



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CAMPUS DE POMBAL-PB

Raniele Adame Gomes

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES NA CIDADE DE IGARACY - PB**

Pombal - PB

2018

Raniele Adame Gomes

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES NA CIDADE DE IGARACY - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Pombal-PB

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G633p

Gomes, Raniele Adame.

Proposta de implantação de sistema de tratamento de efluentes na cidade de Igaracy - PB / Raniele Adame Gomes. – Pombal, 2018.

56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro".

Referências.

1. Esgotamento Sanitário. 2. Saneamento. 3. Lagoas de Estabilização.  
I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 628.2(043)

Raniele Adame Gomes

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE  
EFLUENTES NA CIDADE DE IGARACY - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa.Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro  
Orientadora – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

Prof.Dr. Walker Gomes de Albuquerque  
Examinador Interno – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

Msc. Wanessa Alves Martins  
Examinadora Externa – CTRN/UFCG/*Campus* de Campina Grande-PB)

Aprovado em 05 de março de 2018

*“Dedico este trabalho à minha família, cujo apoio foi fundamental para minha caminhada dentro do curso de graduação”.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, da sabedoria, da perseverança e do amor, pois sem Ele eu não teria forças para essa longa jornada.

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e pelo esforço que fizeram para que eu pudesse superar cada obstáculo em meu caminho e chegar até aqui. Em especial aos meus pais Cazuza e Janete, por todo cuidado e dedicação, esse mérito é nosso.

Ao meu namorado Jesus Carlos, pelo apoio e companheirismo durante esses últimos 3 anos.

À minha orientadora, professora Dra. Rosinete Batista, por ter participado desta trajetória. Pela sua disponibilidade, confiança e apoio dedicado à elaboração deste trabalho. Agradeço também pela paciência e pela amizade da senhora durante todo o processo.

Aos examinadores professor Dr. Walker Albuquerque e Wanessa Martins pelas valiosas contribuições.

Aos demais professores do curso de Engenharia Ambiental que colaboraram com a minha formação, especialmente aos professores Dr. Manoel Moisés e Dra. Virgínia Nogueira pela orientação e todo o ensino durante os anos de projeto.

Aos meus colegas de curso, que de alguma forma contribuíram para o cumprimento de mais esta etapa, juntos dividimos nossas alegrias, angústias e aprendizados. Em especial à Laiany e Sara, pela amizade de cada uma, levarei vocês comigo sempre.

Muito obrigada!

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Etapas do tratamento de efluentes e suas principais funções .....	20
FIGURA 2 – Esquema de um sistema de tratamento de efluentes por lagoa facultativa .....	23
FIGURA 3 – Estrutura do sistema australiano de lagoas .....	24
FIGURA 4 – Sistema de lagoa aerada facultativa.....	25
FIGURA 5 – Localização do município de Igaracy no estado da Paraíba.....	27
FIGURA 6 – Configuração do sistema adotado.....	28
FIGURA 7 – Funcionamento geral de uma lagoa facultativa .....	30
FIGURA 8 – Vista aérea do município de Igaracy - PB .....	44
FIGURA 9 – Localização dos principais pontos de lançamento dos efluentes da cidade.....	46
FIGURA 10 – Trecho de descarga de efluentes e seu curso .....	47
FIGURA 11 – Esgoto a céu aberto no centro da cidade.....	48

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Impactos ambientais causados pela disposição inadequada de efluentes .....	48
TABELA 2 – Parâmetros iniciais de projeto.....	49
TABELA 3 – Dados do dimensionamento do gradeamento .....	49
TABELA 4 – Valores determinados para a caixa de areia .....	50
TABELA 5 – Valores calculados para a lagoa anaeróbia. ....	51
TABELA 6 – Valores calculados para a lagoa facultativa.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Área  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
Ate – Área transversal de escoamento  
AU – Área útil  
B – largura  
C – Coeficiente de retorno da água  
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba  
Cca – Comprimento da caixa de areia  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CPC – Cota per capita  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DBO<sub>par</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio Particulada  
DESA – Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária  
Dp – Diâmetro da partícula  
Eb – Espaçamento entre barras  
Egf – Eficiência da grade fina  
E<sub>speb</sub> – Espessura da barra  
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto  
E% – Eficiência na remoção de DBO  
GO – Goiás  
H – Altura  
h – Altura da grade  
Ib – Inclinação da barra  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDB – Indicadores e Dados Básicos  
K – Coeficiente de remoção de DBO  
L<sub>água</sub> – Lâmina D'água mínima na caixa de areia  
L – Comprimento  
Lgf – Largura do gradeamento fino  
Ls – Taxa de aplicação superficial  
Lv – Taxa de aplicação volumétrica

MG – Minas Gerais  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
NBR – Norma Brasileira  
P – População  
PB – Paraíba  
Pc – Perda de carga  
Ps – Profundidade da câmara de sedimentação  
q – Contribuição de esgoto per capita  
Qi – Vazão instantânea  
Qm – Vazão média  
Qt – Vazão média total  
RN – Rio Grande do Norte  
RS – Rio Grande do Sul  
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
SS – Concentração de sólidos suspensos  
SST – Concentração de sólidos suspensos totais  
Stc – Seção transversal do canal  
Tdh – Tempo de detenção hidráulico  
T<sub>sed</sub> – Taxa de sedimentação  
UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente)  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UNIFACS – Universidade Salvador  
UniRV – Universidade de Rio Verde  
Vdss – Volume diário de sólidos sedimentados  
Ve – Velocidade de escoamento  
V<sub>máx</sub> – Velocidade máxima  
V<sub>máxReal</sub> – Velocidade máxima real do escoamento  
Vs – Velocidade de sedimentação

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Saneamento básico no Brasil .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1 Saneamento e saúde .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.2 Saneamento e meio ambiente.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Legislação .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Esgoto Sanitário .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Etapas de tratamento de esgotos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1 Tratamento preliminar .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.2 Tratamento primário .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.3 Tratamento secundário.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.4 Tratamento terciário.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5 Alguns tipos de sistemas de tratamento de esgotos.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5.1 Lagoas de estabilização .....</b>	<b>22</b>
3.5.1.1 Lagoas facultativas.....	22
3.5.1.2 Sistema de lagoas anaeróbias – lagoas facultativas.....	23
3.5.1.3 Lagoas de maturação .....	24
3.5.1.4 Lagoas aeradas facultativas.....	24
<b>3.5.2 Sistemas anaeróbios.....</b>	<b>25</b>
3.5.2.1 Reator anaeróbio de manta de lodo .....	25
3.5.2.2 Filtro anaeróbio .....	25
<b>3.6 Estudos de caso.....</b>	<b>26</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Caracterização da área de estudo.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Situação atual do esgotamento sanitário no município de Igaracy - PB.....</b>	<b>28</b>
<b>4.3 Possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto.....</b>	<b>28</b>

4.4 Alternativa de sistema de tratamento de efluentes para o município de Igaracy – PB.....	28
4.5 Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa .....	29
4.5.1 Funcionamento.....	29
<b>5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO .....</b>	<b>31</b>
5.1 População total.....	31
5.2 Unidades de tratamento preliminar .....	32
5.3 Dimensionamento da lagoa anaeróbia .....	38
5.4 Dimensionamento da lagoa facultativa .....	40
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
6.1 Caracterização da área de estudo.....	44
6.2 Atual sistema de tratamento de efluentes do município de Igaracy-PB .....	46
6.3 Levantamento dos principais impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto.....	47
6.4 Dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto .....	49
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>

GOMES, R. A.. **Proposta de Implantação de Sistema de Tratamento de Efluentes na Cidade de Igaracy – PB.** 2018. 56 pgs. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2018.

## RESUMO

A constante geração de efluentes líquidos em centros urbanos, associada às altas taxas poluidoras dos mesmos, tem causado sérios danos ambientais, sobretudo nas cidades em que o gerenciamento destes efluentes é realizado de maneira inadequada. O presente trabalho apresenta uma proposta de sistema de tratamento de efluentes para o município de Igaracy – PB. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas visitas frequentes *in loco*, com respectivos registros fotográficos e entrevistas não estruturadas a moradores e aos responsáveis pelo setor de saneamento no município, além de pesquisas bibliográficas sobre o assunto abordado. Partindo disto, desenvolveu-se uma caracterização do serviço de esgotamento sanitário da cidade, a fim de analisar a situação do atual método de gerenciamento de efluentes empregado e identificar os impactos por ele causados, para que por fim fosse proposto um adequado sistema de tratamento de esgoto conforme as necessidades da área estudada. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se a ineficiência do sistema adotado no município, sendo indicado, então, o tratamento de efluentes por meio de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa (Sistema Australiano), cujo dimensionamento apresentou aspectos favoráveis para a região estudada.

**Palavras-chave:** Saneamento. Esgotamento Sanitário. Lagoas de Estabilização.

**GOMES, R. A.. Proposal of Implantation of Effluent Treatment System in the Municipality of Igaracy – PB. 2018. 56 pgs. Graduation in Environmental Engineering - Federal University of Campina Grande, Pombal - PB. 2018.**

### **ABSTRACT**

The constant generation of liquid effluents in urban centers, associated with high rates, in terms of development, especially in cities where effluent management is carried out in an inadequate way. The present work show a proposal of an effluent treatment system for the municipality of Igaracy -PB. For the development of the research, frequent visits were made in loco, with records of records and unstructured interviews to residents and contributions by the sanitation sector without municipality, as well as bibliographical research on the subject. Based on this, a characterization of the sanitary sewage service of the city was developed, aiming at analyzing a situation of the current effluent management method employed and identifying the impacts caused by it, to finally propose an adequate sewage treatment system according to the needs of the studied area. According to the results obtained, it was verified the inefficiency of the system adopted in the municipality, being indicated, then, the treatment of effluents by anaerobic lagoon followed by facultative lagoon (Australian System), whose dimensioning presented favorable for the region studied.

**Keywords:** Sanitation. Sanitary Sewage. Stabilization Ponds.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o constante crescimento da população mundial vem intensificando de maneira preocupante o uso dos recursos hídricos e, conseqüentemente, a geração de esgoto. Os efluentes domésticos e industriais decorrentes da utilização de água de abastecimento podem acarretar em diversos problemas ambientais e sociais, quando dispostos de forma indevida.

A disposição inadequada de efluentes pode contribuir para o aumento do número de doenças, comprometendo a saúde pública, e, além disso, a contaminação do meio ambiente. Nesse sentido, com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população, criou-se o saneamento, que consiste em um conjunto de medidas voltadas a promover condições adequadas ao meio ambiente e à saúde humana.

No Brasil, os serviços de tratamento de efluentes ainda são insuficientes, embora o saneamento básico seja um direito previsto pela Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, e regulamente atividades como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

A insuficiência na distribuição dos serviços de saneamento para o tratamento de efluentes tem provocado várias doenças, atingindo principalmente a população de baixa renda. Tal problemática encontra-se mais abrangente nas regiões brasileiras Norte e Nordeste, por serem lugares mais pobres. De acordo com os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 (IBGE, 2008), um pouco mais da metade (55,2%) dos municípios brasileiros tinham serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Sendo que, na região Nordeste, 45,7% dos municípios era atendido por esse serviço, e apenas 19% possuía o tratamento de esgoto.

Os índices de doenças apresentam uma relação direta com o saneamento básico, sendo passível de redução na medida em que o poder público se compromete em propor alterações no sistema de coleta e tratamento de esgotos, visando reduzir gastos futuros com tratamento médico da população, além de solucionar problemas ambientais como a poluição dos recursos hídricos. Dessa forma, as técnicas e instrumentos que envolvem o saneamento mostram-se fundamental na perspectiva de combate às doenças de veiculação hídrica, bem como na redução da proliferação de vetores nocivos que causam sérios danos à saúde pública (LIMA et al., 2012).

Os recursos hídricos são de importância fundamental na vida do ser humano, sendo indispensável que após o uso, os efluentes líquidos sejam submetidos ao processo de tratamento que possibilitem a remoção de impurezas, atendendo padrões de qualidade especificados por lei, antes de serem lançados no corpo receptor ou reutilizados pela população. Para promover uma eficiente remoção de compostos e impurezas presentes nas águas residuárias, pode-se optar por diferentes sistemas de tratamento, por exemplo, o sistema composto por lagoas de estabilização, as quais apresentam baixo custo implantação, bem como no processo de operação e manutenção. As lagoas de estabilização consistem em um tratamento biológico por meio de uma digestão anaeróbia ou oxidação aeróbia, apresentando uma remoção significativa de patógenos e da matéria orgânica existente no efluente que possam vir a causar prejuízos à saúde da população e no meio ambiente (COURA et al., 2007).

Dentre os sistemas de tratamento de efluentes existentes, as lagoas de estabilização são destacadas como um dos métodos de tratamento de esgoto mais adotadas na maior parte do Brasil, devido à facilidade de operação e ao seu baixo custo de implantação. Além disso, alguns fatores socioeconômico-ambientais, no Brasil, quando combinados aos benefícios desse sistema, favorecem sua escolha diante dos outros métodos de tratamento de esgoto, como: temperatura elevada, grande quantidade de área disponível e a necessidade de pouca tecnologia e mão de obra pouco qualificada (SILVA FILHO, 2007).

Diante do exposto, faz-se necessário um estudo a respeito da geração, tratamento e disposição final dos efluentes gerados no município de Igaracy – PB, no intuito de propor um sistema de tratamento de efluentes que possa reduzir os efeitos adversos que os esgotos podem causar quando lançados no corpo receptor sem o tratamento adequado, tendo em vista uma melhor qualidade de vida da população.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Propor um sistema de tratamento de efluentes para o município de Igaracy – PB, visando minimizar os impactos ambientais resultantes da disposição inadequada dos efluentes gerados, de forma a garantir a proteção do meio ambiente e a qualidade de vida da população.

### **2.2 Específicos**

- Efetuar a caracterização do serviço de esgotamento sanitário do município de Igaracy – PB;
- Avaliar a situação atual do sistema de esgotamento sanitário no município;
- Identificar os impactos ambientais resultantes da disposição inadequada dos efluentes;
- Propor alternativa de sistema de tratamento de efluentes para o município.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Saneamento básico no Brasil

Durante as décadas de 1950 e 1980, os serviços de saneamento básico eram empregados de maneira desigual, no que se refere aos períodos de investimento, ocorrendo precisamente nas décadas de 1970 e 1980. Por consequência deste fato, o acesso aos sistemas de saneamento, sobretudo aos serviços de esgotamento sanitário, ainda é crítico no país (LEONETI et al., 2011).

Segundo os dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em 2009 e 2010, referentes aos anos de 2007 e 2008, as condições de saneamento no Brasil foram potencializadas. Porém, para que ocorra a generalização destes serviços no país, faz-se preciso intensas ações e elevados investimentos voltados ao saneamento (DANTAS et al., 2012), sendo que, conforme Leoneti et al., (2011), o setor dispõe de uma elevada parcela de recursos a serem aplicados. Entretanto, essas ações necessitam ser voltadas às melhorias das condições ambientais e saúde pública, assim como garantir o uso sustentável dos recursos naturais, enquadrando-se nos padrões de qualidade estabelecidos por órgãos reguladores.

Nos últimos anos, o setor de saneamento no Brasil tem ganhado apoio de profissionais capacitados, os quais vêm descobrindo cada dia mais novas ideias e avançando nos meios tecnológicos de forma a solucionarem estas questões. Diversos projetos sanitários têm sido desenvolvidos no país, contribuindo significativamente para a restauração de obras já instaladas e o melhoramento de sistemas existentes, favorecendo a qualidade dos serviços prestados à população. No entanto, para que estes investimentos sejam suficientes para atender toda demanda populacional e melhorar consideravelmente as condições do país, faz-se necessária essa aplicação durante muitos anos, de modo a conservar os recursos naturais (MADEIRA, 2012).

Segundo informações fornecidas pelo SNIS, cerca de 35 milhões de brasileiros não têm disponível os serviços de tratamento de água. Quase metade da população não tem acesso aos sistemas de coleta de esgotos e somente 40% dos efluentes coletados no Brasil dispõe de tratamento. É importante ressaltar que mesmo havendo redes coletoras disponíveis, nas 100 maiores cidades do país, mais de 3,5 milhões de pessoas despejam esgoto irregularmente. A insuficiência nas ações de saneamento afeta a população em geral, porém as famílias mais pobres são atingidas de maneira mais intensa, devido a maior parte delas habitar locais irregulares (SNIS, 2015).

Entre todas as regiões do Brasil, a pior situação em termos de esgotamento sanitário encontra-se no Norte, onde apenas 18,3% do esgoto é tratado, e o índice de atendimento total é de 10,45%. Na região Nordeste 36,22% do esgoto gerado recebe tratamento, no Sudeste 48,8%, sendo 78,57% o índice de atendimento total nessa localidade, e no Sul 43,87% dos esgotos são tratados. A região com melhor desempenho é o Centro-Oeste, onde o percentual de efluentes que recebem tratamento chega a 52,62%, porém a média de esgoto tratado ainda é de 51,52%. No ano de 2013, em termos de volume, as capitais brasileiras despejaram cerca de 1,2 bilhão de m<sup>3</sup> de efluentes sem tratamento prévio na natureza (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

### ***3.1.1 Saneamento e saúde***

O saneamento básico compreende um conjunto de atividades, como abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais, as quais são responsáveis por promover adequadas condições de vida à humanidade. A falta de saneamento é um sério problema que acarreta diversas consequências para o meio ambiente, tornando-o propício a muitas doenças e colocando em risco a saúde da população.

Diversos diagnósticos comprovam a significativa relação da deficiência dos serviços de saneamento com a saúde humana. A insuficiência dessas atividades resulta na poluição e contaminação do solo, ar e dos meios aquáticos subterrâneos e superficiais, resultando em danos à saúde pública, devido a manifestação de doenças (AYACH et al., 2012). Entre os tipos de doenças ocasionadas pela inadequação nos serviços de saneamento estão as doenças de veiculação hídrica, as transmitidas por vetores e outros problemas como desnutrição, intoxicação por gases e doenças respiratórias. Entre as doenças de transmissão hídrica e vetores são exemplos: gastroenterites agudas, hepatite viral, parasitoses intestinais, pediculose, dengue, leptospirose, leishmaniose, entre outras (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002).

Investimentos em saneamento básico permitem melhores condições de vida à população, no que se refere à saúde pública, reduzindo o surgimento de doenças e consequentemente os índices de mortalidade infantil. A ausência destas ações é responsável por acarretar problemas socioambientais, sobretudo em regiões habitadas por famílias baixa renda, devido a maior probabilidade de ocorrências de doenças (TEIXEIRA e GUILHERMINO, 2006).

### **3.1.2 Saneamento e meio ambiente**

A relação dos serviços de saneamento com o meio ambiente deve ser vista e praticada como aspecto relevante na vida de todos, de forma a alcançar, coletivamente, um meio ambiente com condições adequadas tal que permita vida digna ao ser humano, por meio da preservação dos recursos naturais. Como resultado da ausência de saneamento básico tem-se o impacto ambiental, que conforme a resolução CONAMA n° 001/86 em seu Art. 1° são alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultantes das atividades humanas, sejam elas direta ou indiretamente.

A deficiência de saneamento representa um dos maiores geradores de poluição existentes no Brasil. A ausência de sistemas de esgotamento sanitário adequados faz com os esgotos sejam lançados de maneira indevida na natureza, a céu aberto e até mesmo em meios aquáticos. Esses despejos de maneira irregular geram diversas adversidades ao meio ambiente e à saúde, causando a poluição dos corpos receptores e podendo resultar na contaminação dos mesmos (GIESTA et al., 2005).

O lançamento de efluentes sem tratamento prévio pode poluir o solo, lençóis freáticos e reservas de água, ocasionando a mortandade de animais e comprometendo a quantidade de água disponível para o consumo humano. Neste sentido, as ações de saneamento, principalmente no que se refere à coleta e tratamento de esgotos, são de extrema importância para a melhoria da qualidade ambiental, da qualidade de vida e da saúde nas zonas urbanas e também rurais (OLIVEIRA, 2013).

### **3.2 Legislação**

No Brasil, o conceito de saneamento básico é estabelecido pela lei n°. 11.445/2007 (que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico), como um conjunto de serviços estruturais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana, e o manejo de águas pluviais e resíduos sólidos. Essa lei traz também em suas diretrizes, determinações para a execução do Plano Municipal de Saneamento Básico para cada município, como ferramenta para o fornecimento de serviços públicos de saneamento (MACIEL et al., 2014).

Com relação aos recursos hídricos no Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, através da Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, estabelece condições para o enquadramento dos corpos hídricos em território nacional, bem como estabelece condições e

padrões de lançamento de efluentes. Tal resolução determina que o despejo de efluentes, de maneira direta ou indireta, em corpos receptores somente poderá ocorrer se houver o devido tratamento seguindo as condições dispostas em seus artigos.

A Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011, surge de forma complementar em relação à CONAMA 357, dispondo sobre condições e critérios para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Segundo essa resolução, o órgão ambiental responsável poderá, conforme fundamentação técnica, acrescentar outros padrões e exigências para o lançamento de efluentes, ou modificá-los de maneira restritiva, considerando as condições do corpo receptor. A entidade poderá também solicitar métodos de tratamento de efluentes adequados e ambientalmente viável, apropriados às condições do corpo receptor correspondente.

### **3.3 Esgoto Sanitário**

Segundo Von Sperling (1996) o termo esgoto é usado para efluentes oriundos da utilização humana da água, sendo esses usos de diversos fins como o doméstico, comercial, industrial e agrícola. Para a realização do descarte aos corpos receptores, o esgoto deve ser previamente tratado, para que posteriormente seja lançado ao meio ambiente de forma adequada. No Brasil, e também em outros países subdesenvolvidos, os problemas socioambientais representam um dos maiores desafios resultantes do lançamento indevido de efluentes domésticos sobre o meio ambiente. A ausência de rede coletora de esgoto nos grandes centros urbanos gera um problema desafiador, principalmente quando se trata de contaminação dos lençóis freáticos, pois o esgoto descartado sobre os corpos receptores percolam sob o subsolo, causando a contaminação das águas.

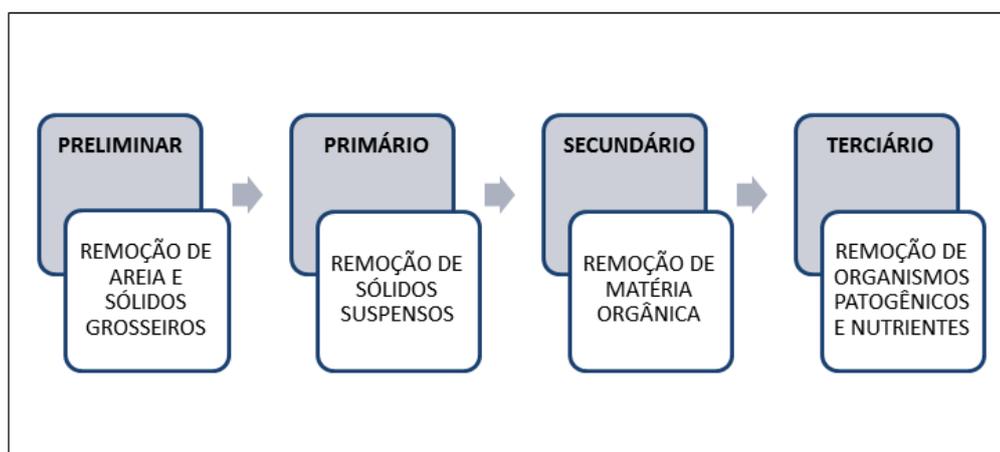
As propriedades dos esgotos domésticos brutos variam de acordo com os usos os quais os resultam. Normalmente os efluentes são compostos por uma fração de água (99,9%) e o restante de impurezas (0,1%) como matéria orgânica, nutrientes e agentes infecciosos. O contato do esgoto com o meio ambiente acarreta consequências adversas principalmente ao meio aquático, reduzindo a qualidade da água e comprometendo a maior parte dos seus usos, devido à alteração das características físicas e químicas do corpo hídrico (CERQUEIRA, 2004).

### 3.4 Etapas do tratamento de esgotos

O esgoto sanitário, após as etapas de coleta e transporte, deverá ser conduzido para unidades de tratamento, buscando-se características que adequem seu despejo em corpos receptores, obedecendo aos critérios de lançamento de efluentes dispostos nas leis. O tratamento de esgoto pode ser dividido nas seguintes etapas: preliminar, primário, secundário e terciário (Figura 1), as quais visam a remoção dos sólidos grosseiros, sólidos suspensos, matéria orgânica dissolvida, nutrientes e patógenos, por meio de processos químicos, físicos e biológicos.

As etapas de tratamento de efluentes e suas atribuições são exibidas de maneira esquemática na Figura 1.

**Figura 1 - Etapas do tratamento de efluentes e suas principais funções**



Fonte: Elaborado pela autora.

#### 3.4.1 Tratamento preliminar

O Tratamento preliminar consiste na retirada, através de processos físicos ou mecânicos, da areia e sólidos grosseiros contidos no esgoto, com a finalidade de evitar o acúmulo dos mesmos nas tubulações e unidades da ETE facilitando o transporte do líquido. Nessa fase quase não há remoção de DBO, e o tratamento baseia-se na preparação do efluente para a fase seguinte, impedindo que danos aos equipamentos sejam causados.

O tratamento preliminar é composto pelos dispositivos de gradeamento e desarenadores. No gradeamento, resíduos sólidos grosseiros são retidos por grades de ferro paralelas fixadas transversalmente na via de entrada do esgoto (PIVELI, 2007). Geralmente,

os materiais removidos são galhos de árvores, pedras, plásticos, papelões, entre outros. Já nos desarenadores são retidos materiais inorgânicos com propriedades sedimentáveis, como areia e terra.

### ***3.4.2 Tratamento primário***

No tratamento primário são empregados decantadores primários para que os processos de sedimentação das partículas suspensas ocorram, e através da utilização dos microrganismos em lagoas anaeróbias, a matéria orgânica contida no esgoto é decomposta. Essa etapa resulta na diminuição do tamanho dos poluentes nos efluentes, os quais são compostos por coloides, favorecendo a utilização de processos físico-químicos na sua remoção (SILVA, 2004).

- Floculação

O processo de floculação, ou coagulação, baseia-se na utilização de substâncias químicas, como o sulfato de alumínio, que provocam o agrupamento das partículas a serem retiradas, de forma a facilitar essa remoção.

- Decantação Primária

A decantação primária consiste na separação do material sólido e o líquido, através da sedimentação dos sólidos em suspensão. Os efluentes passam lentamente sobre os decantadores, proporcionando maior facilidade na decantação dos sólidos, que encontram-se mais densos que o líquido em movimento.

### ***3.4.3 Tratamento secundário***

O tratamento secundário é constituído basicamente por processos bioquímicos, que podem ser aeróbicos ou anaeróbicos, e destina-se à remoção de sólidos e matéria orgânica não-sedimentável, podendo remover parcela de alguns nutrientes como nitrogênio e fósforo, por meio de reatores biológicos compostos por tanques os quais contém microrganismos aeróbios. Normalmente, após o término do tratamento secundário, os níveis de poluição por matéria orgânica são mínimos, podendo desta forma, destinar os efluentes aos corpos receptores. Em alguns casos, o efluente resultante desse tratamento pode ainda apresentar uma

considerável quantidade de microrganismos, fazendo-se necessária a aplicação do tratamento terciário (VON SPERLING, 2005).

#### ***3.4.4 Tratamento terciário***

Normalmente, para que os efluentes sejam lançados no corpo receptor, faz-se necessário submetê-los ao processo de desinfecção, o qual consiste na remoção de organismos patogênicos. Essa etapa de degradação de microrganismos denomina-se tratamento terciário. O procedimento de desinfecção pode ser realizado através da cloração, ozonização e radiação ultravioleta, sendo que a cloração é considerada como o método mais eficiente, quando comparado aos outros, além de possuir o menor custo.

O tratamento terciário nem sempre é empregado, e geralmente compõe-se de unidade de tratamento físico-químico, utilizado para a remoção do material orgânico, dos nutrientes, e dos patógenos presentes nos esgotos tratados.

### **3.5 Alguns tipos de sistemas de tratamento de esgotos**

#### ***3.5.1 Lagoas de estabilização***

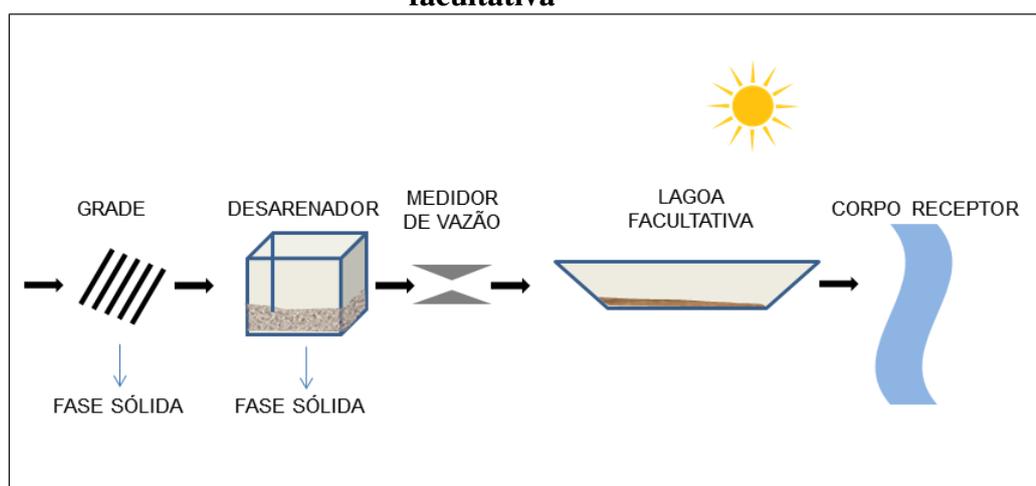
##### ***3.5.1.1 Lagoas facultativas***

As lagoas facultativas constituem em um procedimento simples de tratamento, em que o esgoto fica mantido por um período extenso nas mesmas, de forma a desenvolver os fenômenos naturais de degradação da matéria orgânica (VON SPELING, 2002), no entanto, faz-se necessário monitoramento frequente, para que as exigências ambientais estabelecidas por órgãos específicos sejam obedecidas e não ocorra irregularidades às lagoas.

Esse tipo de lagoa recebe o nome de facultativa por dispor de uma zona aeróbia na superfície, uma camada facultativa intermediária e uma zona anaeróbia na base da lagoa (BENTO, 2005). Pode ser primária, quando recebe o efluente bruto diretamente após o tratamento preliminar, ou secundária, quando, por exemplo, receber o efluente de uma lagoa anaeróbia. No entanto, quando a quantidade de efluentes é elevada, essa variante de lagoa normalmente é utilizada como lagoa secundária, devido as cargas orgânicas na mesma serem reduzidas quando emprega-se uma lagoa anaeróbia como tratamento prévio (ALMEIDA, 2017).

O regime hidráulico simplificado e o tratamento totalmente natural são considerados como grandes vantagens das lagoas facultativas (RIOS, 2007). Para que os processos de degradação da matéria orgânica na superfície destas lagoas ocorram, é essencial que haja exposição das mesmas à luz solar e sejam profundas, de modo a favorecer a oxidação anaeróbia (Figura 2).

**Figura 2 – Esquema de um sistema de tratamento de efluentes por lagoa facultativa**

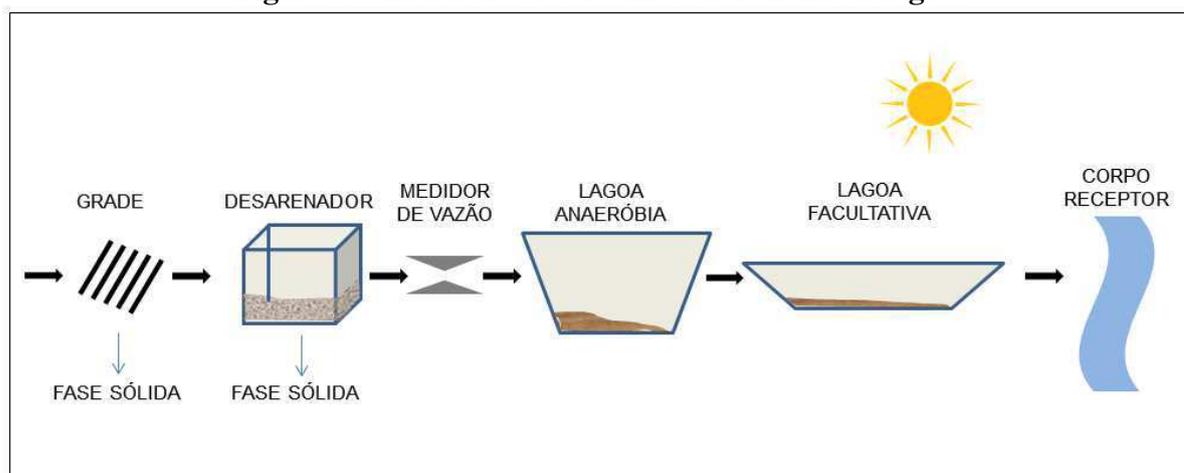


Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

### 3.5.1.2 Sistema de lagoas anaeróbias – lagoas facultativas

O sistema de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas (Sistema Australiano) é caracterizado por ser composto de duas lagoas com processos desiguais de tratamento de esgoto. A lagoa anaeróbia é responsável por realizar o tratamento prévio dos efluentes, para que as cargas orgânicas sejam reduzidas antes da passagem para a lagoa facultativa. O sistema australiano tem capacidade de reduzir aproximadamente 1/3 da área demandada pelo sistema único de lagoas facultativas, no entanto, a ocorrência dos processos anaeróbios pode acarretar mal odores, devido a liberação de gases malcheirosos, como o gás sulfídrico. Entre as principais vantagens deste sistema está a simplicidade de execução e operação (SANTOS, 2007). O sistema australiano de lagoas está representado na Figura 3.

**Figura 3 – Estrutura do sistema australiano de lagoas**



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

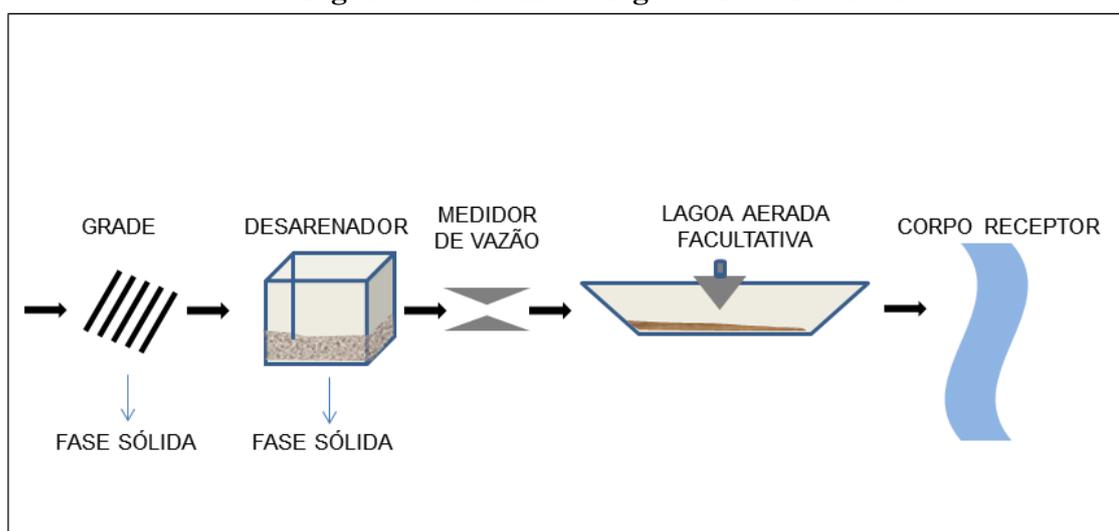
### 3.5.1.3 Lagoas de maturação

As lagoas de maturação são unidades cuja função é a remoção de patógenos, principalmente ovos de microrganismos infecciosos, bem como nutrientes. Todavia, devido ser planejadas para atribuírem elevadas taxas de oxigênio dissolvido, elas atingem capacidade alusiva de remoção de  $DBO_{par}$ . Estas unidades são na maioria das vezes, empregadas em série, sendo antecedidas por lagoas anaeróbias e facultativas, e, geralmente, sucedidas por mais duas lagoas de maturação, de modo a aumentar a eficiência (ARTHUR, 1986).

### 3.5.1.4 Lagoas aeradas facultativas

As lagoas aeradas facultativas são comumente empregadas em regiões onde as técnicas do sistema australiano não são eficientes. Nesse sistema, os equipamentos de aeração são suficientes para fornecer todo o oxigênio essencial à degradação da matéria orgânica afluenta, mas não são capazes de sustentar a maior parte das partículas sólidas suspensas. Em decorrência disso, essa variável de lagoas sempre dispõe de atividades de estabilização por processos aeróbios e anaeróbios, onde os sólidos sedimentados são estabilizados no fundo do sistema (VON SPERLING, 1996). Esse tipo de sistema está representado na Figura 4.

**Figura 4 – Sistema de lagoa aerada facultativa**



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

### 3.5.2 Sistemas anaeróbios

#### 3.5.2.1 Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)

Em reatores anaeróbios de manta de lodo, o efluente entra de maneira ascendente no fundo do dispositivo, ultrapassando uma camada de lodo presente em sua base e atravessa um divisor de fases quando flui para a superfície. A partir daí, a decomposição da matéria orgânica é realizada por meio de bactérias contidas no sistema. A superfície do reator é separada em duas partes, uma de coleta de gás e outra de sedimentação, permitindo que o efluente tratado saia e os sólidos voltem ao sistema em maiores quantidades (KARASEK, 2011).

#### 3.5.2.2 Filtro anaeróbio

De acordo com Karasek (2011), o filtro anaeróbio consiste em tanques submersos, normalmente compostos por pedras britadas, as quais atuam como um leito fixo servindo de suporte para as bactérias responsáveis pela estabilização da DBO. Nessa unidade a produção do lodo é relativamente baixa, e este já sai estabilizado. O fluxo do efluente através do meio filtrante, e do lodo ativo, é que resulta na alta eficiência dos filtros anaeróbios.

### 3.6 Estudos de caso

Rodrigues Segundo (2016) dimensionou um sistema de tratamento de efluentes para o município de Lagoa – PB, para tal sistema o mesmo fez o uso de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. Os resultados obtidos indicaram eficiência do método adotado para o local em questão, apresentando uma considerável remoção de DBO, baixa demanda de área quando comparado ao sistema único de lagoa facultativa, e baixo tempo de detenção hidráulica. Outros fatores favoráveis à área estudada estão relacionados às características do sistema proposto, o qual possui baixo custo de implantação e operação, e não requer o uso de energia elétrica, tornando-o mais viável.

Silva Júnior e Amorin (2015) realizaram um trabalho na Universidade de Rio Verde- UniRV, tendo em vista que a mesma destina seus esgotos inadequadamente em fossas negras. Para o tratamento dos efluentes gerados na universidade, os autores dimensionaram o sistema composto por reator anaeróbio, considerando diversos critérios como eficiência, requisito de área e custo de implantação da ETE. O processo com reator anaeróbio apresentou-se eficiente quanto à remoção de DBO principalmente e quanto à área requisitada, apesar do sistema não ser o de menor custo de implantação.

Curvello e Marins (2014) em um trabalho de pesquisa apresentaram uma proposta de implantação de uma unidade de tratamento de esgoto sanitário no prédio de aulas da Universidade Salvador – UNIFACS, tendo em vista o uso eficiente da água através do seu reaproveitamento na universidade. Para a escolha do método mais adequado às condições do local de implantação, o efluente oriundo do prédio de aula foi submetido a uma caracterização, de forma a definir suas propriedades. Realizou-se também uma avaliação dos padrões de qualidade exigidos para o reuso de efluentes, para que então pudesse estabelecer tecnologias que se enquadrassem ao tipo de esgoto gerado. O processo de tratamento identificado para os fins recomendados no estudo deveria ser composto por sistema de tratamento secundário acompanhado sucessivamente de filtração e desinfecção. Os critérios de escolha do procedimento secundário mais viável basearam-se na eficiência de remoção de DBO, sólidos suspensos e coliformes fecais, sendo recomendado então, o Reator UASB e o Filtro Biológico Percolador, os quais se mostraram adeptos ao esgoto bruto mediante a caracterização efetuada no trabalho, atendendo aos padrões de qualidade sugeridos, principalmente quanto à remoção de DBO e coliformes fecais.

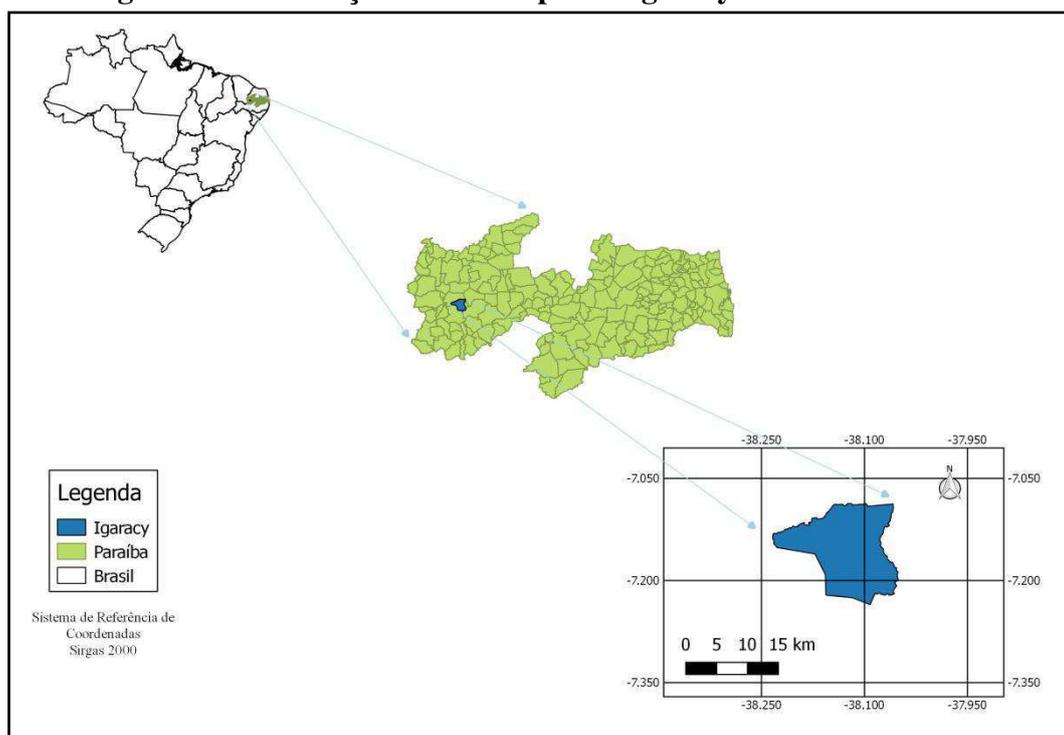
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido de acordo com etapas que compreendem primeiramente a revisão bibliográfica e estudo de campo, onde foram coletados dados a respeito da atual situação do sistema de esgotamento sanitário do município. A partir das informações obtidas, foi feita a identificação dos impactos resultantes da disposição inadequada dos efluentes. Para isto, foram realizadas pesquisas em residências a respeito da destinação final dos esgotos gerados nas mesmas, e entrevistas com a comunidade e os responsáveis pela administração local.

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende o município brasileiro de Igaracy (Figura 5), situado na região oeste do estado da Paraíba e na microrregião de Piancó, a uma altitude de 313 m e com coordenadas geográficas de  $-7.180^\circ$  de latitude, e  $-38.148^\circ$  de longitude. Igaracy possui área territorial de 192 km<sup>2</sup>, está localizada a 454 km da capital João Pessoa, e limita-se com os municípios de Aguiar, Coremas, Piancó e Itaporanga (IBGE, 2016).

**Figura 5– Localização do município de Igaracy no estado da Paraíba**



Fonte: Elaborado pela autora.

## 4.2 Situação atual do esgotamento sanitário no município de Igaracy - PB

As informações acerca da atual situação do esgotamento sanitário da cidade de Igaracy foram obtidas a partir de visitas *in loco*, fotografias, questionários informais à comunidade, documentação, e havendo também a coleta de dados juntamente à prefeitura do município em questão.

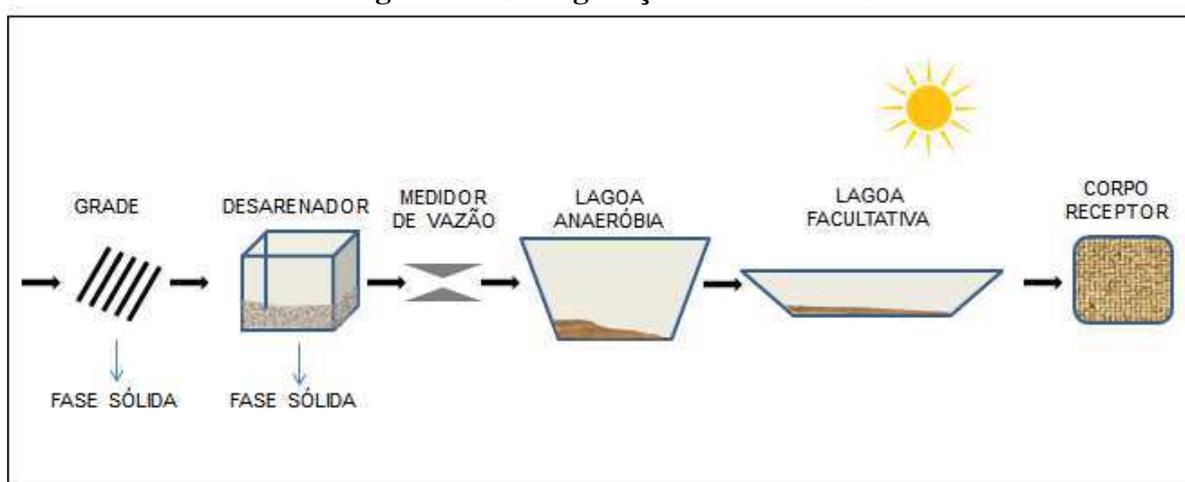
## 4.3 Possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto

Partindo do levantamento da atual situação do esgotamento sanitário do município, realizou-se uma identificação dos possíveis impactos ambientais resultantes desse gerenciamento. Essa identificação foi realizada através de visitas a alguns trechos receptores de esgoto da cidade, sendo registrada por meio de fotografias.

## 4.4 Alternativa de sistema de tratamento de efluentes para o município de Igaracy - PB

O sistema aqui apresentado foi desenvolvido segundo dados da literatura e os princípios da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12.209/2011, a qual apresenta as necessárias condições para a elaboração de projetos hidráulicos – sanitários e estações de tratamento de esgotos sanitários, sendo compreendido no seu tratamento preliminar pelo gradeamento, desarenador e medidor de vazão, em seguida pelo tratamento secundário com a cooperação entre lagoa anaeróbia e lagoa facultativa denominado de sistema australiano, e por fim o lançamento do efluente no corpo receptor (Figura 6).

Figura 6 – Configuração do sistema adotado



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

As lagoas de estabilização são um dos processos de tratamento de esgoto mais utilizados no Brasil, isso se dá devido à simplicidade da sua aplicação e à sua alta eficiência na remoção de poluentes. Além disso, outros fatores socioeconômico-ambientais também influenciam diretamente na aceitabilidade desse sistema em diversas regiões brasileiras, principalmente no Nordeste, pois segundo Silva Filho (2007) esse tipo de tratamento requer clima favorável com altas temperaturas e insolação intensa durante todo o ano e, além disso, a utilização de poucos equipamentos. Fundamentado nestes quesitos, propôs-se o sistema Australiano (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa) de tratamento de efluentes para o município de Igaracy – PB.

#### **4.5 Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa**

As lagoas de estabilização apesar de constituírem um sistema simplificado de tratamento esgotos e possuírem satisfatória eficiência, requerem uma grande área para a implementação, muitas vezes insuficiente para a região em estudo, tornando-se necessária a escolha de técnicas que diminuam essa demanda. Com o intuito de reduzir essa área, adota-se o sistema australiano de lagoas, composto por uma lagoa anaeróbia seguida por lagoa facultativa, onde a lagoa anaeróbia minimiza a área da lagoa facultativa. Isto é, caso fosse preciso planejar uma lagoa facultativa para retirar a mesma carga de DBO de um sistema australiano, a combinação da lagoa anaeróbia com a facultativa apresentaria menores dimensões em relação à lagoa facultativa (SANTOS, 2007).

##### **4.5.1 Funcionamento**

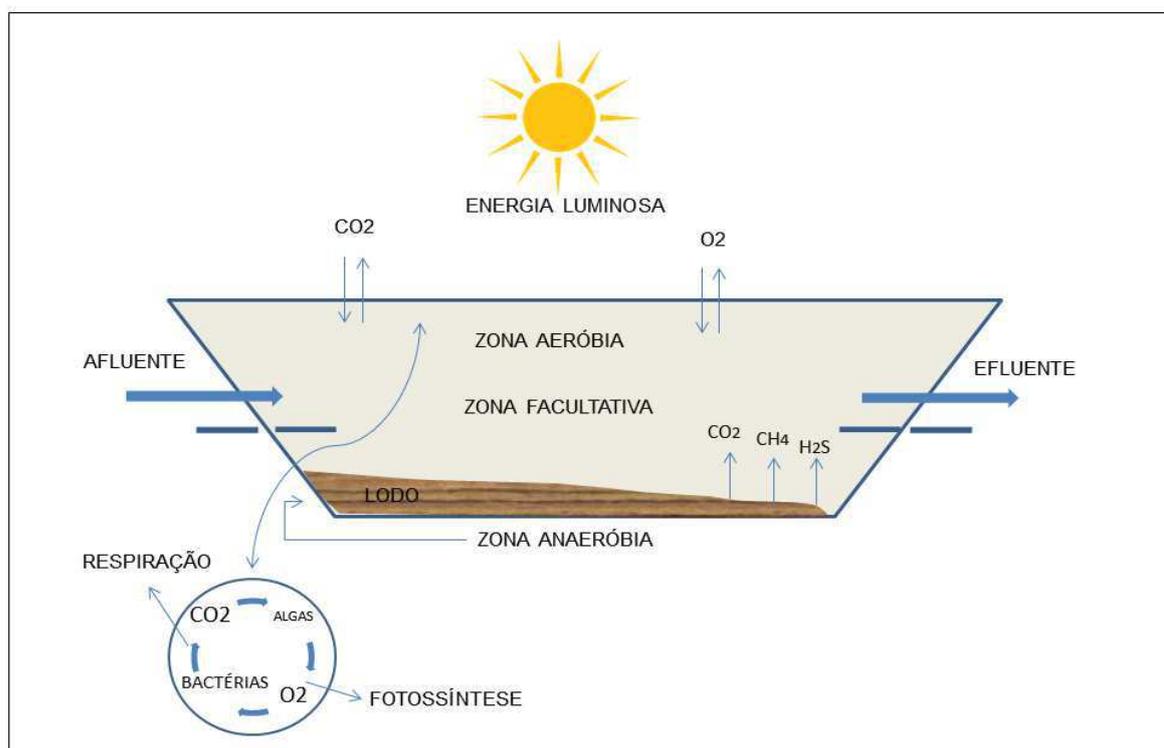
As lagoas anaeróbias são usualmente profundas, variando entre 4 a 5 metros, de forma a reduzir o processo de fotossíntese, impedindo a penetração de luz nas camadas inferiores, e conseqüentemente a passagem do oxigênio para essas camadas. Para que todo o processo de digestão da matéria orgânica ocorra em ambiente anaeróbio, uma grande carga de efluente é despejada sobre a lagoa por unidade de volume desta, garantindo que a produção do oxigênio seja menor que o seu consumo.

No ambiente anaeróbio as dimensões superficiais são menores em relação às da profundidade, fazendo com que a produção de oxigênio pela fotossíntese e pela reaeração atmosférica seja desprezível. Como as reações anaeróbias produzem energia em taxas mais

vagarosas, devido à reprodução lenta das bactérias anaeróbias, o processo de remoção da matéria orgânica se torna mais demorado nesse meio, se comparado ao processo aeróbio. A DBO na lagoa anaeróbia é em torno de 50% a 70% estabilizada, havendo no efluente ainda uma grande concentração de DBO, tornando-se, portanto necessária a adoção de outra unidade de tratamento visando complementar essa remoção.

Como segunda etapa de tratamento adota-se o sistema de lagoa facultativa, a qual requer menor espaço devido ao tratamento anaeróbio anterior e completará o processo. Nessa etapa as condições aeróbias são preservadas nas camadas superficiais da lagoa, onde há mais produção de oxigênio, devido a presença de algas que os liberam pela fotossíntese, favorecendo a ação das bactérias aeróbias na decomposição da matéria orgânica. Nas camadas mais profundas onde o material orgânico é sedimentado, predominam as condições anaeróbias, devido a difícil obtenção de oxigênio, fazendo com que as bactérias facultativas realizem a decomposição da matéria orgânica nesse meio (Figura 7).

**Figura 7 – Funcionamento geral de uma lagoa facultativa**



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

A implantação do sistema australiano deve ocorrer em localidades distantes de residências, devido à liberação de gases malcheirosos, como o sulfídrico, metano, nitrogênio, amoníaco e outros, resultantes da decomposição anaeróbia. A combinação lagoa anaeróbia

com lagoa facultativa reduz em torno de 1/3 da área utilizada, quando comparada a uma única lagoa facultativa para realizar o tratamento da mesma carga de efluente (VON SPERLING, 1996).

## 5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO

Para a realização do dimensionamento do sistema em questão, primeiramente foram coletados dados e informações referentes ao atual sistema de tratamento de efluentes do município. Posteriormente, para a execução dos cálculos, foram adotados métodos de dimensionamento dispostos na literatura, bem como técnicas propostas pela ABNT.

### 5.1 População total

Conforme o censo realizado em 2010, a população total do município de Igaracy - PB era de 6.156 pessoas (IBGE, 2011).

Visando assegurar que o sistema proposto atendesse também futuras populações, adotou-se o método aritmético de projeção populacional para um horizonte de vinte anos, o que resultou em 5750 habitantes, para a garantia do sistema em longo prazo. Para o dimensionamento das partes constituintes do sistema de tratamento de esgoto, faz-se necessário determinar os valores de vazões média e instantânea descritos a seguir:

- *Vazão média (Q<sub>m</sub>):*

$$Q_m = P \cdot q \cdot C$$

**P** - População (5750 habitantes);

**q** - Contribuição de esgoto per capita,

130 l/hab.dia para habitantes da cidade (NBR 7229);

**C** - Coeficiente de retorno da água, adotou-se o coeficiente de 1 (NBR 9648).

- *Vazão instantânea (Q<sub>i</sub>):*

$$Q_i = Q_m \cdot K_1 \cdot K_2$$

**Q<sub>m</sub>** - vazão média;

$K_1$  - coeficiente do dia de maior consumo (1,2);

$K_2$  - coeficiente da hora de maior consumo (1,5).

## 5.2 Unidades de tratamento preliminar

Para a retirada dos sólidos grosseiros e da areia contida no esgoto bruto, foram adotadas grades seguidas de caixa de areia como unidades de tratamento preliminar, as quais estão detalhadas a seguir:

### a. Gradeamento

Visando a proteção dos equipamentos devido à passagem de material grosseiro e também favorecer o aumento na eficiência do sistema de tratamento, algumas recomendações devem ser seguidas:

- Retirar periodicamente o material retido nas barras;
- Depositar o material retirado em local devidamente adequado – caçambas, recipientes tampados, onde tais locais devem ser fora do acesso de insetos, especialmente moscas;
- Executar regularmente a manutenção dos equipamentos, tais como: lubrificação de engrenagens e substituição de peças desgastadas;
- Utilizar dispositivos para minimizar os impactos pela emissão de odores, tais como: aspersão de produtos biológicos que são comercializados ou pelo fechamento do canal de chegada;
- Encaminhar o material retido para disposição final adequada.

A seguir estão dispostas as variáveis a serem consideradas no dimensionamento das grades grossas.

**Vazão máxima ( $Q_i$ ):** equivale a vazão final do esgoto sanitário encaminhado a ETE. Segundo a NRB 12.209/2011 a vazão de dimensionamento das grades deve ser a vazão máxima afluente a ETE, neste caso de  $15,57 \text{ L/s} = 15,57 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Velocidade máxima ( $V_{\max}$ ):** de acordo com a NBR 12.209/1992 a velocidade máxima deverá ser de 1,20 m/s. Para o sistema será adotada a velocidade de 1m/s.

A vazão de escoamento do efluente através das grades não pode ser em velocidade muito alta, para não carrear o material previamente retido, como também não pode ocorrer em baixa velocidade, de forma a impedir o depósito de material sedimentável.

**Inclinação da barra (Ib):** de acordo com a NBR 12.209/2011 a inclinação deve variar entre 45° e 60° para grades de limpeza manual, neste estudo será adotada a inclinação de 60°.

**Espaçamento entre barras (Eb):** o espaçamento entre barras é apropriadamente configurado para bloquear a passagem do material a ser retirado, com baixa perda de carga. Segundo a NBR 12.209/11, o espaçamento entre barras grossas deverá ser de 40 mm a 100 mm, sendo adotado aqui um valor de 50 mm.

**Espessura da barra (E<sub>spe</sub>b):** de acordo com Jordão e Pessôa (2011) as barras devem ser resistentes para suportar o impacto devido a procedimentos operacionais e possíveis acúmulos de materiais retidos. Nesse trabalho adotou-se 9,5 mm de espessura, valor típico para barras grossas.

**Altura da grade (h):** De acordo com a inclinação e o comprimento da grade é calculada a altura da grade. A altura da grade será de 0,50 m.

**Perda de carga (Pc):** de acordo com a NBR 12.209/11, a perda de carga mínima para permitir o fluxo normal dos esgotos a ser considerada no cálculo para grades de limpeza manual é de 0,15 m.

**Eficiência da grade grossa (E<sub>gg</sub>):** a eficiência das grades é função da espessura das barras e do espaçamento entre elas.

$$E = \frac{a}{a + t}$$

a = espaçamento entre barras (50 mm);

t = espessura de barras (9,5 mm).

**Área útil (AU):** é a superfície de contato por onde o esgoto passa.

$$Au = \frac{Qi}{vel. max.}$$

Qi = vazão instantânea (15,57 L/s);

Vel. Max. = velocidade máxima (1m/s).

**Seção transversal do canal (Stc):** equivale a área de passagem transversal do efluente no canal. Será considerada altura de borda livre de 0,30 m (NBR 12.209/2011) acima da altura da grade, logo a seção transversal é dada pelo quociente entre a área útil e a eficiência da grade.

**Largura do gradeamento grosso (Lgg):** calculada para atender a área transversal necessária, juntamente com a altura do canal (Seção adotada = 0,10 m<sup>2</sup>).

$$Lgg = \frac{Stc}{h}$$

Stc = seção transversal do canal;

h = altura da grade.

Para o dimensionamento das grades finas devem-se estabelecer as seguintes considerações:

**Espaçamento entre barras (Eb):** o espaçamento entre barras é apropriadamente configurado para que haja a remoção das partículas sólidas de menor diâmetro. O espaçamento para a grade fina deve ser de 10 mm a 20 mm (NBR 12.209/2011). Nesse trabalho o espaçamento adotado será de 20 mm.

**Espessura da barra (E<sub>speb</sub>):** serão adotadas no estudo barras de 8 mm de espessura, valor típico para barras finas (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

**Altura da grade (h):** as grades finas e grossas terão a mesma altura para favorecer a construção. Desta forma, a altura da grade fina será de 0,50 m.

**Perda de carga (Pc):** a perda de carga mínima a ser considerada no cálculo será de 0,15 m para limpeza manual (NBR 12.209/2011).

**Eficiência da grade fina (Egf):** definida por meio da qualidade do esgoto a jusante, considerando-se a não obstrução das barras, o fluxo normal do esgoto e também a perda de carga mínima. A eficiência da grade fina é de 71,42%.

$$E = \frac{\textit{Espaçamento entre barras}}{\textit{Espessura da barra} + \textit{Espaçamento entre barras}}$$

**Área útil (AU):** corresponde à superfície de contato por onde o esgoto passa, sendo esta de 0,003 m<sup>2</sup>.

**Seção transversal do canal (Stc):** equivale a área de passagem transversal do efluente no canal. A seção transversal é de 0,10 m<sup>2</sup>.

**Largura do gradeamento fino (Lgf):** determinada para atender a área transversal necessária. A largura será de 0,2 m.

Os equipamentos de limpeza dos materiais sólidos presentes nos efluentes devem ser constituídos de materiais robustos, como ligas de aço inox e resinas de plástico, de forma a evitar danos aos dispositivos. (NBR 12.209/2011).

## **b. Caixa de areia**

A caixa de areia destina-se à remoção das partículas de areia contidas no esgoto para impedir abrasão nos equipamentos e tubulações, eliminar ou reduzir a probabilidade de obstrução na aparelhagem do sistema e favorecer o transporte do líquido.

**Velocidade de sedimentação (Vs):** a velocidade de sedimentação adotada será de acordo com a velocidade crítica, ocorrendo o arraste das partículas que se deseja reter, ou até mesmo, daquelas partículas já sedimentadas, onde tais partículas estão sujeitas a essa velocidade (JORDÃO e PESSÔA, 2011). Será adotada a velocidade de sedimentação de 0,25 m/s.

**Diâmetro da partícula (Dp):** o diâmetro da partícula, assim como sua densidade serão empregados de acordo com a NBR 12.209/2011, os valores adotados são 0,2 mm e 2,6 mm, respectivamente.

**Comprimento da caixa de areia (Cca):** adotando o valor de 0,5 m para a largura da caixa de areia, obtém-se o comprimento mínimo de 0,187 m. Será adotado o valor de 1,5 m para obedecer os parâmetros da taxa de aplicação superficial. Para o comprimento mínimo utilizou-se a fórmula:

$$Cca = 1,5 \times \frac{Qi}{L \times Vs}$$

Qi = Vazão instantânea;

Vs = velocidade de sedimentação;

L = largura adotada.

**Área transversal de escoamento (Ate):** a seção transversal deve ser empregada de forma que a velocidade de escoamento esteja na faixa de 0,20m/s a 0,40m/s (NBR 12.209/2011). Para a velocidade de escoamento adotou-se o valor de 0,30 m/s. A área transversal é de 0,05 m<sup>2</sup>.

$$At = \frac{Qi}{Ve}$$

Qi = velocidade instantânea;

Ve = velocidade de escoamento.

**Lamina D'água mínima na caixa de areia (L<sub>água</sub>):** no fundo e ao longo do canal deve-se ter um espaço para o acúmulo do material sedimentado com seção transversal mínima de 0,20 m de profundidade e 0,20 m de largura (NBR 12.209/2011). Para o cálculo da lâmina d'água utilizou-se a seguinte equação, obtendo-se o valor de 0,25 m.

$$Hm = \frac{Ate}{L}$$

Ate = área transversal de escoamento;

L = largura do canal.

**Velocidade máxima real do escoamento ( $V_{\max\text{Real}}$ ):** conforme a NBR 12.209/2011 a velocidade de escoamento deve variar entre 0,25 e 0,40 m/s. Considerando-se que com esses valores garanta que a velocidade se mantenha constante. A velocidade máxima real de escoamento encontrada foi de 0,31 m/s.

$$V = \frac{Q_i}{L \times L_{\text{água}}}$$

$Q_i$  = vazão instantânea;

L = largura do canal;

$L_{\text{água}}$  = Lamina D'água mínima na caixa de areia.

**Volume diário de sólidos sedimentados ( $V_{dss}$ ):** empregando-se um valor para a taxa de sedimentação de 0,00007 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> e tempo de sedimentação de 86.400s (JORDÃO e PESSÔA, 2011), torna-se possível determinar o volume diário de sólidos sedimentados, sendo este igual a 0,09 m<sup>3</sup>.

$$V_{dss} = T_{sed} \times Q_i \times T_{sedimentação}$$

$T_{sed}$  - taxa de sedimentação;

$Q_i$  - vazão instantânea;

$T_{sedimentação}$  - tempo de sedimentação.

**Profundidade da câmara de sedimentação ( $PS$ ):** no fundo e ao longo do canal deve ser projetado um lugar para acumulação das partículas sedimentadas e esse espaço deve ter profundidade mínima de 0,20 m (NBR 12.209/2011). A profundidade da câmara de sedimentação foi de 0,9 m.

$$PS = \frac{V_{dss}}{L \times L_{\text{adotado}}}$$

$L$  = largura do canal;

$L_{\text{adotado}}$  = Largura adotada.

#### DIMENSÕES DO CANAL

Largura do canal = 0.50 m

Altura do canal = 1,0 m

Comprimento do canal = 1,5 m

#### c. Dimensionamento da calha Parshall

De acordo com Jordão e Pessôa (2011), a calha Parshall deve possuir 9'' de tamanho, tendo em vista que esse valor é um valor padrão que atenderá a vazão, sendo irrelevante um cálculo específico para o mesmo.

Vazão Mínima:  $0,5 \times Q_m = 4,33$  L/s

Vazão Média: 8,66 L/s

Vazão Máxima: 15,57 L/s

### 5.3 Dimensionamento da lagoa anaeróbia

Para o dimensionamento da Lagoa Anaeróbia foram considerados os seguintes dados para a realização dos cálculos:

- Número de pessoas: 5750;
- Vazão afluyente: 748,22 m<sup>3</sup>/d;
- $DBO_{\text{afluyente}}$ : 350 mg/L;
- Temperatura: 24 °C;
- $L_v$ : 0,15 kg  $DBO_5$ /d;
- Eficiência de remoção de DBO desejada: 60%.

#### a. Cálculo da carga na alimentação (entrada da lagoa anaeróbia):

$Carga (L) = 350 \text{ mg/L} * 748,22 \text{ m}^3/\text{d}$

$L = 261,88 \text{ kg } DBO/\text{d}$

**b. Cálculo do volume requerido:**

$V = \text{Carga} / \text{taxa aplicação volumétrica}$

$$V = L / L_v$$

$$V = 261,88 / 0,15$$

$$V = 1745,87 \text{ m}^3$$

**c. Verificação do tempo de detenção hidráulico (Tdh):**

Recomenda-se 2,5 dias  $<T_{dh} < 3$  dias

$$T_{dh} = V / Q$$

$$T_{dh} = 1745,87 / 748,22$$

$$T_{dh} = 2,5 \text{ d}$$

**d. Determinação da área requerida e dimensões:**

Profundidade  $H = 4\text{m}$  (adotada)

Área = Volume/profundidade

$$\text{Área} = 1745,87 / 4$$

$$A = 436,47 \text{ m}^2$$

Calculando as dimensões:

$$A = L * B = (2,5 * B) * B = 2,5 * B^2$$

$$436,47 = 2,5 B^2 \quad B =$$

Assim temos:

$$\text{Largura (B)} = 13,21 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento (L)} = 33,04 \text{ m}$$

**e. Concentração de DBO efluente da lagoa anaeróbia (saída da anaeróbia):**

Adotar Eficiência de remoção de 60%

$$DBO_{efl} = S_0 * (1 - E / 100) \quad 350 * (1 - 60 / 100)$$

$$DBO_{efl} = 140 \text{ mg/L}$$

O Efluente da lagoa anaeróbia passará a ser o afluente de uma nova lagoa facultativa

$$DBO \text{ entrada da facultativa} = 140 \text{ mg/L}$$

**f. Acúmulo de lodo na lagoa anaeróbia:**

Adotar taxa de acúmulo de 0,05 m<sup>3</sup>/hab.ano

$$0,05 * 5750\text{hab} = 287,5 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Espessura da camada de lodo em 1 ano

Espessura = acumulação anual \* tempo / área da lagoa

$$\text{Espessura} = 287,5 * 1 \text{ ano} / 436,47$$

$$\text{Espessura} = 0,67 \text{ m/ano}$$

O Tempo de limpeza será previsto quando a altura de lodo atingir 1/3 da altura útil das lagoas

Tempo para limpeza = (H/3) / Espessura

$$T = (4/3) / 0,67 = 2 \text{ anos}$$

Remoção de lodo aproximadamente a cada 2anos.

**5.4 Dimensionamento da lagoa facultativa**

Para o dimensionamento da Lagoa Facultativa foram considerados os seguintes dados, que são necessários para os cálculos:

- Número de pessoas: 5750 hab.;
- Cota per Capita (CPC): 130 L/hab.d;
- Coeficiente de retorno: 80% (usual – norma ABNT)
- DBO afluente: 140 mg/L;
- L<sub>0</sub>: 261,88 kg/d;
- Concentração de sólidos suspensos totais (SST): 50mg/L;
- Temperatura média do efluente no mês mais frio: T=24 °C.

**a. Cálculo da vazão média Total (Qt):**

$$Q_t = \text{CPC} * n^\circ \text{ habitantes}$$

$$Q_t = 130 * 5750 = 747500 \text{ L/d} = 747,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

**b. Carga de efluente à lagoa facultativa (L):**

$$L = (100 - E) * L_0 / 100$$

$$L = 104,75 \text{ kg DBO/d}$$

**c. Adoção da taxa de aplicação superficial (Ls):**

De acordo com Von Sperling, 1986:

Regiões com inverno quente e elevada insolação: Ls = 240 a 350 kg DBO/ha.d

Regiões com inverno e insolação moderada: Ls = 120 a 240 kg DBO/ha.d

Regiões com inverno frio e baixa insolação: Ls = 100 a 180 kg DBO/ha.d

Adotar: 350 kg DBO/ha.d

**d. Cálculo da área para líquido requerida (A):**

$$A = L/Ls$$

$$A = 104,75/350 = 0,3 \text{ ha (1 ha = 10000 m}^2\text{)} \quad \text{Logo: } A = 3000 \text{ m}^2$$

**e. Adotar um valor para profundidade (H) entre 1,5 a 2,0m:**

$$H = 2 \text{ m}$$

**f. Cálculo do volume líquido resultante (V):**

$$V = A * H$$

$$V = 3000 * 2$$

$$V = 6000 \text{ m}^3$$

**g. Cálculo do tempo de detenção hidráulico (Tdh):**

$$Tdh = V/Q_t$$

$$Tdh = 6000/747,5$$

$$Tdh = 8 \text{ dias}$$

**h. Adotar valor para coeficiente de remoção de DBO (K) Cinética:**

Lagoa Primária (recebendo efluente bruto)  $K_{20^\circ} = 0,30$  a  $0,40 \text{ d}^{-1}$

Lagoa secundária (recebendo efluente de lagoa ou reator)  $K_{20^\circ\text{C}} = 0,25$  a  $0,32 \text{ d}^{-1}$

$$K_{20^\circ\text{C}} = 0,30 \text{ d}^{-1}$$

$K_T$  Real com correção da temperatura –  $\phi = 1,05$  (Arrhenius Termodinâmica)

$$K_T = K_{20} * \phi^{T-20}$$

$$K_{24^\circ\text{C}} = 0,36 \text{ d}^{-1}$$

**i. Estimativa da DBO solúvel:**

Regime hidráulico: mistura completa

$$S_f = S_0 / (1 + K_T \cdot T_{dh})$$

$S_0$  - DBO afluente

$S_f$  - DBO final

$$S_f = 140 / (1 + 0,36 * 8)$$

$$S_f = 36,08 \text{ mg/L (DBO solúvel efluente ou saída da lagoa)}$$

**j. Estimativa de DBO Particulada:**

Utilizar a Concentração de sólidos Suspensos -  $SS = 50 \text{ mg/L}$

Literatura  $1 \text{ mg/L de SS} = 0,30 \text{ mg/L DBO particulada}$

Logo:  $0,30 * 50 = 15 \text{ mg/L DBO particulada}$

**k. DBO total efluente (na saída da lagoa)  $S_f$ :**

DBO total = DBO solúvel + DBO particulada

$$\text{DBO total} = 36,08 + 15 = 51,08 \text{ mg/L}$$

**l. Calculo da eficiência na remoção da DBO (E %):**

$$E = (S_0 - S_f) * 100 / S_0$$

$$E = (140 - 51,08) * 100 / 140$$

$$E = 63,51\%$$

**m. Dimensões das Lagoas:**

Será adotada uma lagoa para o sistema, admitindo-se uma relação comprimento largura (L/B) igual a 2,5.

$$\text{Área lagoa} = 3000 \text{ m}^2$$

$$A = L * B = (2,5*B)*B = 2,5 B^2$$

$$\text{Largura } B = 34,64 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento } L = 86,61 \text{ m}$$

**n. Área total requerida para todo sistema:**

A Área total demandada para a construção das lagoas, incluindo os taludes, urbanização, vias internas, laboratório, estacionamento e outras áreas de influência, é cerca de 25% a 35% maior que a área líquida calculada a meia altura, assim adotou-se 30%:

$$\text{Área líquida total} = A_{\text{Anaeróbia}} + A_{\text{Facultativa}}$$

$$\text{Área líquida total} = 0,043 + 0,3 = 0,343 \text{ ha ou } 3430 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 1,3 * A_{\text{liq}}$$

$$A_{\text{total}} = 1,3 * 3430 = 4459 \text{ m}^2 \text{ ou } 0,4459 \text{ ha}$$

$$\text{Área per capita} = 4459 / 5750 \text{ habitantes} = 0,77 \text{ m}^2/\text{hab}$$

**o. Acumulação de lodo:**

Acumulo anual de 0,05 m<sup>3</sup>/ habitante (segundo a literatura)

$$\text{Acumulo anual} = 0,05 * 5750 = 287,5 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Espessura em 1 ano:

$$\text{Espessura} = \text{acúmulo} * 1 \text{ ano} / \text{área de líquido}$$

$$\text{Espessura} = 287,5 * 1 / 3000$$

$$\text{Espessura} = 9,6 \text{ cm/ano}$$

Dessa maneira as dimensões finais da Lagoa Facultativa são:

$$\text{Comprimento (L): } 86,61 \text{ m}$$

Profundidade (H): 2 m

Largura (B): 34,64 m

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Caracterização da área de estudo

Conforme abordado anteriormente, a área de estudo é compreendida pela zona urbana do município de Igaracy – PB. A cidade apresenta clima semiárido quente e seco, estando inserida no chamado “Polígono das secas”. As temperaturas são elevadas durante todo o ano, mas, principalmente durante os períodos de seca, onde atingem picos mais altos. O regime pluviométrico médio anual é de 400 a 700 mm, o qual é considerado baixo e irregular. A vegetação típica é a Caatinga, composta no geral por plantas de pequeno porte, com o predomínio de árvores baixas, cactáceas e arbustos. A temperatura média anual desse município oscila em torno de 27°C (FAMUP, 2017).

**Figura 8 – Vista aérea do município de Igaracy – PB**



Fonte: Google Earth (2018).

A geologia local é constituída por um embasamento da desagregação e decomposição de rochas cristalinas as quais formam o solo da região, sendo este em sua maioria do tipo

podzólico vermelho-amarelo, caracterizado pela presença de areia e argila em sua composição. Os solos dessa região, apesar de rasos, são compostos de uma vasta quantidade de minerais fundamentais para as plantas, porém as taxas de evaporação nesse meio são altas, devido ao clima seco, fazendo com que estes se tornem incapazes de armazenar água. O relevo detém diferentes tipos de terrenos em altitudes variadas. O município de Igaracy é cercado por diversas serras, entre elas estão a Serra de São Pedro, a qual localiza-se a noroeste da área, e a Serra de Acauã a sudoeste (IBI, 2013)

A cidade encontra-se inserida nos domínios de quatro grandes rios, o rio Boqueirão, riacho Sítio Velho, riacho dos Cochos e rio Caiçara. O abastecimento local é proveniente do sistema de distribuição da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) a qual faz uso das águas do açude Cochos, o maior reservatório de água do município, localizado na bacia hidrográfica do rio Piancó Piranhas Açu.

A fauna é composta de uma vasta diversidade de espécies de aves, mamíferos, répteis, anfíbios e muitos tipos de peixes. Os principais animais encontrados na região são o veado-catingueiro, preá, sapo-cururu, cutia, tatupeba asa branca, dentre outros. A flora local também é bastante variada, apesar da maioria da vegetação permanecer sem as folhas durante a maior parte do ano, devido às estações mais secas. Entre as espécies de plantas encontradas, são exemplos o mandacaru, aroeira, angico, baraúna, juá, cajarana, jurema entre outras flores e frutas comestíveis (IBI, 2013).

As principais instalações prediais prestadoras de serviços na zona urbana da cidade contam com um hospital, um matadouro público, quatro escolas (sendo duas municipais, uma estadual e uma privada), uma creche, uma praça pública, dois postos de combustíveis, três postos de saúde, dentre outras. A economia do município tem como principais atividades a agricultura, pecuária, pescaria, comércio, artesanato e serviço público. O cultivo na agricultura é voltado para a produção de arroz, milho, feijão, mandioca, batata-doce, cana-de-açúcar, algodão e fumo. O período chuvoso mais favorável à plantação agrícola é entre os meses de janeiro e junho (PREFEITURA DE IGARACY, 2018).

Com relação à população da cidade, de acordo com os dados do IBGE (2010), a maior parte, 66,94%, vive em áreas urbanas, enquanto 33,06% vivem em áreas rurais. Dos moradores urbanos, o percentual com acesso à rede de esgoto adequada (rede geral ou fossa séptica) é de 31,9%.

## 6.2 Atual sistema de tratamento de efluentes do município de Igaracy-PB

Segundo informação da Prefeitura Municipal de Igaracy, a cidade não possui, ainda, rede coletora de esgoto, nem estação de tratamento de efluentes. Desta forma, a maior parte do esgoto gerado pela população do município é lançada diretamente na natureza, sem tratamento prévio (Figura 9). Este despejo é feito de maneira dispersa, em diversos pontos do município, sendo estes localizados em terrenos privados, vias públicas, e córregos. Algumas das propriedades onde ocorre lançamento de efluentes são utilizadas para a criação de animais, como equinos, caprinos e bovinos, e também para plantio, o que causa mau cheiro e desconforto para a população no entorno e também coloca em risco a saúde das pessoas e dos animais. Nas proximidades de corpos hídricos também ocorrem descargas de esgoto, comprometendo a qualidade e os usos das águas.

**Figura 9 – Localização dos principais pontos de lançamento dos efluentes da cidade**



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

Na Figura 10 está ilustrado o deságue de efluentes em alguns dos trechos mostrados anteriormente e também parte do curso por onde eles escoam.

**Figura 10 – Trecho de descarga de efluentes e seu curso.**



**Fonte: Fotografia da autora.**

Desta maneira, torna-se evidente que a disposição inadequada de efluentes gera diversos impactos negativos, pois o atual sistema, além de causar danos ao meio ambiente, põe em risco toda a população urbana.

### **6.3 Levantamento dos principais impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto**

A identificação dos impactos ambientais foi realizada a partir de observações da área de estudo, sendo relacionada às ações da disposição inadequada de efluentes. Entre os mais diversos impactos negativos ocasionados pelos efluentes de Igaracy, o mais grave está associado ao acúmulo de esgoto parado, podendo causar poluição e contaminação do solo e os

corpos d'água do entorno, e desta maneira gerar prejuízos à fauna e flora local, como também comprometer a saúde da comunidade local, consistindo em fonte contínua de transmissão de doenças.

Presença de esgoto a céu aberto no centro da cidade (Figura 11), que resulta em diversos impactos negativos à população e ao meio ambiente.

**Figura 11 – Esgoto a céu aberto no centro da cidade**



Fonte: Fotografia da autora.

A Tabela 1 apresenta alguns dos impactos ambientais resultantes da má disposição de efluentes do município de Igaracy, os quais causam danos tanto ao meio físico como ao meio biótico e antrópico.

**Tabela 1 – Impactos ambientais causados pela disposição inadequada de efluentes**

<b>Meio</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Físico	Alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas
	Alteração da qualidade do solo
	Alteração da paisagem
Biótico	Redução ou desaparecimento de espécies vegetais da área
	Alteração na dinâmica dos ecossistemas locais
	Aumento da morbidade e mortalidade de animais
Antrópico	Alteração nas condições de saúde
	Aumento do desconforto visual
	Diminuição da qualidade de vida

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 6.4 Dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto

O sistema de tratamento de efluentes dimensionado para a zona urbana do município de Igaracy–PB é composto de grades e caixa de areia para o tratamento preliminar, calha Parshall para a medição da vazão, seguido pelas lagoas de estabilização anaeróbia e facultativa, respectivamente, compondo o sistema denominado australiano. Um dos principais critérios a serem observados na aplicação deste sistema é a natureza do esgoto, a qual influencia diretamente no funcionamento do processo de tratamento. De acordo com as informações da prefeitura municipal, a maior parte do esgoto gerado na cidade é de origem doméstica.

Todo o dimensionamento foi elaborado seguindo o disposto na ABNT NBR 12209/2011 e dados da literatura. Devido o presente estudo referir-se a uma proposição, o custo total de implantação e operação do projeto não foi estabelecido. Com base nos dados populacionais divulgados pelo IBGE, estimou-se a população futura do município através do método aritmético de projeção populacional, e partindo desta, foram estabelecidas as vazões.

A Tabela 2 apresenta os valores calculados em termos de população a ser atendida pelo sistema, vazão média total e vazão instantânea.

**Tabela 2 –Parâmetros iniciais de projeto**

<b>Dados de Projeto</b>	<b>Resultados</b>
População total	5750
Vazão média total	747.500 l/hab.dia
Vazão instantânea	1.345.500 l/hab.dia

**Fonte: Elaborado pela autora.**

O gradeamento, presente no tratamento preliminar, é composto por grades finas e grossas, responsáveis por barrar a passagem de sólidos grosseiros, com o objetivo de impedir danificações às estruturas do sistema. Para seu dimensionamento foi considerada uma vazão máxima de  $15,57 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ , referente à maior contribuição.

A Tabela 3 apresenta os dados obtidos com os cálculos para o gradeamento.

**Tabela 3 – Dados do dimensionamento do gradeamento.**

<b>Gradeamento grosso</b>	<b>Dimensões</b>
Largura do canal	0,20 m
Altura do canal	0,50 m
Comprimento do canal	2,50 m
Eficiência	84,03%

<b>Gradeamento fino</b>	<b>Dimensões</b>
Largura do canal	0,20 m
Altura do canal	0,50 m
Comprimento do canal	2,50 m
Eficiência	71,43%

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Após o gradeamento, emprega-se ao sistema um desarenador, o qual fará a retenção da areia e outros resíduos minerais inertes, presentes no efluente, de forma a evitar, assim como o gradeamento, irregularidades às demais etapas do tratamento. A caixa de areia dimensionada foi calculada de acordo a velocidade de sedimentação adotada, de 0,25 m/s, conforme os padrões estabelecidos pela NBR 12.209/2011.

Na Tabela 4 estão dispostos os resultados do dimensionamento da caixa de areia.

**Tabela 4 – Valores determinados para a caixa de areia.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
Largura	0,5 m
Altura	1,0 m
Comprimento mínimo	1,5 m
Velocidade máxima real	0,31 m/s
Profundidade da câmara de sedimentação	0,9 m

**Fonte: Elaborado pela autora.**

Após a passagem do efluente pelas unidades de gradeamento, desarenador e calha Parshall, o mesmo segue para as outras etapas de tratamento, compostas pela lagoa anaeróbia seguida da lagoa facultativa. O dimensionamento das lagoas foi elaborado através de algumas formulações propostas na literatura, como a utilização da temperatura média do ar do mês mais frio para a cidade, o que é considerado como um fator favorável para a região na adoção do sistema, devido o mesmo ser mais eficiente em climas quentes, facilitando o processo de reprodução microbiana e remoção de DBO. De acordo com os resultados obtidos, o sistema apresentou eficiência significativa na remoção de DBO para os tempos de detenção hidráulica estabelecidos.

Os resultados dos parâmetros calculados para as lagoas estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

**Tabela 5 - Valores calculados para a Lagoa Anaeróbia.**

<b>Parâmetros da Lagoa Anaeróbia</b>	<b>Resultados</b>
Largura	13,21 m
Comprimento	33,04 m
Profundidade	4,0 m
Volume	1745,87 m <sup>3</sup>
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	2,5 dias
Área	436,47 m <sup>2</sup>
DBO <sub>efluente</sub>	140 mg/L
Acúmulo anual do lodo	0,67 m/ano
Tempo de limpeza	2 anos

Fonte: Elaborado pela autora.

**Tabela 6 - Valores calculados para a Lagoa Facultativa**

<b>Parâmetros da Lagoa Facultativa</b>	<b>Resultados</b>
Largura	34,64 m
Comprimento	86,61 m
Profundidade	2 m
Área	3000 m <sup>2</sup>
Volume	6000 m <sup>3</sup>
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	8 dias
DBO total efluente	51,08 mg/L
Acúmulo anual do lodo	0,096 m/ano
Eficiência na remoção de DBO	63,51%
Área total requerida para o sistema	4459 m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pela autora.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da avaliação desenvolvida na área de estudo a respeito do esgotamento sanitário, verificou-se que o município de Igaracy - PB não dispõe de sistema de tratamento de efluentes. Desta forma, a disposição da maior parte do esgoto gerado é realizada de maneira inadequada, resultando em danos ao meio ambiente e à saúde pública. Com base nestas observações, percebeu-se a necessidade de propor uma alternativa de tratamento de efluentes para a cidade, de forma a atender os padrões estabelecidos pela legislação ambiental e garantir a preservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida.

O sistema proposto constituiu-se um tratamento preliminar e secundário através de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, denominado sistema australiano. Para a escolha deste método de tratamento, analisou-se as características do local a ser implantado, de modo a estabelecer o sistema mais viável, visto que, este método é bastante indicado para as condições apresentadas da região, devido ao clima quente propício e à disponibilidade de área. Mostrando-se também economicamente acessível, no que se refere ao custo de implantação do sistema e à simplicidade de operação, uma vez que o município detém de uma população pequena e menores recursos.

O dimensionamento do sistema Australiano de lagoas apresentou resultados satisfatórios ao local de implantação, principalmente quanto à eficiência na remoção de DBO, quando combinada ao curto tempo de detenção hidráulica. Com base nisso, conclui-se a viabilidade da aplicação do sistema de lagoas de estabilização para a localidade estudada, sendo o que melhor se adequou às características da área.

Como sugestão de continuidade ao estudo, recomenda-se a ampliação da pesquisa por meio da realização de campanhas de educação ambiental, e aplicação de questionários aos moradores da cidade e à comunidade estudantil, visando avaliar o conhecimento e a opinião dos mesmos a respeito da implantação do sistema de tratamento de efluentes. Vale salientar, ainda, que a implantação do sistema permitiria a criação de parcerias da prefeitura local com as instituições de ensino da região, atuando como instrumento de ensino, pesquisa e extensão na área de saneamento.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Anderson Ruan Gomes de. **Remoção de matéria orgânica e calibração de um modelo de remoção de amônia em uma série de lagoas de estabilização em escala real**. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

ARTHUR, J. P. Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. **World Bank Technical Paper No**, Washington, p. 120, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209/2011: Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários**. 2º edição. Rio de Janeiro, 2011.

AYACH, Lucy Ribeiro et al. **Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos**. Caderno de Geografia, v.22, n.37, p.47 – 64, 2012.

BENTO, Alessandra Pellizzaro. **Tratamento de esgoto doméstico em lagoas de estabilização consuportares para o desenvolvimento de perifiton - biofilme**. 2005. 197 f. Tese (Doutorado) -. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2005.

BRASIL. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n o 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 6 jan., 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância ambiental em saúde/Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de Janeiro 1986. Estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental. Brasília: **Congresso Nacional**, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 28 dez. 2017.

CERQUEIRA, Raul Sandoval. **Pós-tratamento de efluente de lagoa anaeróbia**. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.

COURA, Mônica de Amorim et al. **Estudo do desempenho de um sistema de lagoas de estabilização no tratamento de esgotos de bairros populares (Glória I, Glória II, Jardim América e Belo Monte) da cidade de Campina Grande**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

CURVELLO, Gisele de Oliveira; MARINS, Mariana Lima. **Proposta de implantação de Unidade de Tratamento de Efluente Sanitário para Geração de Água de Reuso no Prédio da Universidade Salvador**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão – X CNEG. Niterói, 2014.

DANTAS, Felipe Von Atzingen et al. **Uma análise da situação do saneamento no Brasil**. Revista FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão, v. 15, p. 272-284, 2012.

FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DA PARAÍBA – FAMUP. Disponível em: <<http://www.famup.com.br/paraiba/igaracy/>> Acesso em: 20 nov. 2017.

GIESTA, Josyane Pinto et al. **Efeitos da implantação de sistemas de esgotamento sanitário sobre doenças infecciosas e parasitárias em um bairro da cidade de Natal / RN**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ,p. 1-9, Campo Grande, 2005.

IBI ENGENHARIA CONSULTIVA S/S. **Relatório Parcial - Diagnóstico da Bacia do Rio Piranhas-Açu**. Fortaleza, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/igaracy/panorama>> Acesso em: 20 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=250260>> Acesso em: 20 nov 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil>>. Acesso em: 20 jan 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª Edição, Rio de Janeiro: ABES, 2011. 702 p.

KARASEK, Rogério Wolff. **Dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto: Estudo de caso para o município de Itaperuçu**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2011.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua et al. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LIMA, Cíntia, et al. **Diagnóstico do Esgotamento Sanitário da Cidade de Palmas-TO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) - Faculdade Católica do Tocantins, Palmas, 2012.

MACIEL, Ana Beatriz Câmara et al. **As condições do saneamento básico e sua repercussão na saúde pública no município de Dona Inês - PB.** Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Especialização em Educação Ambiental e Geografia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2014.

MADEIRA, Diego Guedes. **Implantação de sistema de esgoto do tipo unitário com posterior adequação ao sistema separador absoluto em Flores da Cunha – RS.** Monografia. Programa de graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, Natália dos Santos de. **Saneamento ambiental no estado do Amapá e a ocorrência de doenças.** 2013. 39 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

PIVELI, Roque Passos. **Tratamento de esgoto sanitário.** Apostila - Tratamento de Esgotos. São Paulo: EPUSP, 2007.

PREFEITURA DE IGARACY. 2018. Disponível em: <<http://www.igaracy.pb.gov.br/>> Acesso em: 14 jan. 2018.

RIOS, Endrik Nardotto. **Caracterização e comportamento de uma série de lagoas de polimento tratando esgotos sanitários.** 2007. 127 p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007.

RODRIGUES SEGUNDO, Sérgio Túlio Linhares. **Proposta de Sistema de Tratamento de Efluentes no Município de Lagoa – PB.** 2016. 61 fls. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, 2016.

SANTOS, Paulo Roberto dos. **Lagoas de estabilização: Solução para o tratamento de esgotos domiciliares.** 2007. 59f. Monografia – Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco, Itatiba – SP, 2007.

SILVA, Gladson Hoffmann da. **Sistema de alta eficiência para tratamento de esgoto residencial – estudo de caso na lagoa da conceição.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA FILHO, Pedro Alves da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização.** 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SILVA JÚNIOR, Arício Vieira; AMORIN, Fausto Rodrigues. **Proposta de implantação de um sistema de tratamento de esgoto na universidade de Rio Verde.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Rio Verde. Rio Verde – GO, 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnósticos de Água e Esgotos: 2015.** Disponível em:<

<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

TEIXEIRA, Júlio César; GUILHERMINO, Renata Lopes. **Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde 2003 — IDB 2003**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.11, n.3, p. 277 – 281, 2006.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª. edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 243 p., 1996.

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

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de estabilização: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2ª edição, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias - Lagoas de estabilização**. 1º Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.