser o sal parte da dieta humana e o tratamento biológico não remover sais. Estudos de Rolim et al. (2016) apresentaram valores semelhantes de condutividade elétrica no esgoto tratado com valor médio de 1249 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ vale salientar que o processo de tratamento também usou reator UASB.

Em relação aos resultados das frações de sólidos podemos inferir numa porcentagem de remoção de sólidos sedimentares de aproximadamente 100% com o tratamento na ETE. Já nos sólidos totais, fixos e voláteis a remoção não é tão satisfatória sendo 13,98%, 7% e 18,45% respectivamente.

4.2 AVALIAÇÃO DAS POSSIBILIDADES DE REÚSO.

Com relação ao efeito do pH nas águas a serem utilizadas para irrigação, Ayers & Westcot (1991), recomendam que o valor do pH se encontre entre 6,5 a 8,4. A concentração H^+ e OH^- , contida nas águas de irrigação, pode exercer influência na disponibilidade e absorção de nutrientes por parte das plantas, na estrutura e propriedades do solo e nos sistemas de irrigação. Os valores de pH do presente estudo se apresentaram em média 6,95 dentro da faixa considerada ideal pelos autores e não mostraram, portanto, efeitos negativos quanto à prática da irrigação. O pH fora dessa faixa favorece o desequilíbrio nutricional das culturas irrigadas. A variação de pH estabelecida pela norma NBR13969:1997 é entre 6,0 e 8,0. Portanto, observou-se regularidade neste parâmetro da água de reuso. Segundo estudos de Anamaria S. Duarte (2008), uso da água residuária não provocou alterações significativas no pH, nem nos teores de fósforo e potássio do solo.

Além disso, com base nas características do efluente tratado realizou-se o estudo de alternativas de reuso do mesmo. As alternativas de reuso se aplicam ao efluente tratado pela estação e após passar pelo processo de desinfecção, ou seja, o ponto escolhido para a avaliação de viabilidade de reuso é o ponto P2.

A tabela 4 apresenta os parâmetros avaliados neste trabalho visando o reuso e fornece informações acerca do futuro uso deste efluente, porém o escopo exigido pela legislação abrange outros parâmetros como a presença de organismos patogênicos, além de sais e metais, ou seja, parâmetros além dos avaliados e que por conta da inviabilidade de tempo ainda não foram realizados neste monitoramento.

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para avaliação do reuso do efluente tratado

Parâmetros	Média efluente tratado
pH	6,95
Turbidez (NTU)	4,38
Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1086,96
Sólidos Sedimentares (mg/L)	<0,1
Dbó _(5,20) (mgO_2/L)	22,15

Fonte: Autora (2019)

Tabela 5 – Alternativas de reúso e parâmetros em não conformidade

Usos		Parâmetros em não conformidade
Uso agrícola	Irrigação irrestrita	Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$), DBO.
	Irrigação restrita	-
Uso urbano	Uso irrestrito	DBO
	Uso restrito	DBO
	Uso predial	-
Uso piscicultura	Afluente ao tanque	-
	No tanque	DBO
Classe 1	Usos com contato direto, como lavagem de carros	-
	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos	-
Classe 3	Descargas de vasos	-
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens.	-

Fonte: Adaptado de AISSE, BASTOS, FLORENCIO (2006) e ABNT (1997).

As alternativas de reúso apresentadas na Tabela 1 são: o uso agrícola, uso urbano e uso na piscicultura. Já na Tabela 2 os usos estão classificados em classe 1, 2, 3 e 4. Observando os dados da Tabela 5 que apresenta os parâmetros em não conformidade para cada alternativa de reúso. Conclui-se que as alternativas de reúso podem ser para: Uso agrícola: Irrigação restrita; Uso urbano: Uso predial; Uso piscicultura: Afluente ao tanque; Usos com contato direto, como lavagem de carros; Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais

para fins paisagísticos; Descargas de vasos e Irrigação de pomares, cereais, forragens. Vale salientar que as alternativas de reúso acima mencionadas necessitam de outros parâmetros para serem atendidos.

Observados os demais resultados com relação à normas NBR 13.969 (1997), o reúso do efluente em agricultura e áreas paisagísticas poderia ser visto com boas perspectivas, uma vez que fósforo e nitrogênio são constituintes de fertilizantes.

Segundo Ayres e Westcot (1991), as águas que apresentam condutividade elétrica entre 700 e 3000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, como é o caso do efluente da pesquisa, apresentam moderada restrição de uso na irrigação. Os valores elevados de condutividade elétrica proporcionam grau de restrição para reúso na irrigação. Neste tipo de restrição exigem-se cuidados na seleção da cultura a ser irrigada e alternativas de manejo para evitar danos às plantas pelo excesso de sais.

5. CONCLUSÃO

Diante do estudo podemos concluir que diversos parâmetros influenciam no funcionamento e eficiência de uma ETE. A temperatura ambiente é fator que influencia bastante a eficiência das ETE uma vez que o desenvolvimento dos microrganismos é favorecido a temperaturas altas. O sistema de coletas e tratamento de esgoto doméstico é um item primordial para um ambiente saudável. Garante a qualidade de vida e preservação do meio ambiente. A falta do tratamento de esgoto pode ocasionar vários danos ao meio ambiente, à saúde e à qualidade de vida, como rios poluídos, transmissão de doenças, mau cheiro, dentre outros. Fica evidente a importância que se deve dar ao monitoramento dos parâmetros de qualidade dos esgotos lançados estas análises poderão vir a contribuir para a comunidade acadêmica.

A estação de tratamento de efluentes apresentou remoção satisfatória dos parâmetros: Turbidez, Sólidos Sedimentáveis e DBO tendo como porcentagem de remoção de 88,31%, ≈100% e 72,58% respectivamente. Já nos parâmetros: Condutividade elétrica, fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis não houve eficiência relevante ao longo das coletas tendo como porcentagem de remoção de 29,61%, 33,04%, 47,04%, 23,64%, 13,98%, 7% e 18,45% respectivamente.

Em relação ao reúso e diante aos parâmetros analisados o esgoto tratado poderá ser utilizados para: Uso agrícola: Irrigação restrita; Uso urbano: Uso predial; Uso piscicultura: Afluente ao tanque; Usos com contato direto, como lavagem de carros; Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos; Descargas de vasos e Irrigação de pomares, cereais, forragens. Porém esses usos acima mencionados só serão possíveis após a complementação de algumas análises, sugerindo-se, então, ampliar os parâmetros de controle da ETE.

Avalia-se necessário um estudo mais aprofundado do solo onde o esgoto tratado é liberado, visando levantar as consequências que os elevados teores de condutividade elétrica possam vir a acarretar ao sistema florestal de ombrófila mista.

REFERÊNCIAS

AISSE, M. M., BASTOS, R. K. X., FLORENCIO, L. **Rede cooperativa de pesquisas: Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 427 p, 2006.

APHA/AWA/WEF. Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater. 22nd Edition. Washington, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614**: Águas - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, p. 5. 1992.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 153p, 1991.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 844 p, 2011.

BARROS, R. T. V.; CHERNICHARO, C. A. L.; HELLER, L.; SPERLING, M. (Ed.) Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 1: O município e o meio ambiente. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fundação Estadual do Meio Ambiente Belo Horizonte, 221p,1995.

BASTOS, F. S.; VON SPERLING, M. V. Rede Cooperativa de Pesquisas: **Esgotos: Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Fortaleza: ABES, 430 p, 2009.

BENTO, Alessandra Pellizzaro; SEZERINO, Pablo Heleno; PHILIPPI, Luiz Sergio; REGINATTO, Valeria; LAPOLLI, Flavio Rubens. **Caracterização da Microfauna em Estação de Tratamento de Esgotos do tipo Lodos Ativados: Um instrumento de avaliação e controle do processo**. Engenharia Sanitária Ambiental. Vol.10 - Nº 4 -, 329-338, out/dez 2005.

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação**. Brasília. ISEA FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZW, J.C.; BARROS, M.T.L.; **Introdução à Engenharia Ambiental**, 2.ed., Prentice Hall, São Paulo, 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde** – 4. ed. – Brasília : Funasa, 150 p, 2013.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. 2ª ed Ampliada. 2012.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade das águas superficiais do estado de São Paulo. Apêndice A. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2008. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 05 out. 2019.

CNRH, Resolução nº121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20121.pdf>>. Acesso em 10 novembro 2019.

CNRH, Resolução nº54, de novembro de 2005. Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Brasília, DF, 09 nov 2005. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>>. Acesso em 10 novembro 2019.

COLARES, Carla Joviana Gomes; SANDRI, Delvio. Efficiency of sewage treatment with septic tanks followed by constructed wetlands with different support materials. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-14, 30 abr. 2013.

CONAMA-Conselho Nacional do Meio Ambiente .Resolução Conama nº430 de 13 de maio de 2011.Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementa e altera a resolução nº357,de 17de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 27/05/2019.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. atual. São Paulo: Oficina de Textos, 223 p, 2012.

DUARTE, Anamaria S. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v.12, n. 3, p. 302-310, jun. 2008.

FORESTI, E. Anaerobic treatment of domestic sewage: established technologies and perspectives. *Water Science Technology*. Vol.45, Nº10, p. 181- 186, 2002.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T;DURÁN, Nelson. Novas Tendências para o tratamento de resíduo industrial contendo espécies organocloradas. Instituto de Química -Universidade Estadual de Campinas - CP 6154 - 13083-970 - Campinas– SP, 4 Janeiro 2000.

GUIDOLIN, J. C. **Reuso de efluentes**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de saneamento 2011. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. p. 268. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.sht

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª edição. Rio de Janeiro. 1050p. ABES, 2011.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. rev. e ampl. Campinas: Átomo, [2010]. 494 p.m. Acesso em: 26/09/2019.

MELO, E. A.; STUMPF, T. R. A. **A situação das estações de tratamento de esgoto e sua importância para a qualidade das águas dos rios em Aracaju-Sergipe**. In: IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe. Aracaju, 2011.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Wastewater engineering: Treatment, disposal, reuse. 4 Ed. NewDelhi, Tatá Mc Graw-Hill, 920 p, 2003.

MORAIS, J. C. **Avaliação da eficiência e dos problemas operacionais de uma estação de tratamento de esgotos ao longo de 13 anos de monitoramento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

PEREIRA, Wellington S.; FREIRE, Renato S. Ferro Zero: Uma Nova Abordagem para Tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Química Nova**, Vol. 28, Nº. 1, 130136, 2005

RICHTER, C. A., NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo. Edgard Blücher, 2007.

ROLIM, Hosineide de Oliveira; CHAVES, Jarbas Rodrigues; NUNES, Ana Bárbara de Araújo; FILHO, Heraldo Antunes Silva; Santos, Elivânia Vasconcelos Moraes dos. Qualidade dos Efluentes de Sistemas de Tratamento Biológico UASB e UCT para Reúso Agrícola. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 9, n. 2, p.393-414,1jul.2016.

SCHLUSAZ, M. **Avaliação da eficiência da estação de tratamento de efluentes (ETE Ronda, Ponta Grossa – PR) através da análise de parâmetros físicoquímicos**. 82 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em

Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

SCOTTA, J., **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da serra gaúcha**. Monografia de conclusão de curso, UNIVATES, 2015, 82p.

SILVA, Adriana Lúcia da. **Variabilidade dos componentes do balanço hídrico: um estudo de caso em uma cultura do cafeeiro (Coffea arabica L.) no Brasil**. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, J. H. N. Perfil físico-químico do sistema de uma estação de tratamento de esgotamento sanitário no interior de São Paulo. UNAR. **Revista Científica do Centro Universitário de Araras "Dr. Edmundo Ulson"**, v. 8, p. 1-15, 2014.

VAN HAANDEL, A., KATO, M., CAVALCANTI, P. F. F., FLORENCIO, L. Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater. Reviews in, 2006.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994.

VERSIANI, B.M. **Desempenho de um reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 77p. 2005.

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

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 1996. 211 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

APÊNDICE A

Tabela 6 – ETE UFSC: Valores médios das concentrações dos padrões físicos químicos analisados.

Parâmetro	Coleta 17/09/2019	Coleta 03/10/2019	Coleta 17/10/2019	Coleta 31/10/2019
Efluente Bruto				
pH	8,26	8,37	8,17	8,03
Turbidez (NTU)	31,67	40	49,3	29
Condutividade Elétrica (µs/cm)	1695,33	1582	1673	1227
Fósforo Total (mg/L)	19,79	14,12	14,61	11,88
Fósforo Inorgânico (mg/L)	12,26	12,38	10,6	6,01
Fósforo Orgânico (mg/L)	7,53	1,74	4,01	5,87
Sólidos Totais (mg/L)	992	855	820	566
Sólidos Fixos (mg/L)	387	412	272	186
Sólidos Voláteis (mg/L)	604	443	548	380
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	nr	0,5	0,5	0,6
Dbo (5,20)(mgO ₂ /L)	87,5	87,3	73,4	75
Efluente Tratado				
pH	7,01	7,03	6,6	7,16
Turbidez (NTU)	3,33	2,4	8,4	3,4

Condutividade Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1135	1114	1162,66	936,2
Fósforo Total (mg/L)	13,65	10,22	9,40	7,19
Fósforo Inorgânico (mg/L)	6,25	5,95	6,37	3,28
Fósforo Orgânico (mg/L)	6,01	1,66	3,03	3,91
Sólidos Totais (mg/L)	820	728	763	469
Sólidos Fixos (mg/L)	378	357	265	168
Sólidos Voláteis (mg/L)	441	371	498	301
Sólidos Sedimentares (mg/L)	nr	<0,1	<0,1	<0,1
Dbo (5,20)(mgO ₂ /L)	31	18,6	19	20

Fonte: Autora (2019)