



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**PALLOMA DAMASCENA MORAIS**

**EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA  
EMPRESA DE BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS NA REGIÃO METROPOLITANA  
DE JOÃO PESSOA/PB**

JOÃO PESSOA

2017

**PALLOMA DAMASCENA MORAIS**

**EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA  
EMPRESA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS NA REGIÃO METROPOLITANA  
DE JOÃO PESSOA/PB**

Trabalho de conclusão de curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba.

Área de concentração: Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Elisângela Maria Rodrigues Rocha.

JOÃO PESSOA

2017

M827e Morais, Palloma Damascena

Eficiência da estação de tratamento de efluente de uma empresa de bebidas não alcólicas na região metropolitana de João Pessoa/PB./ Palloma Damascena Morais. – João Pessoa, 2017.

54f. il.:

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Elisângela Maria Rodrigues Rocha.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 628.161(043)

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**PALLOMA DAMASCENA MORAIS**

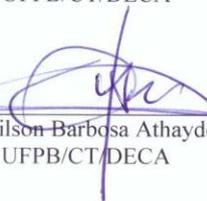
**EFICIÊNCIA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA EMPRESA  
DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE JOÃO  
PESSOA/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 14/11/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof.ª Dr.ª Elisângela Maria R. Rocha (orientadora)  
UFPB/CT/DECA

APROVADO



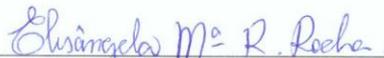
Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior  
UFPB/CT/DECA

APROVADO



Químico Industrial Tássio Souza Cândido  
Encarregado do Controle de Qualidade da INDAIÁ

Aprovado



Prof. Adriano Rolim da Paz  
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

## AGRADECIMENTOS

À **Deus**, pela vida e por todas as graças alcançadas em minha vida e nunca ter me deixado desistir dessa jornada em minha vida.

Aos meus pais, **Bonifácio Moraes** e **Maria Suely Moraes**, por todo o apoio durante a minha trajetória e por sempre acreditar em meus objetivos.

Aos meus irmãos, **Michelle, Bruno e Lucas**, pela parceria e todo apoio.

À prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **Elisângela Maria**, minha orientadora, por ter aceitado desde o início este trabalho e me orientado de forma competente.

Ao professor **Gilson B. Athayde** e ao **Tássio Cândido**, encarregado de Controle de Qualidade da empresa, por terem aceitado participar da banca examinadora deste TCC.

À **equipe da empresa**, que me acolheu durante o estágio de dois anos, confiou em meu potencial e compartilhou todo conhecimento que fez enriquecer mais ainda a minha experiência como profissional. E novamente a **Tássio Cândido** e **Karla Cunha**, pela disponibilização dos dados necessários para a realização deste trabalho.

Ao professor **Joácio de Araújo Moraes Júnior**, pela oportunidade do estágio e projeto de iniciação, que ambos contribuíram muito para que eu sempre pudesse buscar novos conhecimentos.

À **CAPES** e ao **Institute of Technology Tralee** pelo apoio e oportunidade do intercâmbio, com certeza, melhor experiência da minha vida. E aos meus amigos que fiz durante esse período, principalmente **Jhenifer Stumm** e **Otávio Amorim**, por toda amizade que apesar da distância fisicamente, não deixam de me apoiar.

Aos meus amigos da graduação e especialmente à **Elaine Cristina, Gabriela Freitas, Gerlândia Bias, Hesmaelly Pereira, Josilene Maria, Lusielson Pereira, Renata Hellen, Thayse Moura**, por toda confiança, companheirismo, carinho e participação durante essa jornada.

Aos meus amigos de longa data, e principalmente **Luciana Trajano, Rômulo Andrade** e **Suênia Priscila** por todo apoio e palavras de incentivo.

E a todos que, direta ou indiretamente, confiaram em minha capacidade e me apoiaram com palavras ou gestos, além de contribuírem com meu crescimento moral e intelectual durante toda a graduação.

## RESUMO

O tratamento das águas residuárias é substancial para a saúde humana e o meio ambiente. Além dos esgotos domésticos, os efluentes industriais, de maneira geral, são alvo de preocupação quanto ao seu tratamento e ao seu despejo em corpos d'água. Com isso, é de extrema importância que se tenha um controle e monitoramento da estação de tratamento por meio dos parâmetros de qualidade. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a eficiência da estação de tratamento efluente, por sistema de lodos ativados de uma empresa de bebidas não alcoólicas localizada na região metropolitana de João Pessoa. A pesquisa analisou os dados entre o período de janeiro de 2015 a abril de 2017, das características físico-químicas de entrada e saída do efluente, a biodegradabilidade, e o potencial poluidor em carga orgânica pelo equivalente populacional, bem como o comportamento do reator aeróbio em termos operacionais para o processo. Com base nos resultados, concluiu-se que o sistema se mostrou bastante eficiente na remoção da DBO e DQO do efluente, apesar do teste de biodegradabilidade ter verificado que os despejos deveriam receber inicialmente um tratamento físico-químico. Houve eficiência também na remoção do nitrogênio e fósforo total e acidez, e a incorporação no sistema de oxigênio dissolvido e alcalinidade. Com a verificação do potencial poluidor da empresa, através do equivalente populacional, a indústria apresentou uma média de 90.000 habitantes em relação a DBO. Mas ao final do tratamento aplicado na empresa houve um decaimento neste quantitativo para uma média de 120 habitantes. Também verificou que os requisitos de oxigênio dissolvido durante o período estudado, se mostrou acima do limite necessário, porém, o nitrogênio e fósforo total, em alguns meses apresentou valores abaixo do valor de referência.

Palavras chaves: lodo ativado, aeração prolongada, efluente industrial.

## **ABSTRACT**

The treatment of wastewater is substantial for human health and the environment. In addition to domestic sewage, industrial effluents are generally of concern as to their treatment and their disposal in bodies of water. Thus, it is extremely important to have a control and monitoring of the treatment plant through the quality parameters. The purpose of study was to analyze the efficiency of the effluent treatment plant by activated sludge system of a non-alcoholic beverage company located in the metropolitan region of Joao Pessoa. During the period from January 2015 to April 2017, the research verified the effluent input and output characteristics, biodegradability, the pollutant potential in organic load by the population equivalent, as well as the behavior analysis of the aerobic reactor. Based on the results, it was concluded that the system proved to be very efficient in removing the BOD and COD from the effluent, although the biodegradability test verified that the wastes should initially receive a physical-chemical treatment. The verification of the parameter of potential polluter of the company, through the population equivalent, the industry presented an average of 90,000 people in relation to BOD in terms of concentration. But at the end of the treatment applied in the company there was a decrease in this quantity for an average of 120 inhabitants. It also verified that the oxygen requirements dissolved during the studied period, showed above the necessary limit, however, the nitrogen and total phosphorus, in some months presented values below the reference value.

Keywords: activated sludge, prolonged aeration, industrial sewage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto sanitário (em termos de concentração). .....	16
Figura 2: Produção, consumo e indicadores hídricos da indústria de bebida no Brasil .....	19
Figura 3: Localização da empresa, ETEI e a vila.....	28
Figura 4: Esquema das etapas da ETEI da indústria de bebidas não alcoólicas.....	30
Figura 5: Esquemas das fontes geradoras de efluentes da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	32
Figura 6: Comportamento do parâmetro Alcalinidade na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	37
Figura 7: Comportamento do parâmetro Acidez total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	38
Figura 8: Comportamento do parâmetro Nitrogênio total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	39
Figura 9: Comportamento do parâmetro Fósforo total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	40
Figura 10: Comportamento do parâmetro Oxigênio dissolvido na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	41
Figura 11: Comportamento do parâmetro DQO na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	42
Figura 12: Comportamento do parâmetro DBO5 na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	43
Figura 13: Eficiência de remoção da DBO5 na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	44
Figura 14: Equivalente populacional em termos de matéria orgânica (DBO) da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	45
Figura 15: Comportamento da relação DBO5/DQO na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	46
Figura 16: Comportamento do OD no reator biológico aerado da ETEI na indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB .....	47
Figura 17: Comportamento dos nutrientes no reator biológico aerado da ETEI na indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB.....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Mecanismos de remoção e os principais poluentes removidos em cada nível de tratamento.....	21
Quadro 2: Classificação dos sistemas em função da idade do lodo .....	23
Quadro 3: Parâmetros de qualidade investigados na empresa e abordados na pesquisa .....	24
Quadro 4: Classificação pela CONAMA 357/05 das águas doces.....	25
Quadro 5: Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização do efluente industrial.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos mínimos de OD, nitrogênio e fósforo do sistema.....	36
---	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVOS .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 ÁGUA E SEUS USOS .....	14
3.2 EFLUENTES .....	15
3.2.1 Efluentes industriais .....	17
3.2.2 Efluentes da indústria de bebidas .....	18
3.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	20
3.4.1 Lodos Ativados .....	22
3.5 PARÂMETROS E LEGISLAÇÃO .....	23
3.6 VARIÁVEIS OPERACIONAIS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUNTES (ETE).....	26
4 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	27
4.1 ETAPAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDUSTRIAL - ETEI... 28	
4.1.1 Tratamento preliminar .....	28
4.1.2 Tratamento secundário .....	29
4.1.3 Tratamento terciário .....	29
4.1.4 Destinação final do lodo e efluente .....	30
5 METODOLOGIA .....	31
5.1 GERAÇÃO DOS EFLUENTES .....	31
5.2 ANÁLISE DOS DADOS .....	33
5.2.1 Caracterização do sistema de tratamento - ETEI .....	33
5.2.3 Análise do Reator Biológico Aerado – RBA .....	35
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO - ETEI.....	36
6.1.1 Alcalinidade e acidez total .....	36
6.1.2 Nutrientes .....	38
6.1.3 OD, DQO e DBO <sub>5</sub> .....	40
6.1.4 EQUIVALENTE POPULACIONAL (E.P.).....	44
6.2 BIODEGRADABILIDADE - DBO <sub>5</sub> /DQO.....	45
6.3 ANÁLISE DO REATOR BIOLÓGICO AERADO – RBA .....	46
7 CONCLUSÃO .....	49
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento das águas residuárias é de suma importância tanto para a saúde humana quanto o meio ambiente. O destino adequado dos efluentes proporciona conforto estético, promoção dos hábitos de higiene da população, evita propagação de doença e vetores, preserva os mananciais e reduz custos com o tratamento de água. Além dos esgotos domésticos, os efluentes industriais, de maneira geral, são alvo de preocupação quanto ao seu tratamento e ao seu despejo em corpos d'água.

Segundo a página do Centro de Informações Metal Mecânica (CIMM) ([199-] *apud* AZZOLINI; FABRO, 2012), as diferentes composições físicas, químicas e biológicas e as demais variações no processo produtivo, recomendam que os efluentes sejam caracterizados, quantificados e tratados ou preservados adequadamente antes da disposição final no meio ambiente.

A preocupação com a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos, fez com que surgisse uma pressão a nível mundial sobre as atividades potencialmente poluidoras, para que as mesmas tomassem medidas de precaução e remediação quanto à geração de seus efluentes oriundos dos processos industriais. Juntamente com essa exigência global, os órgãos ambientais criaram leis e medidas de execução mais rígidas para proteger e garantir a perenidade dos recursos naturais.

No Brasil, têm-se a Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, que além de classificar os corpos de água em doces, salobras e salinas, também elabora o seu enquadramento. E a Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, onde estabelece as condições e padrões, trabalhando com limites individuais para cada substância e o seu devido monitoramento pelo poder público.

Atualmente, existem inúmeros tipos processos para o tratamento de esgoto, individuais ou combinados. A decisão pelo processo a ser empregado, deve-se levar em consideração, principalmente, as características do efluente bruto e as condições do curso d'água receptor (estudo de autodepuração e os limites definidos pela legislação ambiental).

Para o tratamento na indústria de bebidas, o tratamento aeróbio por lodos ativados se torna uma ótima opção, devido ao sistema se tratar de um processo biológico e excelente na remoção de matéria orgânica. Fazem parte do sistema de lodos ativados um tanque de aeração, onde o oxigênio pode ser inserido através de ar

atmosférico ou oxigênio puro, um decantador secundário e um sistema de recirculação de lodo.

Segundo Sperling (2012), existem diversas variantes do processo de lodos ativados, uma delas é a idade do lodo que classifica em aeração modificada, lodo ativado convencional e aeração prolongada. O tipo de aeração prolongada, a biomassa permanece no sistema por um período maior do que o convencional, em média de 18 a 30 dias.

O presente estudo teve como objeto de estudo a estação de tratamento de esgoto de uma empresa de água mineral e refrigerantes, localizada na zona rural de Santa Rita, região metropolitana de João Pessoa, onde o sistema de tratamento é pelo processo de lodos ativados. Além dos efluentes gerados pelo processo industrial, a mesma recebe os despejos domésticos do refeitório, banheiros e da vila de trabalhadores.

A região da zona rural da cidade de Santa Rita, onde se encontra a empresa do presente estudo, está localizada em um berço de águas minerais e está inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba, Miriri e Gramame. E um dos seus tributários é o rio Mumbaba, corpo hídrico que recebe os efluentes tratados na estação de tratamento industrial- ETEI (CPRM, 2005). Com isso, é de extrema importância que se tenha um controle e monitoramento da estação por meio dos parâmetros de qualidade.

Assim, o objetivo da pesquisa foi analisar a estação de tratamento de efluente industrial a partir do estudo das características do afluente e efluente, a biodegradabilidade do afluente, a influência da chuva nos parâmetros, o potencial poluidor em carga orgânica e análise do comportamento do reator aeróbio em termos dos requisitos mínimos para o bom funcionamento do mesmo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a eficiência da estação de tratamento de efluente por sistema de lodos ativados de uma empresa de água mineral e refrigerantes, na região metropolitana de João Pessoa.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudar as características do afluente e efluente final da Estação de Tratamento de Esgoto Industrial (ETEI) através dos parâmetros físico-químicos;
- Verificar a biodegradabilidade do efluente através da relação DBO/DQO;
- Analisar o comportamento do tanque de aeração biológica em termos de requisitos de oxigênio dissolvido e nutrientes;

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 ÁGUA E SEUS USOS

A água é um recurso essencial para o desenvolvimento dos ecossistemas naturais e a sobrevivência do ser humano. Possui a capacidade de se renovar continuamente, com cerca de 100 trilhões de toneladas anuais de água, uma vez que evapora dos oceanos, precipitam-se sobre os continentes, infiltram-se nos solos, abastecem lagos e reservatórios, escoam superficialmente e volta para os oceanos, além de retornar para a atmosfera através da evapotranspiração. No entanto, a distribuição da água não é feita uniformemente por todos os continentes, sendo um bem abundante em algumas áreas e escassos em outras (BRANCO, 1993; BRAGA, 2002 *apud* ABRAHÃO 2006).

No entanto, a distribuição da água não é feita uniformemente por todos os continentes, sendo um bem abundante em algumas áreas e escassos em outras (BRANCO, 1993; BRAGA, 2002 *apud* ABRAHÃO 2006). O nosso país confirma essa realidade, visto que “apesar de possuir 13% da água doce disponível do planeta, a distribuição é desigual, pois 81% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, cerca de 5% da população brasileira e a menor demanda” (ANA, 2015).

Nesse sentido, é possível afirmar que a água se tornou um recurso de ampla utilização pelo homem, principalmente em atividades laborais que lhe confere seu sustento, dentre as múltiplas finalidades para seu uso, destaca-se o abastecimento doméstico, o abastecimento industrial, a irrigação, a dessedentação de animais, a preservação da flora e da fauna, a recreação e lazer, a criação de espécies, a geração de energia, a navegação, harmonia paisagista e a diluição e transporte de despejos (VON SPERLLING, 2005).

Mierzwa (2005) ressalta ainda que dependendo do processo industrial, a água utilizada pode ter os seguintes fins: matéria-prima ou composto auxiliar na preparação de matérias-primas, incorporada ao produto, final, fluido de transporte, aquecimento ou refrigeração ou nos processos de limpeza.

Diante o exposto, compreende-se a magnitude na utilização da água, haja vista que ela desempenha papel fundamental na vida do homem, na sociedade, na economia, na saúde, na natureza e cabe aos poderes públicos instituírem políticas de tratamento e aproveitamento deste recurso tão essencial a vida.

### 3.2 EFLUENTES

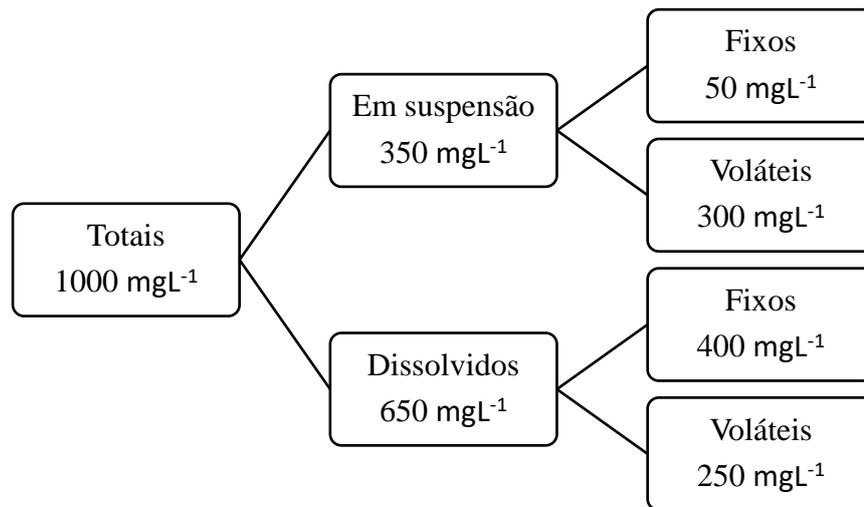
Efluente é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (CONAMA 430, 2011). Ainda segundo esta norma, o termo esgoto sanitário é uma “denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos”.

No entanto, Jordão e Pessoa (2009) classificam os esgotos em dois principais grupos que são: os esgotos industriais e os sanitários. Os esgotos industriais são aqueles oriundos de qualquer processo industrial e que apresentam características próprias em função do processo utilizado. Assim, as indústrias devem ser consideradas separadamente, visto que seus efluentes diferenciam de empresa para empresa. Além disso, as características dos despejos mudam qualitativamente e quantitativamente com sua utilização.

Já os sanitários são constituídos de despejos domésticos, parte das águas pluviais, águas de infiltração e uma parcela pequena dos despejos industriais, apresentando características bem definidas (JORDÃO e PESSOA, 2009). Os esgotos domésticos ou domiciliares são oriundos das residências, comércios e instituições, e compõem-se da água de banho, fezes e urina, papel, restos de comida, sabão, detergente e água de lavagem, contêm, aproximadamente, 99,9% de água, e 0,1% restantes, é a fração que inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos.

Assim sendo, é devido a essa pequena fração de 0,1% que necessita do tratamento dos esgotos (VON SPERLING, 2005). A figura 1 mostra uma distribuição típica, entre os diversos tipos de sólidos presentes num esgoto bruto.

Figura 1: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto sanitário (em termos de concentração).



Fonte: adaptado de Von Sperling (2005).

Segundo Jordão e Pessoa (2009), o esgoto apresenta características físicas, químicas e biológicas. As características físicas são: matéria sólida, como visto na figura acima, além da temperatura, odor, cor e turbidez. Químicas, são representadas pela matéria orgânica e inorgânica. E as características biológicas, que incluem os microrganismos da água residuária e os indicadores da poluição humana.

- Matéria sólida: entre as características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância quando se trata de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento;
- Temperatura: em geral, é pouco superior à das águas de abastecimento, devido a contribuição de despejos domésticos que tiveram as águas aquecidas;
- Odores: são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim o odor de mofo, típico de esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico;
- Cor e turbidez: indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho;
- Matéria orgânica: cerca de 70% dos sólidos no esgoto sanitário são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio;

- Matéria inorgânica: é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas.
- Microrganismos da água residuária: os principais são as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas;
- Indicadores de poluição humana: são vários organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar a poluição de origem humana adotam-se os organismos do grupo coliformes como indicadores. As bactérias coliformes são típicas do intestino humano e de outros animais de sangue quente. Estão presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e são de simples determinação.

### **3.2.1 Efluentes industriais**

Giordano (2012) menciona que “as características dos efluentes industriais são inerentes à composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial, além disso, a concentração dos poluentes nos efluentes é função das perdas no processo ou pelo consumo de água”. Nesse sentido, torna-se imprescindível os cuidados e preocupações com relação ao uso da água nos processos industriais, bem como os efluentes gerados durante os processos. Como ressalta Mierzwa (2002):

Além da preocupação que deve existir com relação à utilização da água nos processos industriais, a questão dos efluentes gerados nestes processos também é de grande importância. Isto é justificado em razão dos efluentes incorporarem diversas substâncias que são prejudiciais ao Homem e ao meio ambiente, as quais, quando descartadas dos processos de origem, sem os cuidados necessários, podem comprometer a operação do sistema destinado ao seu tratamento, ou então, afetar a qualidade do corpo receptor deste efluentes, podendo resultar em sérios problemas ambientais, neste caso, impondo-se à indústria e aos responsáveis pelas atividades que deram origem a estes problemas, as sanções legais pertinentes.

Os efluentes industriais têm como caráter, apresentar uma ampla variabilidade das suas características qualitativas, assim, dificulta uma análise e compreensão de suas

particularidades. Alguns desses atributos relacionados ao tratamento biológico são citados por Von Sperling (2005):

- Biodegradabilidade: capacidade dos despejos de serem estabilizados por processos bioquímicos, através de microrganismos;
- Tratabilidade: factibilidade dos despejos serem tratados por processos biológicos convencionais;
- Concentração de matéria orgânica: DBO dos despejos, a qual pode ser: (a) mais elevada do que a dos esgotos domésticos (despejos predominantemente orgânicos, tratáveis por processos biológicos), ou (b) inferior à dos esgotos domésticos (despejos não predominantemente orgânicos, em que é menor a necessidade de remoção da DBO, mas em que o caráter poluidor pode ser expresso em termos de outros parâmetros de qualidade).
- Disponibilidade de nutrientes: o tratamento biológico exige um equilíbrio harmônico entre os nutrientes C:N:P. Tal equilíbrio é normalmente encontrado em esgotos domésticos.
- Toxicidade: determinados despejos industriais possuem constituintes tóxicos ou inibidores, que podem afetar ou inviabilizar o tratamento biológico.

Portanto, o processo industrial, o porte e o ramo da indústria, capacidade de produção, idade das instalações, práticas operacionais, cultura adotada pela empresa é que definirá quais as características do efluente e qual será a quantidade de geração de efluentes. Como é o caso do tipo de indústria que será abordada no presente estudo, dos quais: a indústria de bebidas.

### **3.2.2 Efluentes da indústria de bebidas**

As indústrias de bebidas no Brasil e em todo o mundo são formadas por pequenas empresas e empresas globais, onde distribuem seus produtos por vários países, e produzem todos os tipos de bebidas (GALVÃO, 2010). Os tipos de bebidas produzidos são caracterizadas em: a) não alcoólicas (água mineral, refrigerantes, chás, energéticos e sucos prontos para beber) e; b) alcoólicas (vinhos, tequila, cervejas, vodka, espumantes, entre outras).

Conforme Euromonitor International (2016 apud Junior, 2016), “o Brasil é o terceiro produtor e consumidor mundial de refrigerantes, inferior apenas ao verificado nos Estados Unidos e na China”. E ainda segundo a AFEBRAS- Associação dos Fabricantes de Refrigerantes do Brasil (2015, apud Schwendler, 2015), em 2014 o Brasil produziu cerca de 15,7 bilhões de litros de refrigerantes, o que representa um aumento de 1,43% em relação ao ano de 2013.

“O refrigerante é um líquido composto por 85% de água e 15% de concentrado ou de uma fórmula (caso das colas), xarope e gás carbônico. O concentrado pode ser um caldo de fruta (laranja, limão, uva, etc)” (PANORAMA SETORIAL, 1998 apud ROCHA, 2003). As matérias primas básicas utilizadas na produção de refrigerantes são a água, açúcar, concentrados e gás carbônico. E o controle dessas matérias primas deve ser de forma que garantam a qualidade do produto final (CRUZ, 2012 apud Schwendler, 2015)

Contudo, quando se refere aos outros processos industriais de bebidas, o consumo de água varia de acordo com suas especificidades. Por exemplo, as necessidades de higiene do ambiente, o tipo de embalagem utilizada, capacidade produtiva, disponibilidade hídrica, cultura da comunidade local e da empresa, tecnologia empregada, e quantidade de equipamentos que necessitam de limpeza (Hespanhol e Mierzwa, 2005, apud CAVALCANTE, 2013). A figura 2 apresenta as diferenças de produção, consumo e indicadores hídricos de alguns tipos de processos industriais de bebidas no Brasil.

Figura 2: Produção, consumo e indicadores hídricos da indústria de bebida no Brasil

Bebida	Consumo per capita anual médio no Brasil (L/hab)	Produção nacional (1 bilhão de L/ano)	Percentual de água	Indicador de consumo (média do segmento)
Refrigerante	74,5	14,148	78 – 90%	2 – 14
Cerveja	52,8	10,34	-	3 – 30
Água envasada	39,5	7,5	-	-
Suco	0,6 a 0,8	0,476	82 – 98%	-
Vinho	1,6	0,23	75 – 90%	-
Cachaça	6,2	1,2	50%	30

Nota: (-) Sem informação

Fonte: adaptado de ABIR (2011) e Brasil (2012 apud Cavalcante, 2013)

No setor industrial de bebidas, com o aumento da produção de seus produtos, há conseqüentemente, a geração significativa das águas residuárias, que possuem altas cargas devidos às grandes vazões de descarte. Durante a produção de refrigerantes, os efluentes gerados são provenientes de etapas de lavagem (equipamentos, recipientes, pisos e tubulações, da instalação em si), das águas de sistemas de resfriamento, dos despejos oriundos de lotes defeituosos e as perdas durante o processo (SANTOS e RIBEIRO, 2005).

Os efluentes gerados na indústria de bebidas possuem como características: altos teores de açúcares, pH alcalino devido às soluções de limpeza utilizadas e temperatura ambiente. Também apresentam elevada carga orgânica (DBO, DQO e sólidos totais) devido ao açúcar do xarope e dos extratos vegetais utilizados na formulação das bebidas. No entanto, a composição do efluente vai variar de acordo com o processo produtivo, como também, à tecnologia empregada durante as etapas de fabricação das bebidas (FILHO et al, 2013).

### 3.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Torna-se importante mencionar que “os efluentes, são variáveis de acordo com a fonte geradora, então, é necessário que se conheça as características do efluente industrial para determinar o tipo de tratamento adequado e atender os padrões de lançamento estabelecidos” (BRAGA, 2005 apud AMORIM, 2014).

As estações de tratamento de efluentes tem o intuito de remover a carga poluidora dos despejos, envolvendo processos químicos, físicos e biológicos para alcançar o nível de qualidade desejado. Segundo Jordão e Pessoa (2009), os processos de tratamento dos despejos podem se classificar em físicos, químicos e biológicos.

Os processos físicos tratam-se da separação e remoção das substâncias em suspensão ou com densidade distinta do esgoto. Exemplo: areia e gorduras. Já os processos químicos são aqueles que necessitam da aplicação de dosagem de produtos químicos, e, para efluentes sanitários, raramente são adotados isoladamente, sendo utilizados, geralmente, quando os processos físicos ou biológicos, por si só, não são suficientes para obtenção da qualidade desejada para o efluente final. E os processos biológicos são processos de degradação de determinadas substâncias orgânicas

mediante enzimas secretadas por microrganismos. E os principais tratamentos são a oxidação biológica e a digestão do lodo.

Há inúmeras tecnologias e sistemas para o tratamento de efluentes, porém, deve-se levar em consideração quais os objetivos do tratamento, o nível de tratamento o qual se espera atingir e qual será o impacto que o lançamento do efluente tratado poderá causar no corpo hídrico receptor (SCOTTÁ, 2015). O tratamento de esgotos é classificado através dos seguintes níveis: tratamento preliminar, primário, secundário, terciário ou avançado.

O tratamento preliminar tem por objetivo a remoção de sólidos grosseiros como areia, pedregulho, galhos ou outros materiais maiores, enquanto o tratamento primário objetiva-se na remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos a remoção é por mecanismos físicos. Já o tratamento secundário visa à remoção de matéria orgânica por meio de mecanismos biológicos, onde eventualmente ocorre a remoção de nutrientes. E o tratamento terciário ou avançado visa a remoção de poluentes específicos ou a remoção complementar de poluentes não removidos no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

Quadro 1: Mecanismos de remoção e os principais poluentes removidos em cada nível de tratamento

<b>Nível de Tratamento</b>	<b>Mecanismos de Remoção</b>	<b>Principais Poluentes Removidos</b>
Tratamento preliminar	Grades caixa de areia medidor de vazão	sólidos grosseiros areia galhos
Tratamento primário	decantadores caixa de gordura flotores	sólidos sedimentáveis sólidos flutuantes óleos e graxas
Tratamento secundário	lodos ativados filtros biológicos lagoas de estabilização e facultativas	matéria orgânica dissolvida e em suspensão coliformes termotolerantes
Tratamento terciário	desinfecção ozonização processos oxidativos avançados	patogênicos nutrientes

Fonte: adaptado de Barros et al (1995), Von Sperling (2005) *apud* Scottá, 2015

Conforme é possível observar os tipos de tratamentos de efluentes no quadro acima exposto, optou-se por abordar o sistema de Lodos Ativados por ser considerado atualmente a principal base da ETEI em estudo nesta pesquisa.

### **3.4.1 Lodos Ativados**

Segundo Jordão e Pessoa (2009, p.513) “Lodo ativado é o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zoogleias ou outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulando em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados”. Trata-se de um processo biológico, onde o esgoto afluente e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados, para serem separados novamente. Portanto, sendo como característica do tratamento biológico de esgotos, a estabilização da matéria orgânica através de mecanismos biológicos, utilizando microrganismos como bactérias, protozoários, fungos e algas.

O sistema de lodos ativados é bastante utilizado no tratamento de efluentes domésticos e industriais, quando se requer uma alta qualidade do efluente e redução de área. Contudo, este sistema exige uma mecanização superior ao de outros sistemas de tratamento, além de necessitar de operação mais tecnológica e maior consumo de energia elétrica. As unidades que integram a etapa biológica do sistema de tratamento são: tanque de aeração (reator), tanque de decantação secundário e sistema de recirculação de lodo (SPERLING, 2012).

O princípio básico do sistema de lodos ativados é depurar a matéria orgânica através dos microrganismos aeróbicos. Entretanto, existem neste processo muitas variantes e os sistemas são classificados de acordo com a idade do lodo, com o fluxo ou ainda de acordo com o objetivo do tratamento (VON SPERLING, 1997 *apud* AMORIM, 2014). No quadro 2 abaixo, pode ser verificado a classificação dos sistemas de acordo com a idade do lodo.

Quadro 2: Classificação dos sistemas em função da idade do lodo

<b>Idade do lodo</b>	<b>Carga de DBO aplicada por unidade de volume</b>	<b>Faixa de idade do lodo</b>	<b>Denominação usual</b>
Reduzidíssima	Altíssima	Inferior a 3 dias	Aeração modificada
Reduzida	Alta	4 a 10 dias	Lodos ativados convencional
Intermediária	Intermediária	11 a 17 dias	-
Elevada	Baixa	18 a 30 dias	Aeração prolongada

Fonte: Sperling (2012).

No sistema de aeração prolongada de fluxo contínuo, a biomassa permanece por um período superior do que o convencional, recebendo a mesma carga de DBO do esgoto bruto. O volume do reator aeróbio é também mais elevado. Conseqüentemente, haverá menos matéria orgânica por unidade de volume do tanque de aeração e também por unidade de biomassa do reator (SPERLING, 2012).

Nesse sentido, as bactérias passarão a utilizar nos seus processos metabólicos a própria matéria orgânica biodegradável formadora de suas células. Esta matéria orgânica irá ser transformada em gás carbônico e água através da respiração, correspondendo a uma estabilização da biomassa, dentro do próprio tanque de aeração. Sendo assim, o sistema variante do lodo ativado mais eficiente quanto se refere na remoção de DBO (SPERLING, 2012).

Após o tanque de aeração, tem-se o decantador secundário, local onde ocorre a sedimentação dos sólidos, permitindo que o efluente saia clarificado. Os sólidos sedimentados no fundo do decantador são recirculados para o reator, se juntando novamente com a biomassa. A parte excedente dos sólidos encontrada no decantador secundário é separada, através da sedimentação dos flocos, e descartada para adensamento, secagem, estabilização ou desidratação.

### 3.5 PARÂMETROS E LEGISLAÇÃO

Atualmente a legislação Brasileira no que diz respeito ao tratamento dos efluentes, conta com a Resolução CONAMA 430/11 que dispõe sobre condições e padrões para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357/2005, do Conselho

Nacional do Meio Ambiente. Contudo, no quadro 3, são apresentados apenas os parâmetros da legislação supracitada e que foram utilizados e analisados na presente pesquisa.

A resolução traz ainda em seu art. 21 que é estabelecido o limite máximo de 120 mgL<sup>-1</sup> ou variação neste valor quando o sistema de tratamento apresentar uma eficiência mínima na remoção de 60% de DBO, ou ainda em caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico.

Quadro 3: Parâmetros de qualidade investigados na empresa e abordados na pesquisa

Parâmetros	Características
Alcalinidade Total	Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição de capacidade da água de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão) (VON SPERLING, 2005).
Acidez Total	É a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. É devida principalmente à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2) (VON SPERLING, 2005).
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	A DBO de uma amostra é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20 °C é frequentemente usado e referido como DBO 5,20 (CETESB, 2017).
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor e em primeiro lugar, servindo os resultados de orientação para o teste da DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial (CETESB, 2017).
Fósforo Total	O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de <i>ortofosfato</i> , <i>polifosfato</i> e <i>fósforo orgânico</i> . Os <i>ortofosfatos</i> são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade conversões a formas mais simples. As formas em que os <i>ortofosfatos</i> se apresentam na água dependem do pH. Os <i>polifosfatos</i> são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforos (VON SPERLING, 2005).
Nitrogênio Total	No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: (a) nitrogênio molécula (N <sub>2</sub> ), escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia (livre NH <sub>3</sub> e ionizada NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), (d) nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) e (e) nitrato (NO <sub>3</sub> ) (VON SPERLING, 2005).
Oxigênio Dissolvido (OD)	Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com possível geração de maus odores (VON SPERLING, 2005).

Fonte: próprio autor, 2017

Para o lançamento dos efluentes mesmo após tratamento, é necessário verificar o enquadramento do corpo receptor, pois há diversos corpos hídricos que têm usos múltiplos. Este é um instrumento legal da gestão dos recursos hídricos e que é realizado em função dos usos previstos. No quadro 4, está representada a classificação dos cursos de água em função de seus usos preponderantes, segundo a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA.

Quadro 4: Classificação pela CONAMA 357/05 das águas doces

<b>Classe</b>	<b>Usos</b>
Classe Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) a aquicultura e a atividade de pesca.
Classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) a pesca amadora; d) a recreação de contato secundário; e e) a dessedentação de animais.
Classe 4	a) a navegação; e b) a harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA 357, 2005

### 3.6 VARIÁVEIS OPERACIONAIS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES (ETE)

A NBR 12.209 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992) trata de Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. A mesma fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto sanitário (ETE), definindo que a concentração de oxigênio dissolvido (OD) no tanque de aeração, a ser considerada no dimensionamento do equipamento de aeração, deve ser  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$  quando a idade do lodo é igual ou superior a 18 dias. Situação adota na ETE da presente pesquisa.

Segundo Von Sperling (2012), para realizar a estabilização da matéria orgânica no reator biológico necessita-se também de outros nutrientes, além do carbono, para o desenvolvimento das atividades metabólicas. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes, e o autor estabelece alguns valores mínimos requeridos no reator aerado. Para o sistema de aeração prolongada os requisitos mínimos são: 2,6-3,2 de nitrogênio e 0,5-0,6 de fósforo, valores expressos em massa ( $\text{Kg/m}^3$ ).

É possível calcular uma estimativa de quanto a empresa corresponde em termos de matéria orgânica, a partir da relação em número populacional, este fator é denominado Equivalente Populacional. Segundo Von Sperling (2005, p. 124), “este traduz a equivalência entre o potencial poluidor de uma indústria (comumente em termos de matéria orgânica) e uma determinada população, a qual produz essa mesma carga poluidora”. Através da vazão média fornecida pela empresa, é possível calcular a carga total de lançamento de efluentes da indústria no corpo hídrico.

O valor equivalente populacional (E.P.) foi obtido através da seguinte equação:

$$E. P. = \frac{\text{carga de DBO da indústria } (\frac{\text{kg}}{\text{dia}})}{0,054 \text{ (kg/(hab.dia))}} \quad \text{Equação 1}$$

O valor 0,054 (kg/hab.dia) refere-se à contribuição per capita de DBO por habitante por dia, valor adotado frequentemente.

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A Região Metropolitana de João Pessoa é composta pelos seguintes municípios: Bayeux, Cabedelo, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Lucena, Mamanguape, Rio Tinto, Santa Rita, Alhandra, Pitimbu, Caaporã e Pedras de Fogo (JOÃO PESSOA, 2009). A área de estudo do presente trabalho se encontra, mais precisamente, no município de Santa Rita.

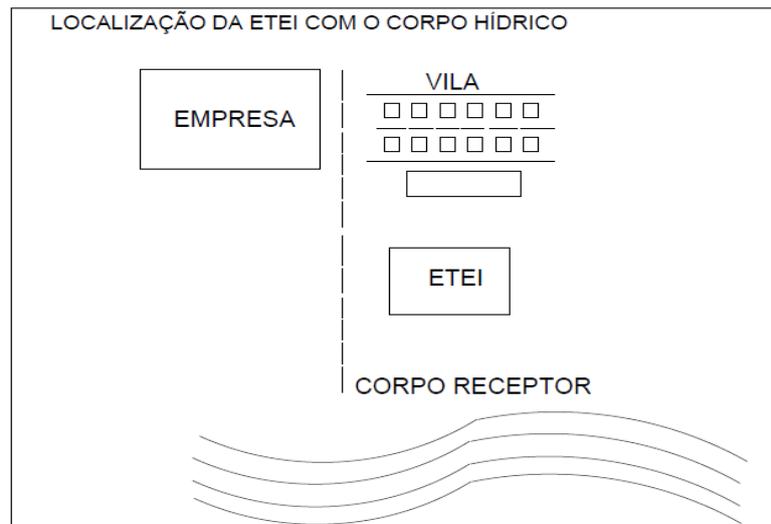
Segundo o CPRM (2005), o município de Santa Rita se concentra em uma unidade Geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, que se estende ao longo de todo litoral nordestino. De modo geral, os solos da região são caracterizados como profundos e de baixa fertilidade natural e seu clima é o tipo Tropical Chuvoso com verão seco. O período chuvoso começa no outono tendo início em fevereiro e término em outubro. A precipitação média anual é de 1634,2 mm.

Ademais, o município de Santa Rita está inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba, Miriri e Gramame. Seus principais tributários são: os rios Gramame, Jaburu, Camaço, Mamuaba, Mumbaba, Engenho Novo, Preto, Paroeira, Sol, Estivas, Pau-Brasil, Miriri, Tiriri, Caboco e Una, além dos riachos: Água Branca, Laminha, Bambu, do Cesto, da Estiva, Mangabeira, Dois Rios, Pau-Brasil, Jacuípe, Jacaraúna, Bibira, Japungu, Palmeira, do Boi, Tibiri, das Pedras e Pilão. Onde todos os corpos hídricos têm escoamento permanente (CPRM, 2005).

A localização desta região torna-se estratégica devido apresentar diversos aquíferos e fontes de águas minerais, de forma que atrai inúmeras indústrias em seu território. A empresa do estudo se trata de uma empresa do ramo de água mineral e bebidas, e a mesma se encontra localizada geograficamente pelas coordenadas - 7.224326 e -35.031048.

Esta empresa encaminha todos seus efluentes para uma estação de tratamento de esgoto localizado em frente da área industrial. Além dos efluentes gerados do processo industrial, têm-se efluentes domésticos oriundos do refeitório e banheiros, além dos efluentes de uma vila de trabalhadores, composta por cerca de 16 famílias. Na figura 3 abaixo, é possível verificar um esquema da localização da empresa, ETEI e a vila.

Figura 3: Localização da empresa, ETEI e a vila.



Fonte: próprio autor, 2017

#### 4.1 ETAPAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO INDUSTRIAL - ETEI

A ETEI tem como finalidade básica para o sistema de tratamento projetado, enquadrar os despejos líquidos dentro dos padrões de emissão exigidos pela legislação vigente. A estação de pesquisa é composta de tratamento preliminar, secundário, terciário e a destinação final.

##### 4.1.1 Tratamento preliminar

A primeira etapa consta de um gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão. As grades são constituídas de barras de ferro dispostas verticalmente, com espaçamento de 0,5cm entre elas, onde passa os despejos líquido e retém materiais grosseiros que, por sua natureza ou tamanho, podem vir a criar problemas, tais como: desgastes de bombas, obstruções nas tubulações e a baixa eficiência de operação. A caixa de areia é construída de alvenaria, e por ela passa todo o efluente líquido e tem como objetivo reter a areia e outros detritos que estejam presentes no efluente. E o medidor de vazão é do tipo digital e que registra a cada hora a vazão de entrada da estação.

Além destes itens, a estação em estudo apresenta dois tanques de equalização após o tratamento preliminar. Como a vazão afluente normalmente apresenta uma variação ao longo das horas do dia, este tanque visa reduzir esta variação, de forma a

facilitar a operação das próximas etapas, que irão trabalhar com uma vazão média. No tanque de equalização realiza-se a uniformização das características do efluente, o equilíbrio do pH, a autoneutralização das partículas coloidais e suspensas, regula o fluxo para um sistema constante e promove uma aeração que mantém os sólidos em suspensão. Para evitar decomposição anaeróbia e liberação de maus odores, deve-se evitar a sedimentação de sólidos nestes tanques, acrescentando aeradores.

#### **4.1.2 Tratamento secundário**

O sistema da estação é o lodo ativado, que são sistemas de depuração biológica de resíduos líquidos por via aeróbia. A carga orgânica contida no efluente líquido é depurada por colônias de microrganismos heterogêneos que vêm a constituir o floco biológico. No tanque de aeração ocorre o contato entre a matéria orgânica do afluente e o lodo ativado. A massa total do lodo ativado a ser mantida no reator biológico, deverá permitir a degradação da matéria orgânica até os níveis desejados.

A biomassa permanece no sistema por um período mais longo do que o convencional, portanto, sendo considerada e chamada de aeração prolongada. Nesse tipo de sistema, ocorre a estabilização da biomassa, devido as bactérias utilizar em seus processos metabólicos a própria matéria orgânica componente de suas células. Esta matéria orgânica celular é convertida em gás carbônico e água através da respiração (VON SPERLING, 2005).

Quando a mistura líquida contida no tanque de aeração é conduzida para o decantador secundário, ocorre o processo de separação do lodo ativado e do efluente tratado. Pois é nesta unidade que ocorre o processo de sedimentação do lodo ativado, além do seu retorno para o tanque de aeração visando manter a massa de microrganismos e o descarte do excesso do mesmo para os leitos de secagem.

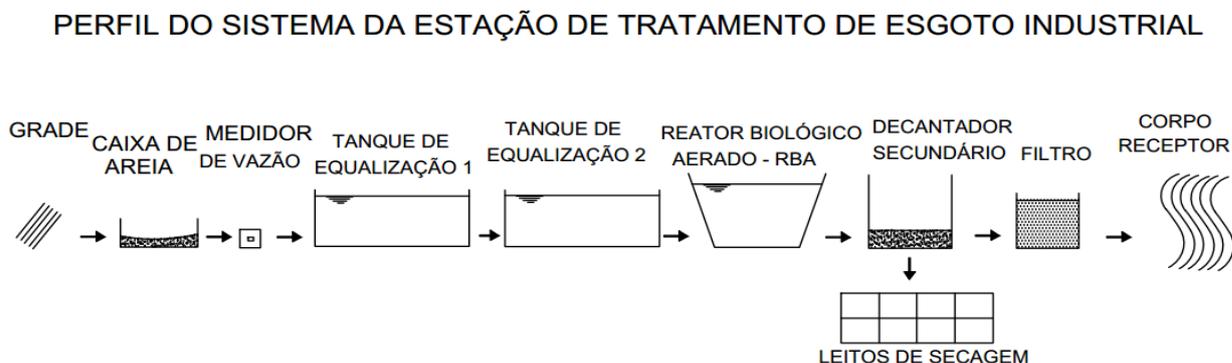
#### **4.1.3 Tratamento terciário**

Nesta etapa consta de um filtro com meio filtrante de britas e areia, para garantir a retenção de determinado material que não foi retido do tratamento secundário. Em muitos sistemas de lodo ativado não se acrescenta a filtração no final, mas é uma etapa que há mais uma garantia do efluente estar nos padrões exigidos. Após a filtração final, o efluente já é encaminhado para o corpo receptor.

#### 4.1.4 Destinação final do lodo e efluente

O lodo retirado do decantador secundário é depositado em leitos de secagem, para sua desidratação. O leito de secagem é um tanque de alvenaria, subdividido em células compostas de camadas sucessivas de brita, as quais funcionam como leito drenante. O percolado deste leito secante é remetido ao tanque de equalização. Após o processo de secagem do lodo, o mesmo é removido dos leitos de secagem por uma empresa terceirizada e encaminhado para o aterro sanitário. Na figura 4 abaixo, é possível verificar as etapas da estação de tratamento de esgoto do estudo.

Figura 4: Esquema das etapas da ETEI da indústria de bebidas não alcólicas



Fonte: próprio autor, 2017.

O corpo hídrico o qual recebe o efluente tratado da estação de tratamento de esgoto industrial é o rio Mumbaba. O mesmo tem sua origem no município de Pedras de Fogo, e possui extensão de aproximadamente 35 km, com cerca de 163,4 km<sup>2</sup> de área de drenagem e altitude média de 30 m (SILVA e ALENCAR, 2001; SILVA et al., 2011 apud SILVA, 2014).

A bacia do rio Mumbaba é uma sub-bacia do rio Gramame, e é o principal afluente da margem esquerda do rio Gramame (ABRAHÃO, 2006). Segundo a SUDEMA (1988), O rio Mumbaba possui trechos de enquadramento de qualidade da água nas Classes 1- nascente até o encontro com riacho Gavião; Classe 2- do encontro com riacho Gavião até a confluência com riacho Mussuré; e Classe 3- do encontro com o riacho Mussuré até o deságue no Rio Gramame. A localização do rio Mumbaba quando cruza o município de Santa Rita, o qual se encontra o trecho de estudo se enquadra na classe 2.

## 5 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como sendo um estudo descritivo-exploratório. Segundo Prodanov (2013, p. 52) “a pesquisa descritiva é a que procura classificar, explicar e interpretar fatos que ocorrem”. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e de levantamento de dados. A presente pesquisa utiliza o método quantitativo, uma vez que seus resultados podem ser quantificados, empregando ferramentas estatísticas para descrever a relação entre as variáveis e as respostas (FONSECA, 2002).

Foi realizado um levantamento das análises quinzenais e mensais da Estação de Tratamento de efluente industrial (ETEI), durante o período de dois anos e quatro meses, correspondente a janeiro de 2015 até abril de 2017.

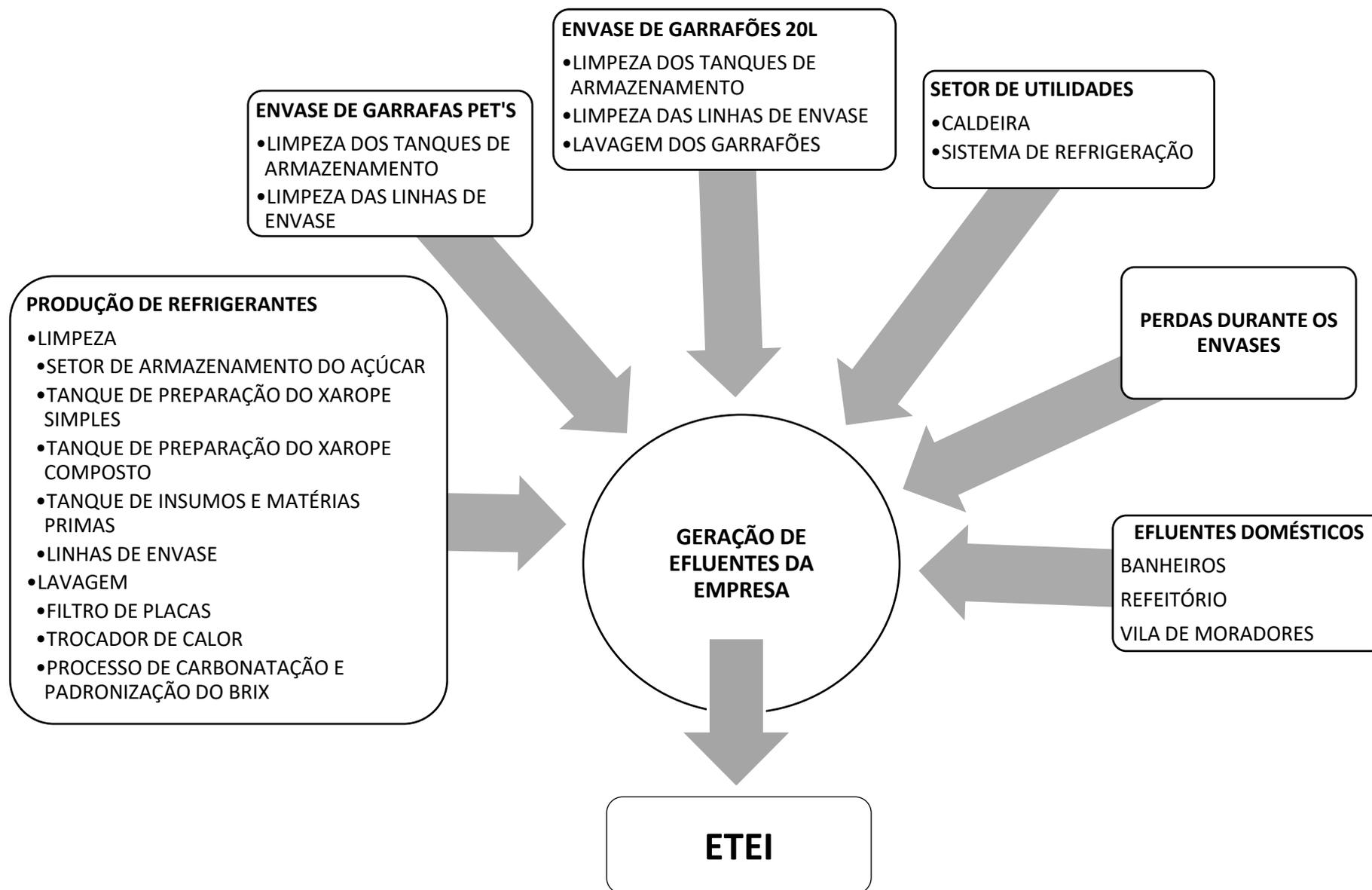
Em posse dos dados das análises do período supracitado, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática sobre os temas técnicos e científicos relacionados com o estudo, a fim de possibilitar embasamento teórico para a viabilidade do estudo e consequentemente, traçar as etapas e instrumentos para a análise e discussão dos resultados desta pesquisa.

### 5.1 GERAÇÃO DOS EFLUENTES

Os efluentes são provenientes de três principais fontes geradores, que são: o processo industrial, os efluentes domésticos oriundos do refeitório e banheiros da empresa e os efluentes de uma vila de trabalhadores, composta por cerca de 16 famílias, totalizando cerca 64 pessoas.

O maior gerador de efluentes, é o processo industrial da empresa, conforme figura 5, é possível verificar em quais processos há geração dos resíduos líquidos em toda a empresa.

Figura 5: Esquema das fontes geradoras de efluentes da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



## 5.2 ANÁLISE DOS DADOS

A caracterização físico-química do efluente foi realizada periodicamente no próprio laboratório da empresa em estudo, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), NBR 12614 e o manual do aparelho de fotômetro. Os parâmetros determinados e os respectivos métodos utilizados estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Parâmetros e métodos utilizados para a caracterização do efluente industrial

Parâmetro	Método
Alcalinidade Total	Titulação
Acidez Total	Titulação
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Incubação (20°, cinco dias)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Fotômetro
Fósforo Total	Fotômetro
Nitrogênio Total	Fotômetro
Oxigênio Dissolvido (OD)	Titulação

Fonte: próprio autor, 2017

### 5.2.1 Caracterização do sistema de tratamento - ETEI

Para verificar a eficiência do sistema, optou-se pelo programa R para plotar gráficos do tipo *boxplot*. Este tipo de gráfico fornece a distribuição do conjunto de dados com base em seus parâmetros: mediana, primeiro quartil (Q1), terceiro quartil (Q3), valores mínimos (Vmin) e máximos (Vmax), assim, permite uma análise do comportamento dos dados como um todo.

Os dados utilizados foram os valores de cada parâmetro dos pontos de entrada e saída da estação de tratamento de efluentes (ETEI). O R não é um programa estatístico, mas que devido a sua rotina permite a manipulação, avaliação e interpretação de procedimentos estatísticos aplicado a dados (SOUZA, 2014). Ainda segundo Souza (2014, p.6), “além dos procedimentos estatísticos o R permite operações matemáticas simples, e manipulação de vetores e matriz e assim como confecção de diversos tipos de gráficos”. Verificou-se também, a remoção da DBO pelo sistema e comparou-se com o valor especificado na CONAMA 430/11.

Além disso, calculou-se a estimativa da carga poluidora da indústria, onde a carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) expressa em termos de massa (poluente) por unidade de tempo, e foi calculada através da seguinte equação:

$$\text{carga de DBO (kg/dia)} = \frac{\text{concentração}(\frac{\text{g}}{\text{m}^3}) \cdot \text{vazão}(\frac{\text{m}^3}{\text{dia}})}{1000(\frac{\text{g}}{\text{kg}})} \quad \text{Equação 2}$$

A concentração é referente a DBO dos despejos, neste caso, foram utilizados os valores médios de saída por mês fornecidos pela empresa. Após o resultado da obtenção da carga de DBO lançada pela indústria, calculou-se o equivalente populacional (E.P.) de DBO.

O valor equivalente populacional (E.P.) foi obtido através da seguinte equação:

$$E. P. = \frac{\text{carga de DBO da indústria}(\frac{\text{kg}}{\text{dia}})}{0,054 \text{ (kg/(hab.dia))}} \quad \text{Equação 3}$$

O valor 0,054 (kg/hab.dia) refere-se à contribuição per capita de DBO por habitante por dia, valor adotado frequentemente. Neste estudo, além do Equivalente Populacional verificado em relação à DBO, também se calculou para os valores da DQO. Deste modo, repetindo os mesmos passos com os dados da Demanda Química de Oxigênio.

### 5.2.2 Biodegradabilidade DBO/DQO

A partir da relação entre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi possível estimar a biodegradabilidade dos compostos do efluente da indústria e verificar qual tipo de tratamento mais apropriado.

Segundo alguns autores, esta relação média varia: Metcalf e Eddy (1991) de 0,4 a 0,8, Braile e Cavalcanti (1993) de 0,42 a 0,59, Van Haandel e Lettinga (1994) de 0,45 a 0,55, Jordão e Pessoa (1995) é 0,5 (MENESES, 2006). Portanto, a razão deve se encontrar entre as faixas mencionadas, para assim o tratamento biológico ser o mais adequado. Valores abaixo, indicam uma necessidade de tratamento físico-químico anteriormente.

### 5.2.3 Análise do Reator Biológico Aerado – RBA

Para verificar o funcionamento do reator biológico aerado, considerou-se os valores estimados pela NBR 12.209/1992 de oxigênio dissolvido e dos nutrientes de nitrogênio e fósforo indicados por Von Sperling (2012). Construiu-se gráficos em barras e os valores foram comparados com as faixas consideradas como requisitos mínimos para este tipo de processo (Tabela 1).

Tabela 1: Requisitos mínimos de OD, nitrogênio e fósforo do reator

<b>Parâmetro</b>	<b>Requisito mínimo</b>
Oxigênio dissolvido	1,5
Nitrogênio	2,6 - 3,2 (kg/m <sup>3</sup> )
Fósforo	0,5 - 0,6 (kg/m <sup>3</sup> )

Fonte: adaptada de Sperling (2012).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO - ETEI

Para verificar a eficiência do sistema, foi levado em consideração todos os dados dos parâmetros analisados e representados por gráficos do tipo *boxplot*.

#### 6.1.1 Alcalinidade e acidez total

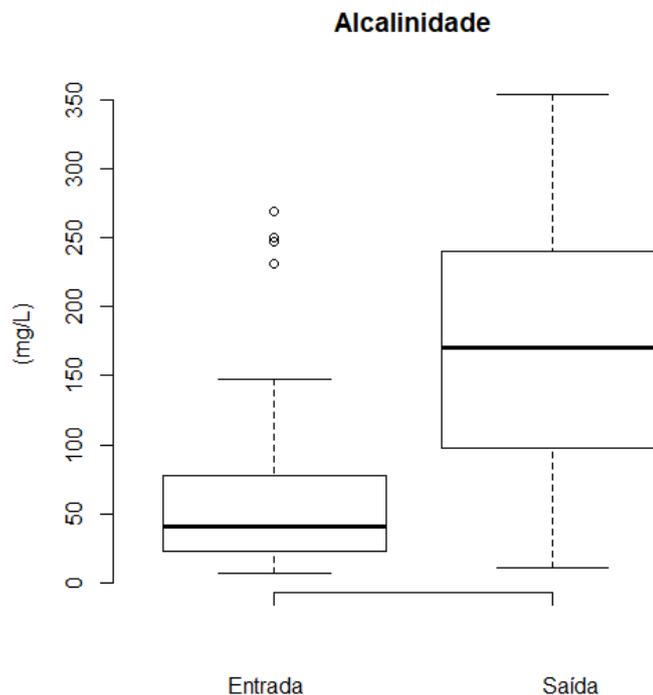
O controle da alcalinidade está intimamente ligado ao controle do pH. Assim, o parâmetro se correlaciona com todos os compostos capazes de neutralizar ácidos incluindo-se, entre outros, os íons carbonatos, bicarbonatos e os ácidos orgânicos voláteis (SILVA, 2004).

Para este parâmetro, é notável perceber na figura 6, que os valores de entrada do sistema são baixos, apresentando uma mediana menor que  $50 \text{ mgL}^{-1}$ , e com uma maior quantidade dos valores no quartil 3. Este dado não representa o que ocorre no esgoto doméstico bruto, pois segundo os autores como Arceivala (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001) *apud* Von Sperling (2005) os despejos domésticos apresentam valor em média de  $200 \text{ mgL}^{-1}$ , valor este superior ao estudo de caso desta pesquisa. Souza (2014), em seu experimento com esgoto doméstico oriundo de uma residência universitária, obteve-se uma média na alcalinidade para o esgoto bruto de  $275 \text{ mgL}^{-1}$ .

Por outro lado, houve um aumento acentuado da alcalinidade na saída, onde a mediana teve seu valor triplicado, alcançando aproximadamente  $175 \text{ mgL}^{-1}$ . Na estação em estudo, se estabeleceu uma faixa do pH para o esgoto bruto, que variava entre 5 – 7, o mesmo era corrigido no reator biológico aerado com adição de cal, ou seja, é possível que a adição durante o sistema tenha contribuído para o aumento da alcalinidade.

Por outro lado, os processos anaeróbios possuem uma relação direta com a alcalinidade. Quando se apresenta no sistema relativamente alta, acarreta o tamponamento do pH no reator, evitando que os ácidos orgânicos voláteis resultem na queda do pH. Normalmente para os efluentes industriais, uma faixa entre 1500 e 2500  $\text{mgL}^{-1}$  é desejável (CAVALCANTI, 2009).

Figura 6: Comportamento do parâmetro Alcalinidade na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB

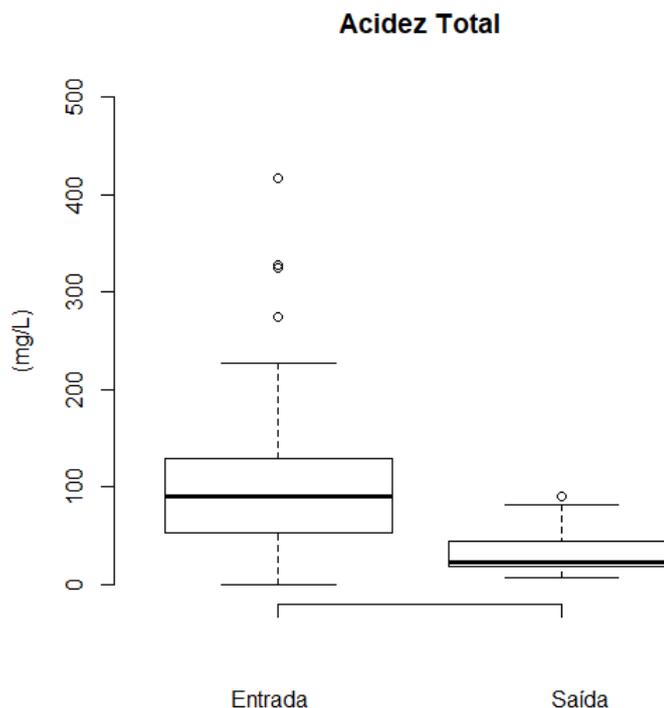


Fonte: próprio autor, 2017

De maneira contrária da alcalinidade, tem-se a acidez total, como já se esperava, apresentou um comportamento oposto a alcalinidade. Na figura 7 é possível verificar que a mediana da entrada foi de aproximadamente  $100 \text{ mgL}^{-1}$ , e seus valores estiveram distribuídos mais uniformemente do que os valores de saída, onde os valores se concentraram mais para o terceiro quartil. Provavelmente, devido ao afluente ser oriundo de produtos com pH ácidos, como a água mineral e o refrigerante. A fonte de água mineral localizada na empresa, apresenta um pH médio de 4,8 e o refrigerante produzido, pH de 2,5.

A acidez total da saída, obteve uma mediana bem próxima do zero. Também neste parâmetro, houve alguns *outliers*, na maioria em relação aos valores de entrada, alcançando um valor superior de  $400 \text{ mgL}^{-1}$ . A média de diminuição da acidez da entrada para a saída foi de aproximadamente 53%. Comprovando o que foi dito anteriormente, com o aumento da alcalinidade durante o sistema, houve a diminuição do parâmetro de acidez.

Figura 7: Comportamento do parâmetro Acidez total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



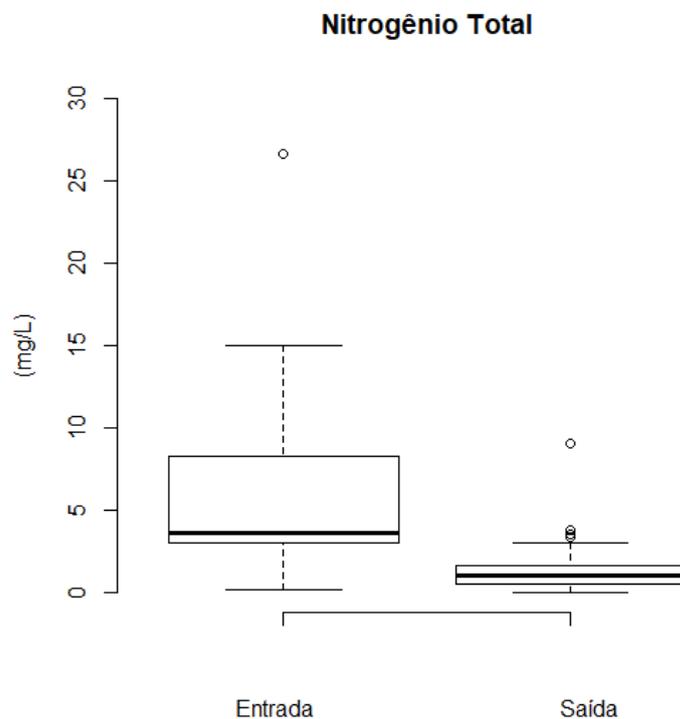
Fonte: próprio autor, 2017

### 6.1.2 Nutrientes

O nitrogênio total (Figura 8) apresentou expressiva diminuição no efluente final da ETEI em relação a sua quantidade inicial. A caixa do gráfico de entrada não se comportou de forma simétrica, pois sua mediana ficou bem mais próxima do quartil 1, valor menor que  $4 \text{ mgL}^{-1}$ .

Segundo Von Sperling (2005), que investigou as características de efluentes de 183 ETEs nos estados de São Paulo e Minas Gerais, o nitrogênio total do esgoto bruto doméstico apresenta valores bem superiores, onde a mediana atingiu  $63 \text{ mgL}^{-1}$ . E experiência de Martins (2014), com biofiltro aerado submerso realizado no campus universitário, o nitrogênio do esgoto bruto atingiu uma média de  $73 \text{ mgL}^{-1}$ , e valores finais de  $20 \text{ mgL}^{-1}$ , com remoção de 60%. Aproximando da média de remoção do nitrogênio deste trabalho, 64%. Porém, em relação ao nutriente nitrogênio, a estação de tratamento do presente estudo, recebe uma quantidade inferior aos demais.

Figura 8: Comportamento do parâmetro Nitrogênio total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB

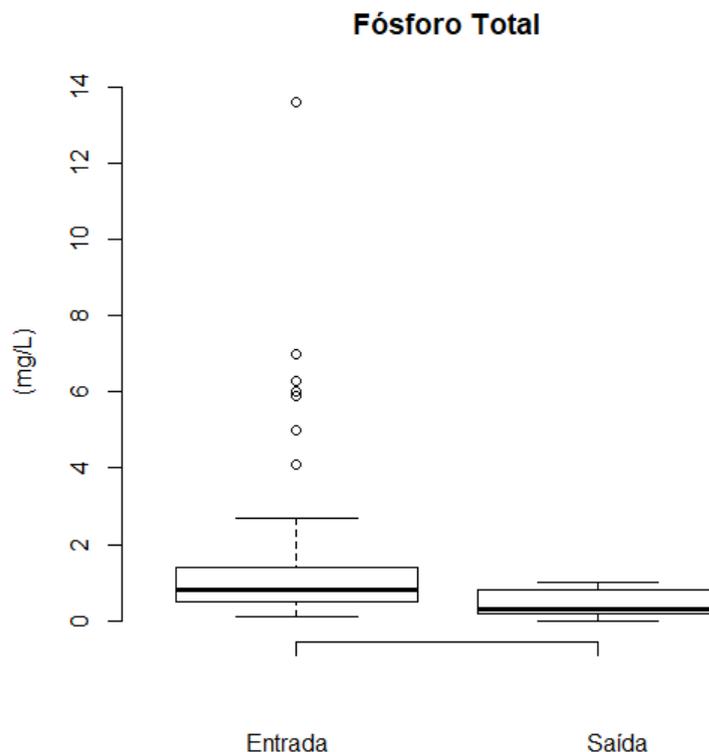


Fonte: próprio autor, 2017

Em relação ao fósforo total, o sistema conseguiu remover consideravelmente sua quantidade o qual pode ser visto na figura 9, a faixa de valores do fósforo na saída da estação foi de 0 a 2  $\text{mgL}^{-1}$ . Assim, mediana do esgoto bruto do estudo se mostrou muito mais baixo do que o valor dos efluentes domésticos, que variam na faixa de 4 – 15  $\text{mgL}^{-1}$ , segundo Arceivala (1981), Pessoa & Jordão (1995), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991), Cavalcanti et al (2001) *apud* Von Sperling (2005). Como também, quando comparado com o lixiviado bruto de aterros sanitários brasileiros com uma faixa entre 0,1 e 40  $\text{mgL}^{-1}$  segundo Batista (2016).

Observou-se que a caixa do gráfico de saída se apresentou muito mais concentrada, ou seja, seus valores estavam bem mais próximos e com sua maioria próximos do zero. Apenas na entrada que foi possível notar a presença de vários *outliers*, alcançando 14  $\text{mgL}^{-1}$  de fósforo.

Figura 9: Comportamento do parâmetro Fósforo total na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



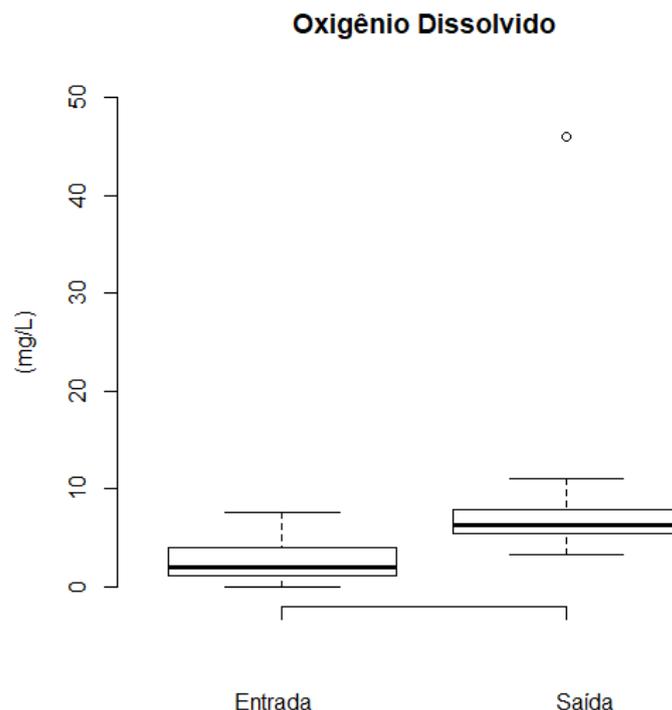
Fonte: próprio autor, 2017

Quando comparado a remoção do fósforo total da ETE do estudo à ETE Barbosa Lage com tratamento também por lodos ativados, localizada em Juiz de Fora/MG, os valores se diferenciam um pouco. A ETE Barbosa Lage apresentou valores superiores, para o esgoto bruto cerca de  $8,5 \text{ mgL}^{-1}$  e de saída  $3,85 \text{ mgL}^{-1}$ , segundo CESAMA (2015, apud FONSECA, 2016).

### 6.1.3 OD, DQO e $\text{DBO}_5$

O parâmetro de oxigênio dissolvido, figura 10, apresentou um aumento em seu resultado final, isto muito provavelmente devido o processo de aeração no reator, já que o sistema trata de um sistema de lodo ativado por aeração prolongada. A mediana do efluente final apresentou aproximadamente  $10 \text{ mgL}^{-1}$ , sendo um valor superior exigido pela CONAMA 357/2005 ( $5 \text{ mgL}^{-1}$ ) do rio de classe 2, que é a classificação do corpo hídrico receptor do presente estudo. Ambas caixas dos gráficos, apresentaram uma simetria entre seus quartis e seus valores máximos e mínimos.

Figura 10: Comportamento do parâmetro Oxigênio dissolvido na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

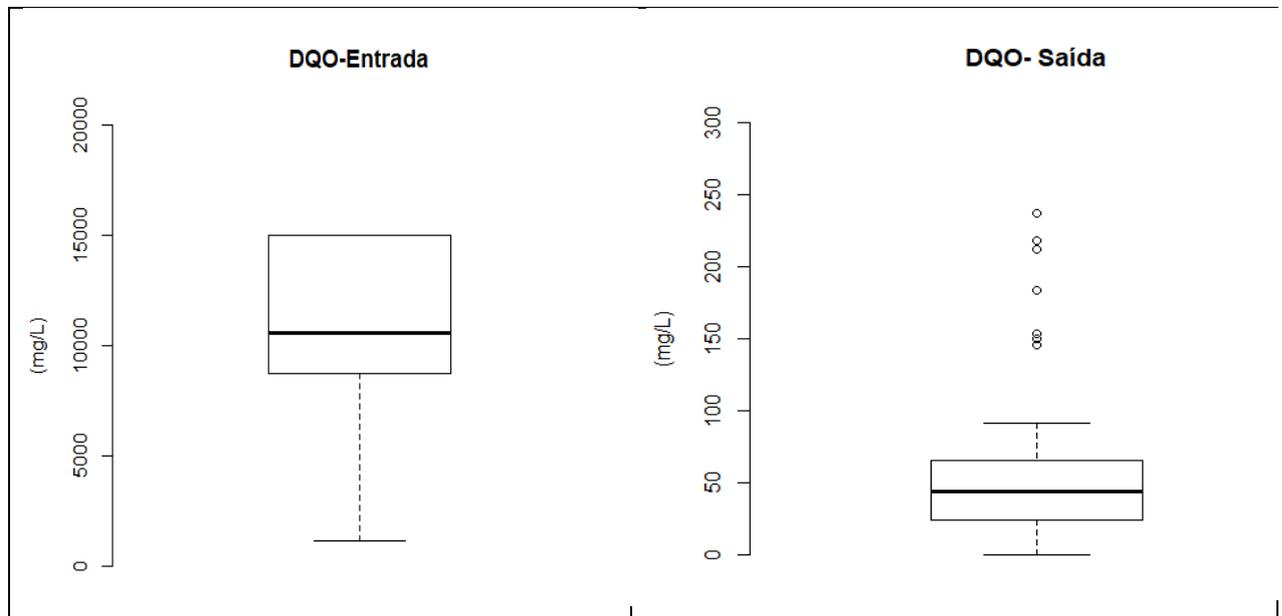
Percebeu-se que no valor de entrada da figura 11, o limite superior não apareceu devido ao quartil terceiro ter igualado ao valor máximo, assim omitindo esta informação.

Na literatura a concentração média da DQO para os esgotos domésticos bruto registrado por Von Sperling (2005) é de  $1071 \text{ mgL}^{-1}$ , valor este inferior à indústria em estudo. A mediana de entrada no presente estudo, aproximou-se de  $10.000 \text{ mgL}^{-1}$ , já na saída esta medida caiu bruscamente para menos que  $50 \text{ mgL}^{-1}$ . Verificou-se ainda que no efluente de saída, apesar de ter apresentado vários *outliers*, o máximo valor atingido foi de  $250 \text{ mgL}^{-1}$  de DQO. Portanto, é perceptível, o quanto que o sistema foi eficiente na remoção de matéria orgânica neste período, apresentando no geral cerca de mais de 90% de remoção, porcentagem esta, esperada para o sistema de lodo ativado por aeração prolongada, que segundo Sperling (2012), apresenta uma eficiência de remoção entre 90 a 95%.

Ao analisar os valores do lixiviado bruto de aterro sanitário metropolitano de João Pessoa, no experimento de Batista (2016), a DQO atingiu uma média de  $3.356,3$

mgL<sup>-1</sup>, valor bem inferior ao esgoto bruto de estudo que obteve uma média de 10.000 mgL<sup>-1</sup>.

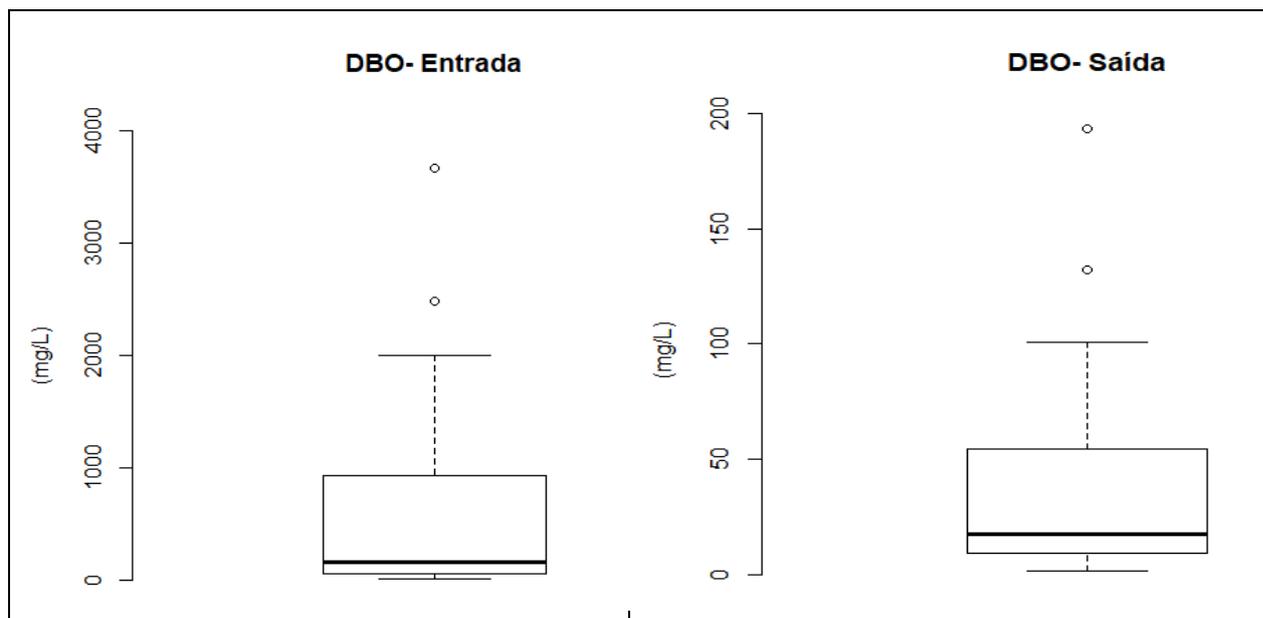
Figura 11: Comportamento do parâmetro DQO na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

Na figura 12 é apresentada o comportamento da DBO<sub>5</sub> do esgoto bruto e tratado. Percebeu-se que a caixa do gráfico que representa 50% do total das amostras, apresentaram parecidos, onde a mediana de ambas se aproximaram de zero. Porém, na entrada da ETEI, a concentração se centralizou na faixa de 0 – 100 mgL<sup>-1</sup> e na saída entre 0 – 50 mgL<sup>-1</sup>. O lixiviado do aterro sanitário de João Pessoa, segundo Batista (2016) apresentou uma média de 623 mgL<sup>-1</sup>. E Von Sperling (2005) registrou em seus estudos, uma concentração de 487 mgL<sup>-1</sup>, ou seja, ambos valores são maiores do que o efluente da empresa.

Figura 12: Comportamento do parâmetro DBO<sub>5</sub> na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



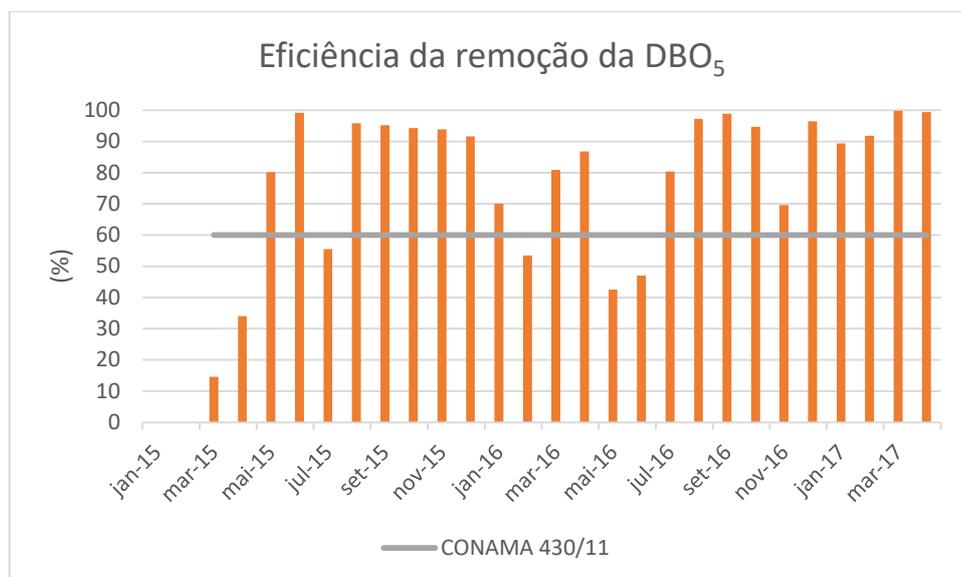
Fonte: próprio autor, 2017

O gráfico *boxplot* permite uma visão geral de todos os dados e, a figura 14 permite verificar a eficiência de remoção da DBO<sub>5</sub> mensalmente durante todo o período. Ressalta-se que, nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, não houveram análises de DBO<sub>5</sub> devido manutenção da estufa.

A legislação, CONAMA 430/11, se exige uma remoção mínima de 60% para o lançamento de qualquer efluente no corpo hídrico. É notável que na maioria dos meses esta remoção superou o limite mínimo e alcançando várias vezes valores acima de 90%, assim o percentual médio de remoção durante todo o período foi de 79%. Morais e Fonseca (2013), também constataram que eficiência de remoção em seu sistema de lodos ativados uma faixa variando entre 73,3 e 90,4%.

Contudo, em dois períodos, durante dois meses não se atingiu o mínimo necessário definido na legislação ambiental acima citada, como foi observado nos meses de março e maio de 2015 e os meses de maio e junho de 2016 (Figura 13). Além disso, também foi percebido que durante estes meses, recebeu-se baixos teores de DBO<sub>5</sub>, apresentando uma eficiência de remoção média. Portanto, sendo o sistema mais eficiente quando o efluente bruto possui carga orgânica mais elevada.

Figura 13: Eficiência de remoção da DBO<sub>5</sub> na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB

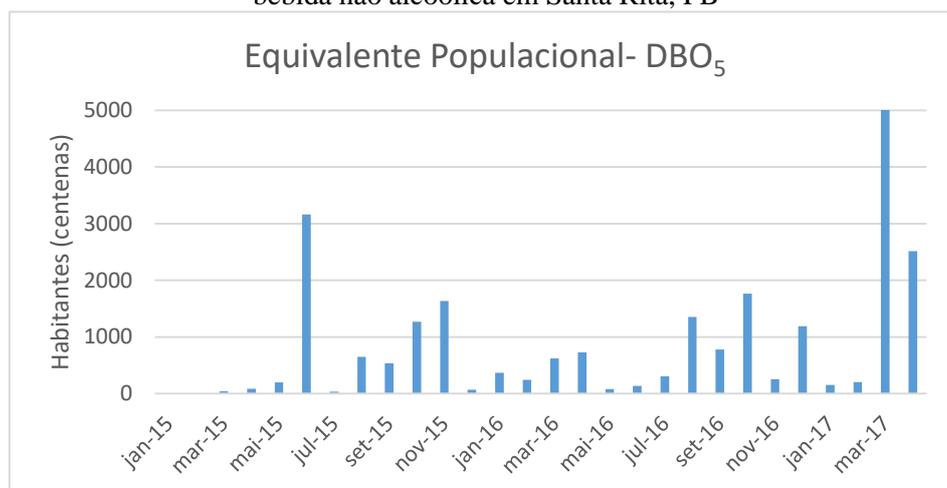


Fonte: próprio autor, 2017

#### 6.1.4 EQUIVALENTE POPULACIONAL (E.P.)

Em termos de DBO, os despejos da indústria em estudo possuem um potencial poluidor que alcança até 500.000 habitantes, mas em geral, apresenta uma média aproximada de 90.000 pessoas, como pode ser visto na figura 18. Esta carga equivale por exemplo, a cidade de Bayeux, localizada na região metropolitana de João Pessoa. Entretanto, como visto anteriormente, a eficiência de remoção da DBO é alta, e após o tratamento de lodos ativados o equivalente populacional reduz e em termos de matéria orgânica atinge uma média de 120 habitantes.

Figura 14: Equivalente populacional em termos de matéria orgânica (DBO) da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

Segundo a CETESB (1976), Braile e Cavalcanti (1977), Arceivala (1981), Hosang & Bischof (1984), Nemésio (1991), Wentzel (sem data), Matos (2002 apud Von Sperling, 2005), a indústria de refrigerantes apresenta uma faixa de equivalente populacional de 50 a 100 DBO<sub>5</sub>(hab.d)<sup>-1</sup>. Quando comparado aos despejos da indústria de abate no geral, o mesmo apresenta um equivalente populacional entre 55.556 e 67.925, segundo Kist et al e Mees et al (2009 apud PEREIRA, 2014). Estes valores equivalentes tiveram como concentrações de DBO<sub>5</sub> 2.000 e 2.717, respectivamente.

## 6.2 BIODEGRADABILIDADE - DBO<sub>5</sub>/DQO

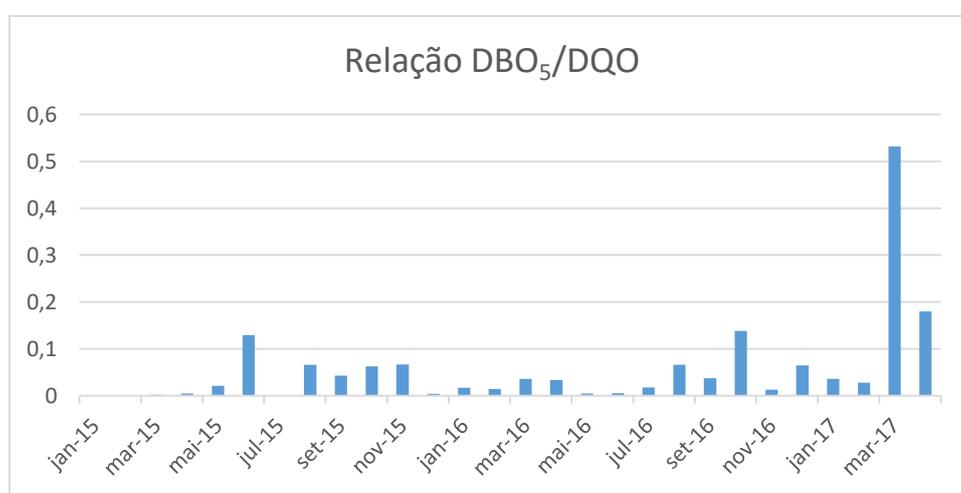
Quando se relaciona a DBO<sub>5</sub> e a DQO foi possível verificar se os efluentes podem receber um tratamento biológico ou físico-químico inicialmente, ou seja, a relação entre DBO<sub>5</sub>/DQO indica a fração biodegradável dos compostos orgânicos presentes no efluente industrial. Segundo alguns autores, esta relação média varia: Metcalf e Eddy (1991) de 0,4 a 0,8; Braile e Cavalcanti (1993) de 0,42 a 0,59; Van Haandel e Lettinga (1994) de 0,45 a 0,55; Jordão e Pessoa (1995) é 0,5 (MENESES, 2006).

Observou-se que a maioria dos resultados da relação DBO<sub>5</sub>O/DQO foram abaixo de 0,1 (Figura 14), portanto, caracterizando o efluente da ETEI de difícil degradação por processos biológicos. Assim, este efluente deveria receber um tratamento físico químico, contudo, o processo aeróbio de lodo ativado por aeração

prolongada, mostrou-se ao longo dessa série estudada, eficiente, pois conseguiu aumentar a biodegradabilidade do efluente final cerca de 15 vezes. Onde apresentou uma média inicial de 0,065 para final de 0,97.

Provavelmente, isto ocorreu devido ao processo de aeração prolongada que favoreceu e conjuntamente com a cultura microbiana que já estão adaptados a esse alimento. Ou até mesmo, pelos próprios métodos internos seguido pela empresa, que pode estar ocultando o valor real da DBO<sub>5</sub>, durante o período de estudo.

Figura 15: Comportamento da relação DBO<sub>5</sub>/DQO na ETEI da indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

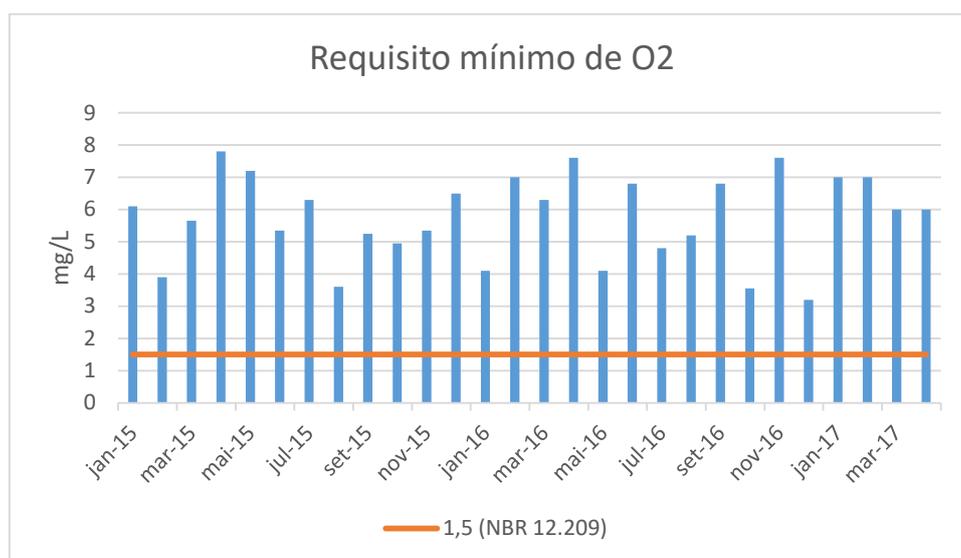
### 6.3 ANÁLISE DO REATOR BIOLÓGICO AERADO – RBA

O bom desempenho do reator biológico está diretamente relacionado com atividade dos microrganismos, que por sua vez depende de diversas condições e parâmetros de controle associados ao sistema de lodos ativados, como por exemplos o oxigênio dissolvido e os nutrientes.

Segundo a NBR 12.209/1992 o requisito mínimo de oxigênio no tanque de aeração deve ser 1,5 mgL<sup>-1</sup> para o sistema de lodo de aeração prolongada, que é o caso do objeto de estudo desta pesquisa. Amorim (2014) também constatou que valores superiores a 4 mg/L prejudicam o desenvolvimento de microrganismos e também a sedimentação do lodo, impedindo-o de espessar-se. Como também, valores acima do ideal podem representar um consumo de energia desnecessário.

Durante o período analisado nesta pesquisa, foi possível verificar que o parâmetro ultrapassou aproximadamente em 4 vezes o mínimo necessário exigido pela legislação (Figura 20), provavelmente, devido ao sistema da estação de tratamento não apresentar pausas durante o processo de aeração e um eficiente sistema de monitoramento.

Figura 16: Comportamento do OD no reator biológico aerado da ETEI na indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

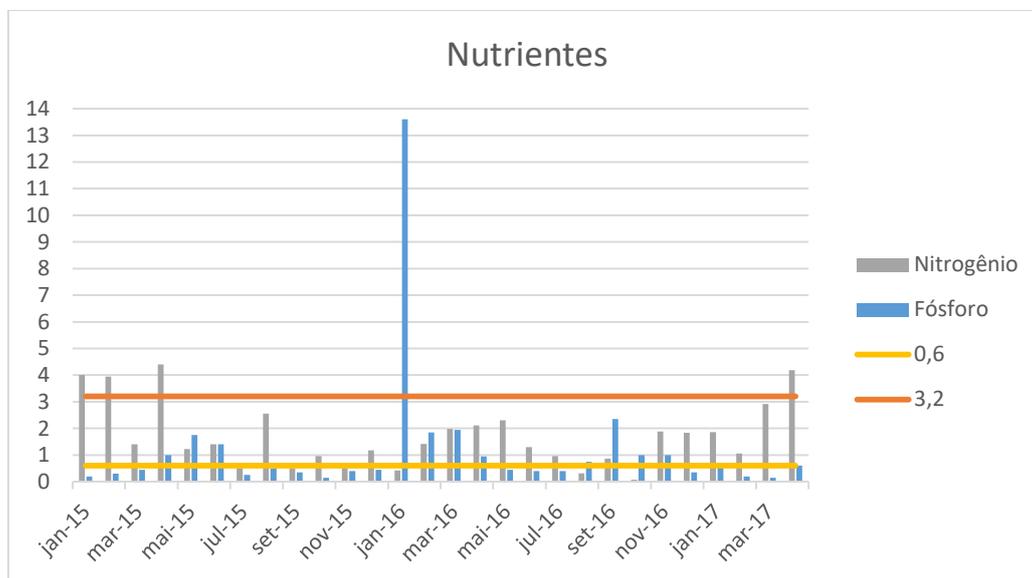
Como mencionado anteriormente, valores muito altos de OD pode prejudicar o desenvolvimento da biomassa no reator. Portanto, para controlar o fornecimento de OD deve-se atuar sobre os dispositivos de aeração, neste caso os sopradores e exaustores, acionando e desligando suas unidades de acordo com os valores de OD obtidos tomando-se o cuidado de não desativar todas as unidades simultaneamente.

Além da análise do oxigênio dissolvido no reator aeróbio, também foi estudado os nutrientes fósforo e nitrogênio, pois segundo Sperling (2012), os microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica necessitam de outros nutrientes para conseguirem realizar suas atividades metabólicas. O mesmo autor afirma que a quantidade mínima necessária no reator, de nitrogênio e fósforo, deve estar entre as faixas 2,6 – 3,2 e 0,5 – 0,6, respectivamente. Nesta pesquisa, foi adotado no estudo para análise, o valor máximo da faixa exigida de cada nutriente.

Ainda segundo o autor supracitado, os sistemas com uma elevada idade do lodo, que é o caso de aeração prolongada, exigem teores de nitrogênio menores, devido à menor produção de lodo excedente.

Em relação ao comportamento do nitrogênio no reator biológico aerado da ETEI, apenas em quatro meses, o valor mínimo exigido foi alcançado. E quanto ao fósforo total, a quantidade mínima requerida durante o período de estudo foi superada em cerca da metade dos meses analisados. A figura 21 mostra o comportamento dos nutrientes no reator biológico aerado.

Figura 17: Comportamento dos nutrientes no reator biológico aerado da ETEI na indústria de bebida não alcoólica em Santa Rita, PB



Fonte: próprio autor, 2017

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com o estudo, percebeu-se que o sistema de lodo ativado se mostrou eficiente na remoção dos nutrientes, nitrogênio e fósforo.

Vale destacar que os efluentes na indústria, possuem origem, industrial e doméstico, sendo observado in loco que seria interessante a separação dos mesmo para possível tratamento mais simplificado, como por exemplo, as fossas sépticas acompanhadas por filtro e posterior reuso na propria area da empresa.

Destaca-se o bom funcionamento do reator pois houve acrescido de OD e um decaimento nos valores de DQO e DBO<sub>5</sub> na saída do tratamento, onde os parâmetros tiveram uma média mensal de remoção respectivamente de, 90% e 79%. Assim, atendendo o limite mínimo exigido pela legislação, CONAMA 430/11, que é de 60% de remoção da DBO<sub>5</sub> incial para o lançamento de qualquer efluente no corpo hídrico.

Como o sistema do estudo,o reator biológico aerado é a principal etapa do processo, analisou-se o nível mínimo de oxigênio dissolvido e os nutrientes, (nitrogênio e fósforo total), que apenas em alguns meses durante o período analisado, verificou-se o alcance dos limites na literatura.

Por fim, sugere-se que seja feito um melhor aproveitamento dos residuos gerados durante o tratamento, sendo necessario inicialmente umae análise das características do lodo gerado no tratamento, e assim buscar alternativas para aplicação do mesmo para outros fins que não seja o aterro sanitário. be como, o reuso do efluente industrial pós-tratado na própria empresa, de acordo com as características exigidas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do Riacho Mussuré.** (Dissertação). João Pessoa: UFPB/PRODEMA, 2006.

AMORIM, L. L. G. **Análise de eficiência do sistema de lodo ativado no tratamento de efluentes de um curtume na cidade de Uberlândia – MG.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, V., 2014. Belo Horizonte/MG. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais

ASCOM/ANA. **ANA divulga relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil.** 2015. Disponível em: <  
[http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id\\_noticia=12683](http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683)>. Acesso em: 19 de outubro de 2017.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 19ª Ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209: Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário.** Rio de Janeiro, p. 7. 1992.

AZZOLINI, J. C. FABRO, L. F. **Controle da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel da região meio oeste de Santa Catarina.** Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 75-90, jan./jun. 2012

BATISTA M. M. **Eficiência do processo foto-fenon solar em um fotorreator piloto no pós-tratamento do lixiviado do aterro sanitário metropolitano de João Pessoa.** (Dissertação). João Pessoa: UFPB, 2016.

CAVALCANTE, L. M. **Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas.** Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 2013. Disponível em: <  
<http://www.redalyc.org/html/928/92829234016/>>. Acesso em: 27 de outubro de 2017.

CAVALCANTI, J.E.W.de A. Manual de Tratamento de Efluentes Industriais. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental- CETESB. **Glossário ecológico ambiental**. São Paulo: [s.n.], [200-]. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/glossario>>. Acesso em 27 de agosto de 2017.

**CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE**. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005.

**CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE**. Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011.

FILHO, J.A.S. *et al.* **Tratamento de Efluentes da Indústria de Bebidas em Reator Anaeróbio de Circulação interna (IC)**. Revista Internacional de Ciências · v.3 - n.1, 2013.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza, CE: Editora da UEC, 2002.

FONSECA, P.R.S. **Proposta de programa de recebimento de efluentes não domésticos para a cidade de Juiz de Fora – MG**. (Monografia). Juiz de Fora: Faculdade de Engenharia da UFJF, 2016.

GALVÃO, M. R. **Estudo do reúso não potável de água de processo e efluente tratado em indústria de bebidas**. (Dissertação). Curitiba: UFPR/Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, SENAI e Universität Stuttgart, 2010.

GIORDANO, G. [Apostila] **Tratamento e Controle de efluentes industriais**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/LiviaIostGallucci/apostila-tratamento-de-efluentes-industriais>>. Acesso em 02 de Outubro de 2017.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª edição. 2009

JUNIOR, A.S.V. **Bebidas não alcoólicas: segmento de refrigerantes**. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/1\\_refrigerantes.pdf/0792ff03-ad2c-92f0-d401-1efd9d17cd2b](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/1_refrigerantes.pdf/0792ff03-ad2c-92f0-d401-1efd9d17cd2b)>. Acesso em: 27 de outubro de 2017.

MARTINS, P. M. **Biofiltro aerado submerso preenchido com biobob aplicado ao tratamento de efluente de campus universitário**. (Monografia). Londrina: UTFPR, 2014.

MENESES, C. G. R. **Evolução da biodegradabilidade da matéria orgânica em um sistema de lagoas de estabilização**. (Tese). Natal: UFRN/ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2006.

MORAIS, J.C. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria- estudo de caso da Kodk Brasileira**. (Tese). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

MORAIS, R. L.; FONSECA, Y. V. P. **Avaliação da remoção de DBO e de DQO da água residuária de uma indústria farmocsmecêutica empregando o processo de lodos ativados por aeração prolongada**. Revista eletrônica de educação da Faculdade Araguaia, 4: 255-261, 2013. Disponível em: <<http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/renefara/article/view/175>>. Acesso em: 16 de outubro de 2017.

**JOÃO PESSOA**. Lei Complementar nº 93, de 11 de dezembro de 2009. Dá nova redação ao Art. 1º da Lei Complementar nº 59, de 30 de dezembro de 2003, e dá outras providências. João Pessoa, 2009. Disponível em: <[http://sapl.al.pb.leg.br:8080/sapl/consultas/norma\\_juridica/norma\\_juridica\\_mostrar\\_proc?cod\\_norma=9427](http://sapl.al.pb.leg.br:8080/sapl/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_norma=9427)>. Acesso em: 31 de outubro de 2017.

PEREIRA, E. L. **Tratamento da água residuária de matadouro utilizando um sistema constituído de reatores com biofilme**. (Dissertação). Lorena: USP, 2014.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, M. A. G. **Estudos da atividade metanogênica de lodos e da biodegradabilidade anaeróbia de efluentes de indústrias de bebidas.** (Dissertação). Recife: UFPE/ Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2003.

RODRIGUES, M. R. M. **Tratabilidade do lixiviado efluente da lagoa facultativa do aterro de Curitiba por lodos ativados.** (Dissertação). Curitiba: UFPR/ Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2007.

SANTI M. G. et al. **Variabilidad espacial de parámetros e indicadores de calidad del agua en subcuenca hidrográfica del Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre, Brasil.** Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 2012. Disponível em: < <http://www.redalyc.org/html/341/34123961003/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2017.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. **Cervejas e refrigerantes.** São Paulo: CETESB, 2005.58p.

SCHWENDLER, L. A. **Análise preliminar da viabilidade econômica do uso de resinas de troca iônica e carvão ativado na clarificação do xarope para a indústria de refrigerantes.** (Monografia). Porto Alegre: UFEGS, 2015.

SCOTTÁ, J. **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da Serra Gaúcha.** (Monografia). Lajeado: Centro Universitário UNIVATES, 2015.

SILVA, A. E. D. da. **Pesca artesanal e condições ambientais: a percepção dos pescadores do Rio Mumbaba, bacia do Rio Gramame, PB.** (Dissertação). João Pessoa: UFPB/PRODEMA, 2014.

SILVA, G. H. R. da. **Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.268-275, 2005

SOUZA, E. F. M. de; PETERNELLI, L. A.; MELLO, M. P. de. [20--]. **Apostila Software Livre R: aplicação estatística.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <<http://www.de.ufpb.br/~tarciana/MPIE/ApostilaR.pdf>>. Acesso em 20 de Agosto de 2017.

SOUZA, S. F. L. de. **Influência do uso de um dispositivo limitador de picos de vazão na performance de filtros anaeróbios pós tanques sépticos.** (Dissertação). João Pessoa: UFPB, 2014.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos Ativados.** Belo Horizonte: DESA/UFMG. V4, 3.ed. 2012. 428p.

SUDEMA, 1988. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. **DNZ 208. Enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Litoral e Zona da Mata.** Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS\\_06.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_06.pdf)>. Acesso em: 09/08/2017

TONETTI, A. L. *et al.* **Desnitrificação em um sistema simplificado de tratamento de esgoto.** Eng Sanit Ambient | v.18 n.4 | out/dez 2013 | 381-392.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Belo Horizonte: DESA/UFMG. V1, 3.ed. 2005. 452p.

VON SPERLING, M. *et al.* **Performance evaluation of a UASB – activated sludge system treating municipal wastewater.** Water Science and Technology vol 43 n° 11 pg: 323–328, 2001.