



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Lucas Reinaldo de Oliveira

**PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DO ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE JERICÓ - PB**

Pombal
2018

Lucas Reinaldo de Oliveira

**PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DO ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE JERICÓ - 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

O48p

Oliveira, Lucas Reinaldo de.

Proposta de intervenção para melhoria do esgotamento sanitário do município de Jericó-PB / Lucas Reinaldo de Oliveira. – Pombal, 2018.

61 f. : il. color.

Monografia (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. Saneamento Básico. 2. Esgoto – Tratamento – Sistema Australiano. 3. Esgoto Sanitário – Efluentes – Impactos Ambientais. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 628.2(043)

LUCAS REINALDO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DO ESGOTAMENTO
SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE JERICÓ - PB**

Aprovado em 25/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Prof^ª. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
Orientadora – UFCG/*Campus* de Pombal – PB

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

Prof^ª. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Examinador Interno – UFCG/*Campus* de Pombal - PB

ABR

Prof^ª. Msc. Alesca Barbosa Rodrigues
Examinadora Externa – E.M.E.F. “Nossa Senhora do Rosário”.

Pombal – PB

Julho 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre esteve comigo ao longo dessa caminhada. Que me concedeu forças para nunca desistir, por mais difícil que fosse os obstáculos.

À minha família que sempre me ajudou e esteve ao meu lado, sendo o maior combustível para que eu seguisse em frente. Sem esquecer de todos os esforços que fizeram e fazem para este sonho acontecer.

Agradeço ao meu amigo Rodrigo Santos Diniz, que hoje não está mais presente entre nós, mas que sempre esteve ao meu lado. Obrigado por ter feito parte da minha vida.

À minha prima e colega de curso Laiany, que além de compartilharmos das dificuldades acadêmicas, sempre me ajudou quando precisei, em especial nessa última etapa que chega ao fim, muito obrigado.

Ao meu grande amigo Suélliton, que não tenho nem palavras para descrever o que fez por mim, uma grande pessoa, que sempre tirou um pouco do seu tempo e me ajudou nas dificuldades que eu encontrei, seja em uma disciplina, ou apoiando nos momentos difíceis, nunca esquecerei o que fez por mim, levarei para sempre.

À todos os meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, seja nos bons momentos, como nos difíceis. Cada um tem um carinho especial no meu coração.

À minha orientadora, professora Dra. Rosinete Batista, por ter participado desta trajetória, por todo o tempo disponível, e me ajudado quando tive alguma dificuldade, sendo essencial para que este sonho se tornasse realidade.

Aos demais professores do curso de Engenharia Ambiental que colaboraram com a minha formação, especialmente a professora Dra. Virgínia Nogueira pelo apoio e meses de projeto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas do tratamento de efluentes e suas principais funções.....	18
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 - Localização do município de Jericó-PB	26
Figura 5 - Configuração do sistema adotado	27
Figura 6 - Funcionamento geral de uma lagoa facultativa	29
Figura 7 - Vista aérea do município de Jericó – PB	48
Figura 8 - Localização dos principais pontos de lançamento dos efluentes da cidade.....	50
Figura 9 - Locais de despejos da parte baixa e da parte alta da cidade	50
Figura 10 - Despejos em vias públicas	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo das Vazões.....	30
Tabela 2 - Cálculo do gradeamento grosso	33
Tabela 3 - Cálculo do gradeamento fino	35
Tabela 4 - Dimensionamento da caixa de areia.....	37
Tabela 5 - Dimensionamento da Calha Parshall.....	39
Tabela 6 - Dimensionamento da Lagoa Anaeróbia	41
Tabela 7 - Dimensionamento da Lagoa Facultativa	44
Tabela 8 - Impactos ambientais causados pela disposição inadequada de efluentes.....	52
Tabela 9 - Parâmetros iniciais de projeto	53
Tabela 10 - Dados do dimensionamento do gradeamento.....	53
Tabela 11 - Valores determinados para a caixa de areia.	54
Tabela 12 - Valores calculados para a Lagoa Anaeróbia.	55
Tabela 13 - Valores calculados para a Lagoa Facultativa	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Área
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ate – Área transversal de escoamento
Au – Área útil
C – Coeficiente de retorno da água
Carga (L) – Carga na alimentação
Cca – Comprimento da caixa de areia
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPC – Cota per capita
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
DBO_{efl} – Concentração de DBO efluente na lagoa anaeróbia
Dp – diâmetro de partículas
DQO – Demanda química de oxigênio
E% - Eficiência na remoção de DBO
Eb – Espaçamento entre as barras
Egg – Eficiência da grade grossa
Espe_b – Espessura de barras
ETE – Estação de Tratamento de esgoto
h – Altura da grade
Ib – Inclinação das barras
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K – Coeficiente de remoção de DBO
K₁ – Coeficiente do dia de maior consumo
K₂ – Coeficiente da hora de maior consumo
L – Largura do canal
Lágua – Lâmina d'água mínima na caixa de areia
Lgg – Largura do gradeamento grosso
Ls – Taxa de aplicação superficial
Lv – Taxa de aplicação volumétrica
NBR – Norma Brasileira
OMS – Organização Mundial da Saúde
P – População

PB – Paraíba

Pc – Perda de carga

PMSB – Plano municipal de saneamento básico

POPs – Poluentes orgânicos persistentes

PROSAB – Programa de pesquisas em saneamento básico

Ps – Profundidade da câmara de sedimentação

q – contribuição de esgoto

Q_i – Vazão instantânea

Q_m – Vazão média

Q_t – Vazão média total

S_0 – DBO efluente

S_f – DBO final

SNIS – Sistema Nacional de informações sobre o saneamento

SS – Concentração de sólidos suspensos

S_{tc} – Seção transversal do canal

T_{dh} – Tempo de detenção hidráulica

T_{sed} – Taxa de sedimentação

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente)

V – Cálculo do volume requerido

V_{dss} – Volume diário de sólidos sedimentáveis

V_{max} – Velocidade máxima

$V_{maxreal}$ – Velocidade máxima real de escoamento

V_s – Velocidade de sedimentação

WETLANDS – Lagoas com plantas macrófitas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. Visão Geral do Saneamento	16
3.2. Legislação	17
3.3. Esgoto Sanitário	18
3.4. Etapas do tratamento de esgotos	18
3.4.1. Tratamento preliminar	19
3.4.2. Tratamento primário	19
3.4.3. Tratamento secundário.....	19
3.4.4. Tratamento terciário.....	20
3.5. Sistemas Anaeróbios	20
3.5.1. Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB).....	20
3.5.2. Filtros anaeróbios.....	21
3.6. Histórico do Uso de Lagoas de Estabilização	21
3.6.1. Definição	22
3.6.2. Classificação	22
3.6.2.1. Lagoas Facultativas	22
3.6.2.2. Lagoas Anaeróbias - Lagoas Facultativas	23
3.6.2.3. Lagoas de Maturação.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1. Caracterização da Área de Estudo.....	26
4.2. Caracterização e análise do atual sistema de esgotamento sanitário da cidade de Jericó-PB.....	27

4.3.	Prováveis impactos ambientais gerados pelo lançamento de efluentes <i>in natura</i> ; 27	
4.4.	Proposta de sistema de tratamento para o município em questão:.....	27
4.4.1.	<i>Funcionamento do sistema australiano:</i>	28
5.	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
	PROPOSTO	30
5.1.	População total.....	30
5.2.	Unidades de tratamento preliminar	31
5.2.1.	<i>Gradeamento</i>	31
5.2.2.	<i>Caixa de areia</i>	35
5.2.3.	<i>Dimensionamento da calha Parshall</i>	39
5.2.4.	<i>Dimensionamento da lagoa anaeróbia</i>	39
5.2.5.	<i>Dimensionamento da lagoa facultativa</i>	42
6.	RESULTADOS	48
6.1.	Caracterização da área de estudo.....	48
6.2.	Atual sistema de tratamento de efluentes de Jericó-PB	49
6.4.	Dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto	52
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

OLIVEIRA, L. R.. **Intervenções para Melhoria do Esgotamento Sanitário de Jericó - PB.** 2018. 61 pgs. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2018.

RESUMO

Um dos grandes problemas encontrados nas cidades brasileiras, principalmente nas pequenas cidades, diz respeito a falta de saneamento básico adequado, e principalmente aos lançamentos inadequados de efluentes. No presente trabalho apresenta-se uma proposta de sistema de tratamento de esgoto para o município de Jericó – PB. A pesquisa foi desenvolvida com base em visitas aos locais onde ocorrem os despejos, registro fotográfico, e informações sobre a área de estudo fornecida pela prefeitura. A partir disto, foi realizada a caracterização da área de estudo, visando identificar como se encontrava o atual sistema de esgotamento sanitário da cidade. Em seguida foram identificados os impactos ambientais causados pelo lançamento inadequado, e por fim, propor um sistema adequado de tratamento de efluentes. Após o levantamento dos dados, foi possível observar a ineficiência do atual sistema da cidade, sendo indicado o dimensionamento de um sistema que apresente o melhor custo benefício. Então desenvolveu-se um sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa (Sistema Australiano). O mesmo foi desenvolvido com base na legislação, e levando em consideração as características do local. Ao final, o mesmo apresentou boas condições de tratamento para a área em estudo.

Palavras-chave: Efluentes. Impactos Ambientais. Sistema Australiano.

OLIVEIRA, L. R.. **Interventions to Improve Sanitary sewage in Jericó-PB**. 2018. 61 pgs. Graduation in Environmental Engineering - Federal University of Campina Grande, Pombal - PB. 2018.

ABSTRACT

The lack of sanitation services in small cities raises concerns about water pollution throughout Brazil. This paper presents a proposal for a sewage treatment system in the municipality of Jericó, Paraíba. We photographed the sewage disposal sites and gathered information about sanitation services in public agencies. The photos and public information allowed to characterize the current condition of sanitary sewage system. Environmental impacts caused by inadequate disposal were identified to propose an adequate effluent treatment system. The current sanitary service of Jericó is inefficient. We suggest the Australian system, including an anaerobic lagoon system followed by a facultative lagoon, as the best cost benefit to solve the sanitary issues in Jericó. Such a system has been suggested by Brazilian legislation and provided good treatment conditions for the study area.

Keywords: effluents. Environmental Impacts. Australian system.

1. INTRODUÇÃO

Com o considerável aumento populacional, diversos problemas vão surgindo a cada dia, os mesmos, podem afetar de forma direta a qualidade de vida. Um desses, que pode se destacar, principalmente em periferias, é a falta de esgotamento sanitário, fazendo com que os efluentes sejam despejados de forma imprópria no meio ambiente, ocasionando poluição e contaminação dos solos e rios.

As águas residuárias (esgotos), lançados nos corpos hídricos, podem ser de origem doméstica, industrial e pluvial (águas das chuvas que podem carrear resíduos presentes na superfície terrestre). E dependendo da fonte de emissão, podem apresentar níveis variados de poluição ou contaminação no meio em que é lançado. Devido ao acelerado processo de degradação ao longo dos anos, tem se intensificado à busca por soluções e aumentado os investimentos em estudos e desenvolvimento de tecnologias voltadas a tratamentos capazes de reduzir os impactos causado pelo lançamento inadequado do esgoto.

Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2012), 93,2% da população conta com água de boa qualidade nas suas residências, e 56,1% da população tem acesso aos serviços de coleta de esgoto; sendo que desse total apenas 38,6% recebe algum tipo de tratamento antes de ser lançado no corpo receptor, que na sua maioria são as coleções de águas naturais.

As deficiências nos sistemas de esgotamento sanitários, são uma realidade brasileira, pois por mais que se tenha um bom sistema de coleta, este torna-se inútil, devido ao fato de ser lançado *in natura*. Um dos principais problemas para a introdução do sistema de tratamento de esgoto, deve-se ao fato de apresentar altos custos de implantação, principalmente nas pequenas cidades do Brasil, que na maioria das vezes apresenta apenas a rede coletora de esgoto, trazendo elevados danos ambientais.

Outro problema enfrentado pela falta de sistema de esgotamento sanitário, além da contaminação dos cursos d'água, é o alto índice de doenças que acometem a população brasileira, sobretudo as regiões mais carentes, como as periferias das grandes cidades, e as zonas rurais (RECESA 2, 2008).

De acordo com informação do instituto Trata Brasil (2018), a ausência de serviços de água potável, coleta e tratamento de esgoto, favorece um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças graves, como diarreia, hepatite A, verminose, e outros, sendo a maior parte delas de veiculação hídrica.

Uma solução viável para amenizar os efeitos adversos resultantes do lançamento de esgotos *in natura* nos corpos hídricos, é a implementação do saneamento básico, que segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), pode ser definido como "o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental ou social", onde entende-se que controlar o lançamento de esgotos é uma das finalidades primordiais do saneamento.

Os sistemas de lagoas de estabilização vem se destacando entre os demais sistemas, principalmente na região Nordeste, tendo em vista o seu bom funcionamento em regiões que apresentam elevadas temperaturas, assim como, para países em desenvolvimento, por alguns aspectos: considerável disponibilidade de área em um grande número de localidades; clima propício (altas temperatura, assim como, insolação); operação simples; baixa quantidade de equipamento, ou nenhum; e baixos custos de implantação e operação, PROSAB (GONÇALVES, 2003).

Ainda, a respeito das lagoas de estabilização, Von Sperling (2005), enfatiza e descreve sobre a sua simplicidade de construção, fundamentando-se basicamente em movimento de terra (corte e aterro) e elaboração dos taludes. Sendo essa característica de grande importância a respeito dos sistemas simplificados, pois as mesmas buscam pequenos gastos com a implantação da estação de tratamento.

Num período de desenvolvimento constante onde a busca por atitudes ambientalmente corretas é cada vez maior, torna-se inadmissível que problemas decorrentes da falta de saneamento básico, ainda estejam presentes. Assim, cabe aos gestores analisar e buscar a melhor forma para desenvolver projetos que venham sanar os problemas. Com isso, este trabalho tem como objetivo analisar o sistema de esgotamento sanitário do município de Jericó-PB, buscando as melhores formas de solucionar os efeitos adversos, aliando uma proposta eficiente e de melhor custo benefício, levando em consideração os altos custos de implantação dos sistemas de tratamentos de esgotos.

2. OBJETIVOS

2.1.Geral

Diagnosticar as condições do esgotamento sanitário da cidade de Jericó-PB e apontar medidas para minimizar os problemas ambientais e sociais, associados a falta de sistema de esgotamento sanitário.

2.2.Específicos

- Caracterizar e avaliar o sistema de esgotamento sanitário do município de Jericó-PB
- Identificar os impactos ambientais gerados pelo lançamento de efluentes *in natura*
- Propor sistema de tratamento que melhor se adeque às condições financeiras e gerais do município.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Visão Geral do Saneamento

Os serviços de saneamento básico são fundamentais para a melhoria da saúde pública. A água em pouca quantidade ou qualidade imprópria para o consumo humano é um dos fatores propícios ao aparecimento de doenças. O mesmo pode acontecer quanto à falta ou baixa eficiência de serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013).

O Brasil apresenta carências nos serviços de saneamento, sobretudo, no âmbito municipal, o que afeta diretamente a população. O crescimento econômico brasileiro se dar por meio de um modelo gerador de concentração de renda e infraestrutura, eliminando expressivos segmentos sociais de um alto nível de qualidade ambiental, acarretando na ocorrência de doenças infecto-parasitárias em áreas onde se concentram-se as populações mais pobres, que sofrem com precárias condições sanitárias e ambientais. No país, verifica-se a simultaneidade de doenças infectocontagiosas e crônico-degenerativas (RIBEIRO, 2004).

Diante dessas deficiências no saneamento, faz-se necessário tomar medidas que venham a proteger o ambiente, promover a saúde pública e melhorar as condições sanitárias, com destaque para as áreas urbanas, onde se concentram predominantemente a população brasileira. Entendendo-se a necessidade de implementação do planejamento municipal do saneamento, que visa a melhoria dos serviços, visto que o planejamento urbano nem sempre engloba este setor em toda a sua complexidade (BERNARDES; SCÁRDUA; CAMPANA, 2006).

A elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico passou a ser uma exigência legal, motivada pelo atendimento ao disposto na Lei nº 11.445 de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o setor, nas quais a gestão dos serviços passa a ser obrigatoriamente direcionada pelo instrumento de planejamento que deve considerar um amplo horizonte de tempo (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013).

A Lei nº 11.445/2007 (que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico) fala a respeito do planejamento, a começar pela preparação dos planos de saneamento básico, sendo que os mesmos dependem de diversos outros fatores para que se possa ser efetuados corretamente (GALVÃO JÚNIOR; BASILIO SOBRINHO; SILVA, 2012).

A busca pelo planejamento tem alcançado novas perspectivas para os municípios, com a inclusão da possibilidade de ampliação de aspectos relevantes para a administração dos serviços, como os mecanismos de participação social. Os novos planos, que diferem dos

anteriores, tendem a ser instrumentos de planejamento interativo que podem contribuir para o desenvolvimento sustentável no município e região (LIMA NETO; SANTOS, 2012).

Apesar dos benefícios enumerados e da exigência legal, as experiências de elaboração de planos de saneamento são pouco numerosas, cabendo questionar quais dificuldades os municípios têm enfrentado e indicar iniciativas que contribuam para reduzir esses impasses. É importante também compreender a motivação e o papel dos planos de saneamento, investigando se eles tendem a ser elaborados apenas com vistas ao cumprimento da legislação ou por convicção dos reais benefícios que podem ser alcançados ao utilizá-los como ferramenta de gestão (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013).

Os planos de saneamento são de grande importância pois propiciam uma melhor gestão da localidade, serve também como ferramenta para ajudar na implantação de sistemas de tratamentos de esgotos. Esses sistemas existem em um bom número, dentre os quais podem se destacar as lagoas de estabilização (lagoas facultativas; lagoas anaeróbias seguidas de facultativas; lagoas de maturação) e sistemas anaeróbios (reatores anaeróbio de manta de lodo; filtro anaeróbio), entre outros.

3.2.Legislação

O órgão responsável por trabalhar na implementação da Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil é o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). É importante salientar que a Constituição Federal de 1988 e a Lei n°. 6938, de 31 de agosto de 1981, estabelece o controle de lançamento de poluentes no meio ambiente, reprovando os que são apontados como nocivos ou até mesmo perigosos para os seres humanos e outros seres vivos.

Para que se tenha um maior controle sobre as condições e lançamentos dos efluentes, foram criadas algumas resoluções que propõe medidas à serem tomadas quanto aos efluentes lançados. As mesmas deveriam ser seguidas em cada cidade, para se evitar o lançamento inadequado e a poluição dos corpos receptores.

Uma dessas resoluções criadas é a Resolução CONAMA n° 430/2011, que complementa e altera a Resolução n° 357/2005, a mesma estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes aos corpos receptores. No seu artigo 1° dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. No decorrer dos artigos ela indica que mesmo o efluente tratado, não poderá ser lançado no solo, pois não está de acordo com os parâmetros e padrões desta resolução.

O lançamento só deverá ser feito após o tratamento e desde que obedeça as condições, padrões e exigências dispostas na Resolução CONAMA n° 430/2011, seja de qualquer fonte poluidora. Esses efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com as metas obrigatórias do seu enquadramento.

3.3.Esgoto Sanitário

Quando não se dar a devida atenção aos esgotos, e principalmente uma destinação adequada, os mesmos causam diversos impactos, podendo-se destacar, a poluição do solo, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além de ser um importante foco causador de doença. Assim, esses dejetos provenientes de atividades humanas, devem receber tratamento adequado, assim como, uma adequada destinação (RECESA 2, 2008).

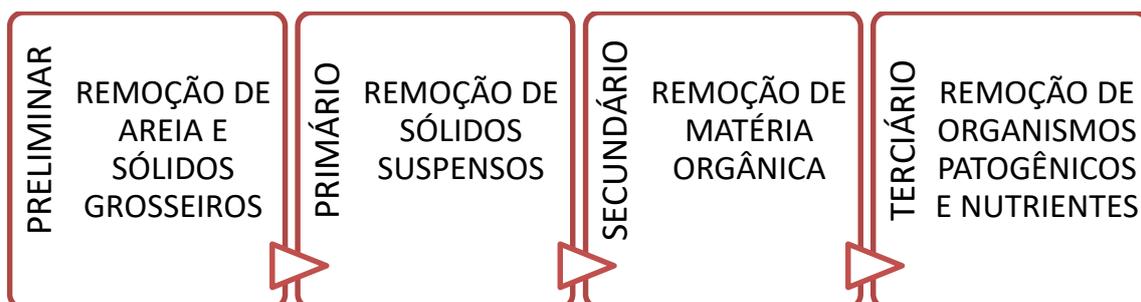
De acordo com Von Sperling (1996) os esgotos se notabilizam como uma maneira utilizada para caracterizar efluentes, sejam eles provenientes de fins domésticos, comerciais, industriais ou agrícolas.

Os mesmos são compostos por aproximadamente 99,9 % de água, sendo o restante 0,1 %, formado por sólidos orgânicos e inorgânico, podendo ser suspensos ou dissolvidos. Dessa forma se faz necessário tratá-los, sendo que o tipo de esgoto varia de acordo com o clima, situação social e econômica e hábitos da população (VON SPERLING, 1996).

3.4.Etapas do tratamento de esgotos

Após as etapas de coleta e transporte, os efluentes ao chegar às estações, passam por tratamento, que se divide nas seguintes etapas: preliminar, primário, secundário e terciário. Além da remoção da matéria orgânica e patógenos, também é realizado a remoção de sólidos grosseiros e sólidos suspensos. As etapas de tratamento de efluentes são apresentados na Figura 1.

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



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.1. Tratamento preliminar

O tratamento preliminar tem como principal função remover material grosseiro, como galhos de árvores e partículas que tem a capacidade de sedimentar, como a areia, evitando que os mesmos se acumulem nas tubulações das estações.

De acordo com Jordão e Volschan Jr. (2009), a importância da utilização do tratamento preliminar, antecedendo as demais unidades, principalmente a primária e a secundária, é devido a circulação de sólidos grosseiros e sólidos minerais pelo sistema. Sendo que, a quantidade de sólidos grosseiros depende do número de domicílios, assim como, a quantidade de sólidos minerais, depende da dimensão da rede coletora.

A remoção dos sólidos grosseiros é realizada por grades, que de acordo com a distância entre as barras, podem ser grossas, médias e finas. A sua limpeza se dar de duas formas: ou manual ou mecanizada. A retirada da areia presente nos esgotos é realizada por desarenadores (caixas de areia), sendo sua limpeza realizada por processos manuais ou mecanizados. O mecanismo utilizado nos desarenadores é o de sedimentação: na qual a areia, por apresentar uma maior densidade, assim como, maiores dimensões, se depositam no fundo do tanque. Outra unidade presente no tratamento preliminar é o de medição de vazão, realizado pela calha Parshall (RECESA 2, 2008).

3.4.2. Tratamento primário

Após a passagem pelas unidades de tratamento preliminar, onde houve a remoção de sólidos grosseiros e areia, o efluente segue para o tratamento primário, onde será feita a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis, além de óleos e graxas.

Na unidade primária, ocorre uma diminuição da DBO, devido a remoção de sólidos suspensos orgânicos por meio da sedimentação. Fazendo com que a eficiência na remoção da matéria orgânica varie entre 25 e 35%, enquanto que a de sólidos suspensos fique entre 60 e 70% (VON SPERLING, 2005).

É importante ressaltar que o tratamento primário envolve as atividades de decantação, flotação e digestão de sólidos. Sendo que nessa etapa de tratamento é onde está presente os decantadores primários, tanques de flotação e digestores primários de lodo, sistemas anaeróbios (lagoas, UASB), sistemas compactos (sedimentação e digestão, tanque imhoff), e secagem de lodo (VALE, 2006).

3.4.3. Tratamento secundário

Vários processos de tratamento secundário são planejados com o intuito de acelerar os procedimentos de degradação (autodepuração) sendo que os mesmos ocorrem de forma natural

nos corpos receptores. O tratamento secundário de esgotos domésticos consiste na introdução de uma etapa biológica, na qual a remoção da matéria orgânica se dar por meio de reações bioquímicas, sendo realizadas tanto por microrganismos aeróbios como anaeróbios (RECESA 2, 2008).

A NBR 12.209/2011 estabelece o tratamento secundário como sendo um conjunto de procedimentos que tem como principal objetivo a remoção da matéria orgânica, possuindo uma eficiência na remoção de sólidos suspensos totais e DBO na faixa de 80% e 90%.

As principais tecnologias utilizadas nesse tratamento são os processos de biomassa suspensa, como lodo ativado; e biomassa aderida, como os filtros aerado submerso, biofiltro aerado submerso, filtro biológico percolador, entre outros (OLIVEIRA, 2014).

3.4.4. Tratamento terciário

O tratamento terciário é utilizado em sequência ao tratamento secundário, e tem como principal finalidade a remoção de poluentes específicos, assim como, patógenos presentes nos efluentes e nutrientes. O mesmo também remove poluentes que ainda se fizerem presentes, e que deveriam ser removidos no tratamento secundário. Sendo a desinfecção realizada através de etapas de cloração, ozonização, e radiação ultravioleta.

3.5. Sistemas Anaeróbios

3.5.1. Reator anaeróbio de manta de lodo (UASB)

Os reatores UASB são utilizados principalmente na remoção de matéria orgânica carbonácea (DQO ou DBO, ou seja, carboidratos, proteínas, lipídios ou seus metabólitos) em suspensão ou dissolvida nas águas residuárias. Em seu interior, o fluxo hidráulico é ascendente, isto é, a vazão afluenta tem acesso ao sistema pela parte inferior e o efluente tratado tem saída pela parte superior do reator (SOUZA, 2010).

A utilização de reatores de manta de lodo para o tratamento de esgoto doméstico é uma prática cada vez mais utilizada e ampla. Os reatores UASB's propiciam um maior atendimento à população pelo serviço de tratamento de esgoto doméstico, especialmente em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos a exemplo de Brasil, Colômbia, Índia, países do oriente Médio e África (CHERNICHARO, 2007).

Algumas características torna os sistemas anaeróbios mais propícios, tais como o baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, alcançando cada vez mais destaque no Brasil, em especial os reatores de manta de lodo (UASB) (VIEIRA, 1988).

Os reatores UASB possuem simplicidade na sua operação, hidrodinâmica mais efetiva que os demais sistemas convencionais e um bom ajustamento às condições climáticas do Brasil, para variados efluentes líquidos (BELLI FILHO et al. 2001).

Este reator emprega um procedimento biológico de tratamento com biomassa dispersa, em que os compostos orgânicos são biodegradados e digeridos por intermédio de uma conversão anaeróbia, ocasionando na produção de biogás e na manutenção de um consórcio de microrganismos (RAMIRES et al. 2004).

Os reatores UASB reúnem duas características essenciais ao tratamento biológico, quais sejam: elevados tempos de retenção da biomassa e baixos tempos de detenção hidráulica (CHERNICHARO, 2007).

Tais propriedades são conseguidas graças ao fluxo hidráulico ascendente e a elementos internos que fazem uma separação eficiente das três fases existentes no interior do reator (sólida, líquida e gasosa). O elemento chave neste processo é o separador trifásico, o qual se localiza na parte mais superior do reator e o divide em duas zonas de separação, uma sólido/líquido (zona de decantação) e outra líquido/gás (interior do separador). O efluente final sai a partir de uma dada altura na zona de decantação e o gás gerado sai através da interface líquida/gasosa no interior do separador (SOUZA, 2010).

3.5.2. Filtros anaeróbios

O filtro anaeróbio apresenta na sua formação biofilme, na qual a matéria orgânica se desenvolve aderida a um meio suporte, sendo, as pedras os mais utilizados. Esses filtros possuem algumas particularidades, como destaca (VON SPERLING, 2005): o fluxo se dá no meio de maneira ascendente; as partes vazias são complementadas com líquido; o volume de DBO empregada é muito alta; e sendo a mesma uma unidade fechada.

3.6. Histórico do Uso de Lagoas de Estabilização

O uso das lagoas de estabilização iniciou-se nos Estados Unidos. Elas serviam para receber despejos de animais, de práticas domésticas de pequenas comunidades, e, inesperadamente, efetuavam os fenômenos típicos e particulares de depuração dos esgotos. Tais lagoas, de origem accidental, apareceram por volta de 1901, mais precisamente na cidade de San Antonio, Texas, com o objetivo de possibilitar o uso de efluentes na irrigação (KELLNER; PIRES, 1998).

Jordão e Pessoa (2005) declaram que, realmente, no início do século XX, haviam lagoas naturais ou artificiais, de origem accidental, que adquiriam despejos de animais e efetuavam

fenômeno de depuração de esgotos. Além da lagoa de San Antonio, outras lagoas de origem accidental são citadas, “Santa Rosa”, na Califórnia, e “Fesseden”, em Dakota do Norte, originadas respectivamente, em 1924 e 1928.

A primeira lagoa projetada especialmente para receber e depurar esgoto bruto no Brasil, foi arquitetada em São José do Campos, SP, planejada de acordo com o sistema chamado “australiano”, sendo uma anaeróbia prosseguida de uma facultativa, com o objetivo de estabelecer parâmetros de projetos para outras lagoas, crédito concedido aos engenheiros Benoit Almeida Victoretti e Carlos Philipowsky (SILVA FILHO, 2007).

3.6.1. Definição

Diversos autores da área estabeleceram as lagoas de estabilização como grandes tanques de pequena profundidade por dique de terra, designada a tratar águas residuárias brutas, por procedimentos tão somente naturais. Mas, essas lagoas podem ser definidas de uma forma mais completa, Silva Filho (2007), determinam essas lagoas como biorreatores de águas lânticas, relativamente rasas, construídas para acumular resíduos específicos, como o doméstico e industriais, e têm de resultar na estabilização da matéria orgânica através de processos biológicos. O tratamento biológico pode ocorrer em condições anaeróbias, facultativas ou aeróbias, conforme a disponibilidade de oxigênio dissolvido, da atividade biológica preponderante, da carga orgânica afluenta, das características físicas de cada unidade designada a tratar águas residuárias brutas ou efluentes pré-tratados, por processos naturais e artificiais.

3.6.2. Classificação

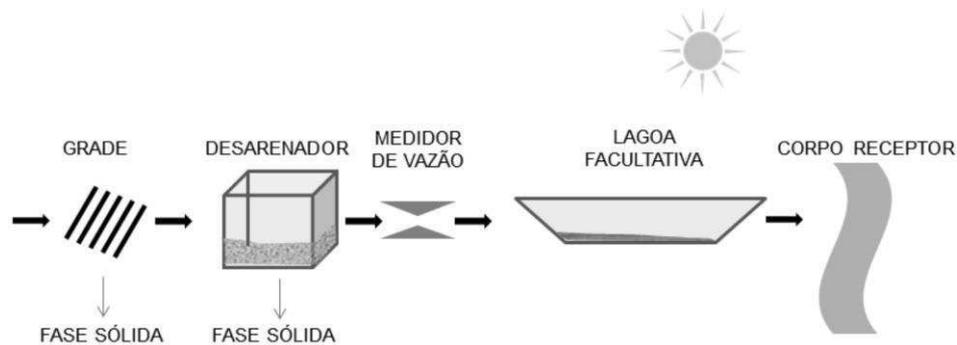
De acordo com Andrade Neto (1997) as lagoas de estabilização são classificadas de acordo com a atividade metabólica preponderante na decomposição da matéria orgânica, tais como: anaeróbias, facultativas e de maturação ou aeróbias. A profundidade, por seu turno, estabelece a fração da massa líquida com maior penetração de luz em consequência, maior taxa fotossintética. Como variáveis, segundo a intensificação do processo, têm-se as lagoas como plantas macrófitas (wetlands), aeradas, de polimento e outras.

3.6.2.1. Lagoas Facultativas

De acordo com Von Sperling (2005), de todos os sistemas de lagoas, as facultativas se caracterizam por serem as mais simples, pois dependem apenas de fenômenos naturais. O esgoto afluenta entra por uma extremidade e sai no extremo contrário de forma contínua. Ocorrendo uma série de acontecimentos essenciais para a limpeza dos esgotos, levando em torno de 20 dias para todo o processo ocorrer.

Parte da matéria orgânica que fica em suspensão começa a sedimentar, constituindo o lodo de fundo. O mesmo passa por processo de decomposição, realizada por microrganismos anaeróbios, que são transformados em gás carbônico, metano, e outros compostos. A parcela inerte permanece na camada de fundo, enquanto que a matéria orgânica dissolvida e parte da que está em suspensão continua espalhada no meio líquido, sendo a decomposição realizada por bactérias facultativas, alimentadas por matéria orgânica. Na respiração aeróbia, o oxigênio necessário é fornecido pela fotossíntese efetuada pelas algas. Havendo um excelente equilíbrio entre consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico (VON SPERLING, 2005). Na Figura 2 apresenta-se o esquema de um sistema de efluentes de lagoa facultativa.

Figura 2 - Esquema de um sistema de tratamento de efluentes por lagoa facultativa



Fonte: Von Sperling (2005).

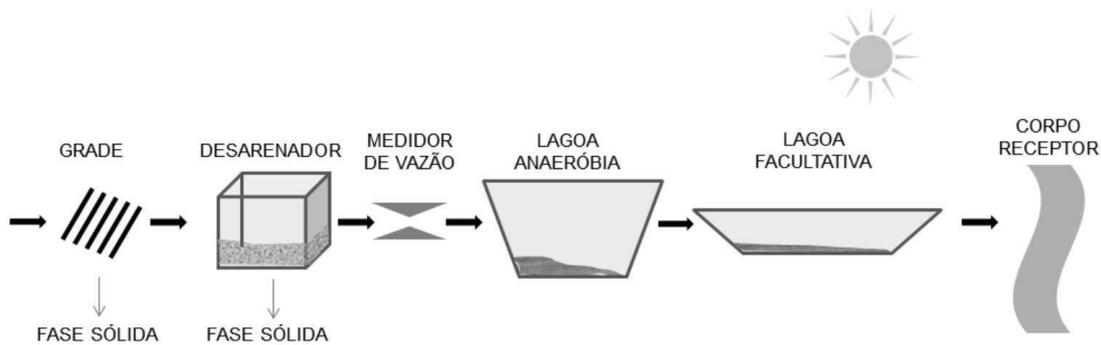
Devido a ser um processo natural, a estabilização da matéria orgânica ocorre de forma mais lenta, precisando de um alto período de detenção. Para que a fotossíntese ocorra de forma mais eficiente, é necessário uma grande área de exposição. Com isso a área requerida varia entre 2,0 a 4,0 m²/habitante. Um fator que as torna mais aceitas em países em desenvolvimento é o fato de possuírem uma maior simplicidade operacional (VON SPERLING, 2005).

3.6.2.2. Lagoas Anaeróbias - Lagoas Facultativas

As lagoas anaeróbias são em grande parte utilizadas em série com lagoas facultativas. Nestas, não há estabelecimento do total da população para que as mesmas possam ser utilizadas, sendo necessário apenas área e solo apropriados à sua introdução. Se esses requisitos forem atendidos, essas lagoas resultam no sistema mais econômico (R\$ 30,00 a R\$ 75,00) por habitante para implantação (VON SPERLING, 2005).

Von Sperling (2005) salienta que para as lagoas anaeróbias precedidas de lagoas facultativas (sistema australiano), a demanda de área é de 1,5 a 3,0 m²/habitante, que em comparação com as lagoas facultativas, a demanda é de 2,0 a 4,0 m²/habitante. Na Figura 3 está disposto a estrutura de um sistema australiano.

Figura 3 - Estrutura do sistema australiano de lagoas



Fonte: Von Sperling (2005).

3.6.2.3. Lagoas de Maturação

As lagoas de maturação tem como principal objetivo remover organismos patogênicos, e não somente remoção de DBO adicional. Podem ser utilizadas em sistemas tradicionais ou em qualquer sistema de tratamento de esgoto. Constituindo uma ótima alternativa econômica para a desinfecção, em relação aos demais métodos, como por exemplo a cloração (VON SPERLING, 2005).

Diversos fatores contribuem para a mortalidade dos agentes patogênicos: temperatura, insolação, pH, escassez de alimento, organismos predadores, competição, compostos tóxicos. Portanto a lagoa de maturação é dimensionada de forma a fazer uma utilização ótima destes mecanismos. Como exemplo, as lagoas de maturação, são usualmente projetadas com baixas profundidades (menos de um metro), de forma a maximizar a fotossíntese e os efeitos bactericidas da radiação UV (OLIVEIRA, 2014).

Essas lagoas se destacam por não apresentarem custos com energia ou de produtos químicos, assim como, são mais utilizadas em lagoas em séries. As mesmas apresentam como fator limitante a ausência de área desocupada, assim como, os altos custos na sua concepção, que só aumentam à medida que a vazão dos esgotos aumenta, PROSAB (GONÇALVES, 2003).

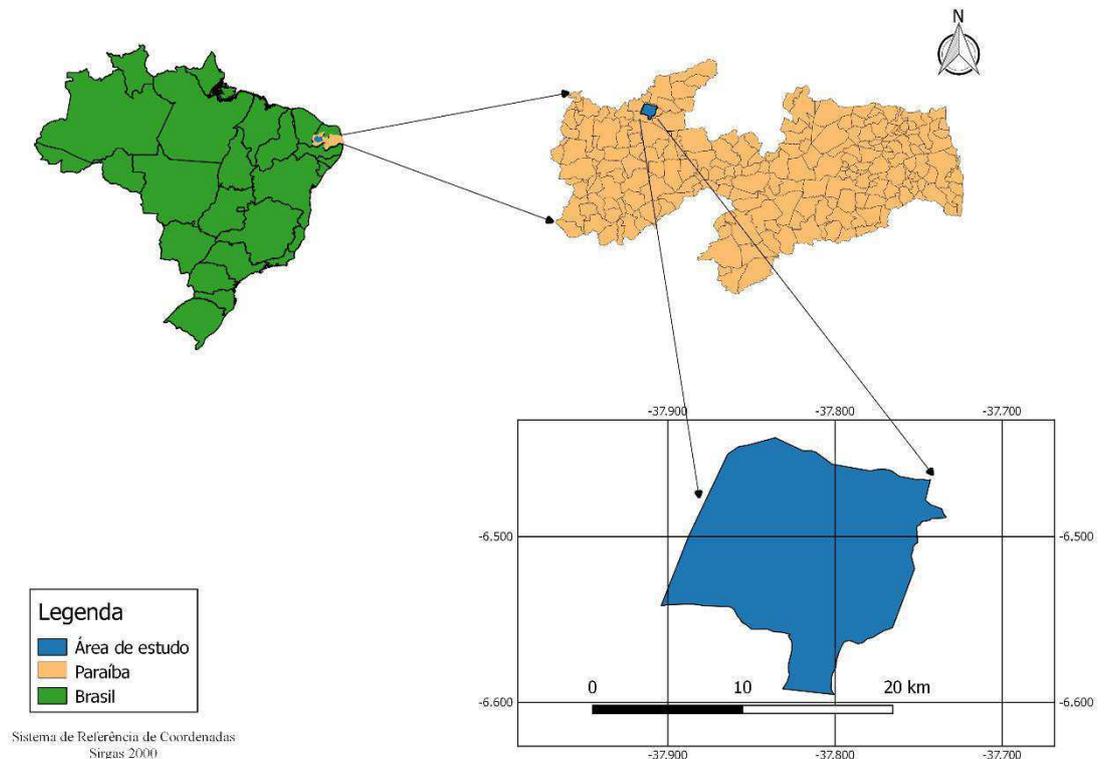
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende o município paraibano de Jericó-PB, com uma área territorial de 179,3 km, limita-se aos municípios de Lagoa, Riacho dos Cavalos, e Brejo dos Santos, está situado a 23 km a Sul-Oeste de Catolé do Rocha a maior cidade do entorno. Localiza-se a uma altitude de 227 m e com coordenadas geográficas de 6° 32' 34" de latitude Sul, e de longitude 37° 48' 20" Oeste (CIDADE BRASIL, 2016). Na Figura 4 está apresentado a localização do município de Jericó-PB.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Localização do município de Jericó-PB



De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2010 sua população era estimada em 7.538 habitantes. O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005. Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca (CIDADE DO MEU BRASIL, 2018)

4.2. Caracterização e análise do atual sistema de esgotamento sanitário da cidade de Jericó-PB

Para caracterizar o sistema de esgotamento sanitário da cidade, primeiramente buscou-se na prefeitura informações sobre o sistema e os principais pontos de lançamento, após isso, foram realizadas visitas aos locais informados. Chegando-se aos locais, foi possível observar e analisar como se encontrava o sistema de esgotamento sanitário.

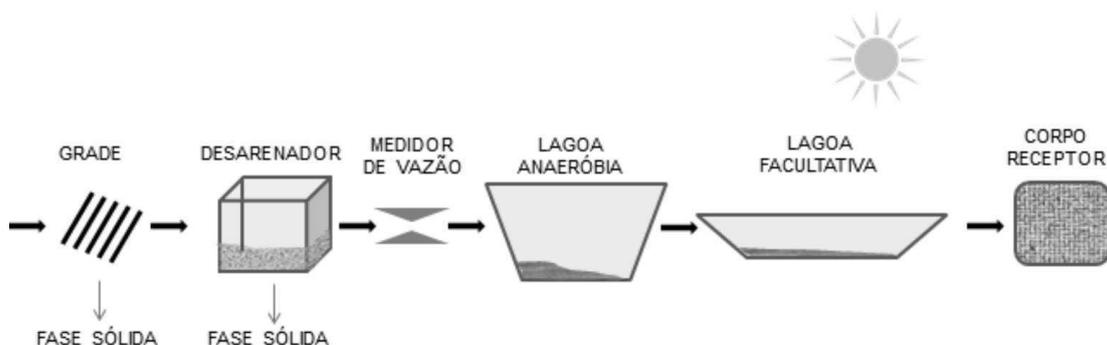
4.3. Prováveis impactos ambientais gerados pelo lançamento de efluentes *in natura*;

Com base na análise do atual sistema de esgotamento sanitário, foi possível identificar alguns impactos ambientais causados pelo lançamento de efluentes, os impactos podem ser locais ou regionais (atinge toda a população).

4.4. Proposta de sistema de tratamento para o município em questão:

A proposta de tratamento de efluentes escolhida, foi desenvolvida com base na literatura. O dimensionamento foi calculado através de dados obtidos no próprio município, utilizando-se de normas técnicas para uma melhor fundamentação dos resultados; uma das normas utilizadas para o dimensionamento foi a NBR 12.209/2011, além de outras normas técnicas utilizadas no dimensionamento, como a NBR 7229. A proposta sugerida foi um sistema formado por lagoas anaeróbias seguidas por facultativas, compreendendo no que se conhece por sistema “australiano”. O sistema em si, é composto por etapa preliminar (gradeamento, remoção de areia, e a utilização de uma calha Parshal), em seguida o efluente se encaminha para o tratamento secundário, composto de lagoas anaeróbias seguidas de facultativas (sistema australiano), sendo posteriormente o efluente lançado no corpo receptor, como apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Configuração do sistema adotado



Fonte: Von Sperling (2005).

Dentre as vantagens para escolha deste método está o baixo custo. Além disso, corroborando com Silva Filho (2007) um outro fator importante são as características da área, que apresenta altas temperaturas e insolação ao longo de todo ano.

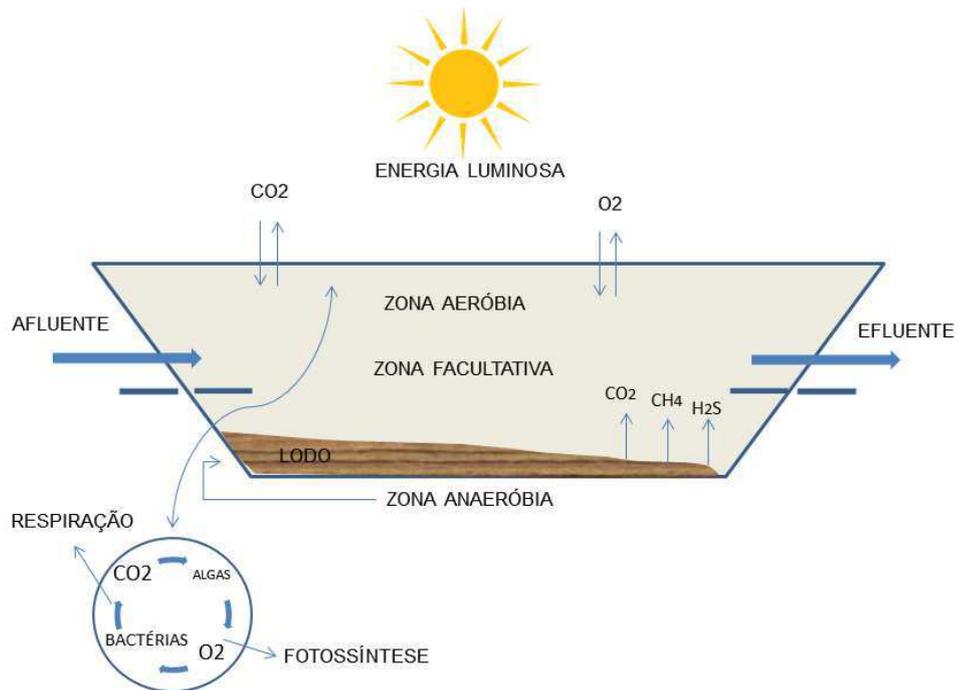
4.4.1. Funcionamento do sistema australiano:

O sistema australiano é composto de lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas, sendo que a adesão de lagoas de maturação em séries com essas outras duas vem crescendo cada vez mais. Na primeira lagoa, anaeróbia, a estabilização acontece em um ambiente onde é primordial a existência de condições exclusivamente anaeróbia (sem presença de oxigênio) (VON SPERLING, 2002).

A lagoa anaeróbia é mais profunda cerca de 3 a 5 m, ocupando uma pequena área em relação as facultativas e possuindo menor volume quando comparada aos outros tipos de lagoas. O tratamento se dar por meio de fenômenos de digestão ácida e fermentação metanogênica. Quando não há presença de oxigênio, bactérias acidogênicas, promovem a digestão ácida, sem que haja a remoção de DBO, os compostos orgânicos complexos são transformados em substâncias e compostos mais simples, essencialmente ácidos orgânicos. Posteriormente bactérias metanogênicas transformam os ácidos orgânicos produzidos na fase inicial em metano e dióxido de carbono, complementando a etapa chamada metanogênese, onde a DBO é removida. Esses processos podem ocorrer conjuntamente ou de forma sincronizada (JORDÃO E PESSÔA, 2014).

Após a saída da lagoa anaeróbia o efluente entra na lagoa facultativa, pois o mesmo ainda contém DBO efluente elevada que precisa ser removida, no entanto essa lagoa resulta em uma menor área em comparação a anaeróbia, devido ao pré-tratamento já realizado anteriormente. Esse sistema representa uma economia em torno de 1/3 de área ocupada por uma lagoa facultativa, quando construída para tratar sozinho os efluentes. A mesma deve ser construída longe dos centros, de preferência em áreas mais afastadas, devido ao desprendimento de mau odores provenientes das lagoas anaeróbias (VON SPERLING, 1996). O funcionamento da lagoa facultativa está demonstrado na Figura 6.

Figura 6 - Funcionamento geral de uma lagoa facultativa



Fonte: Von Sperling (1996) apud Gomes (2018).

5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO

Para o dimensionamento do sistema foram coletados dados do local em estudo, para ajudar nos cálculos, assim como, métodos e normas propostos na literatura.

5.1. População total

De acordo com o censo realizado pelo IBGE no ano de 2010, a população do município de Jericó – PB, contava com 7.538 habitantes (IBGE, 2017).

Antes da realização do dimensionamento foi feita uma projeção da população, visando atender populações futuras, o cálculo foi feito de acordo com a projeção aritmética para um horizonte de vinte anos, chegando a uma população de 7.782 habitantes. Posteriormente foram calculadas as vazões média e instantânea, as mesmas dispostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo das Vazões

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
<i>Vazão média</i> (Q _m)	$Q_m = P \cdot q \cdot C$	População (P)	7782 hab	1.011.660 L/dia
		Contribuição de esgoto per capita (q)	130l/hab.dia (NBR 7229)	
		Coeficiente de retorno da água ©	1 (NBR 9648)	
<i>Vazão instantânea</i> (Q _i)	$Q_i = Q_m \cdot K_1 \cdot K_2$	Vazão média (Q _m)	Cálculo anterior	21,07x10 ⁻³ m ³ /s
		Coeficiente do dia de maior consumo (K ₁)	1,2	
		Coeficiente da hora de maior consumo (K ₂)	1,5	

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2. Unidades de tratamento preliminar

Para o tratamento preliminar onde será feita a remoção de sólidos grosseiros, assim como, de areia, serão utilizadas grades seguidas de caixa de areia.

5.2.1. Gradeamento

O processo de gradeamento consiste na implantação de barras com espaçamento entre elas, assim como, angulação de acordo com o tipo, as mesmas podem ser classificadas como grossas, médias, finas e ultrafinas.

A limpeza nas grades deve ser realizada periodicamente, seja por processos manuais ou mecânicos. Em sistemas de pequeno e médio porte a limpeza pode ser feita manualmente. Com a posterior disposição dos resíduos grosseiros em locais adequado, pois os mesmos se não dispostos adequadamente podem ocasionar na geração de maus odores e atração de insetos (OLIVEIRA, 2014).

A seguir apresenta-se as variáveis que são consideradas para o dimensionamento das grades grossas:

Vazão máxima (Q_i): Pode ser entendida como a vazão total de esgoto que chega a ETE. De acordo com a NBR 12.209/2011, a vazão de dimensionamento das grades deve ser a vazão máxima afluente à unidade.

Velocidade máxima (V_{max}): De acordo com a NBR 12.209/2011 a velocidade máxima através da grade deve ser de 1,20 m/s.

Inclinação da barra (I_b): Segundo a NBR 12.209/2011 a inclinação das barras deve variar de 45° a 60° para grades com limpeza manual.

Espaçamento entre as barras (E_b): O espaçamento entre as barras tem como função reter os sólidos grosseiros, segundo a NBR 12.209/2011, para barras grossas o espaçamento deve ser de 40 a 100 mm.

Espessura da barra (EspeB): Segundo Jordão e Pessôa (2011) as barras devem ser produzidas com grande resistência, para aguentar os impactos e esforços que serão causados com o tempo devido aos procedimentos de operação e prováveis acúmulos de material, sendo que os mesmos poderão ser acentuados com grandes diferenças de desnível tanto a montante como a jusante.

Altura da grade (h): De acordo com a inclinação e o comprimento da grade é calculada a altura da grade.

Perda de carga (Pc): Segundo a NBR 12.209/2011, a perda de carga mínima a ser considerada no cálculo para estudo das condições de escoamento a montante, para grades de limpeza manual é de 0,15 m.

Eficiência da grade grossa (Egg): Determinada de acordo com a qualidade do esgoto à jusante, analisando a não obstrução das barras e o fluxo normal dos esgotos, apresentando a mínima perda de carga. A eficiência das grades grossas é função da espessura das barras e do espaçamento entre elas.

Área útil (Au): É a superfície de contato por onde o esgoto passa.

Seção transversal do canal (Stc): Será considerada altura da borda livre de 0,30 m de acordo com a NBR 12.209/2011, acima da altura da grade. A seção transversal é dada pelo quociente entre 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.

Na Tabela 2 estão dispostos os valores obtidos para o gradeamento grosso, assim como, as equações utilizadas.

Tabela 2 - Cálculo do gradeamento grosso

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Vazão máxima (Qi)	Igual a vazão instantânea	-		21,07 L/s
Velocidade máxima (Vmax)	NBR 12.209/2011	Adotado		1 m/s
Inclinação da barra (Ib)	NBR 12.209/2011	Adotado		60°
Espaçamento entre as barras (Eb)	NBR 12.209/2011	Adotado		60 mm
Espessura da barra (EspeB)	Jordão e Pessoa (2011)	Adotado		9,5 mm
Altura da grade (h)	-	-		0,50 m
Perda de carga (Pc)	NBR 12.209/2011	adotado		0,15 m
Eficiência da grade grossa (Egg)	$E = \frac{a}{a + t}$	Espaçamento entre as barras (a)	60 mm	86,36%
		Espessura de barras (t)	9,5 mm	
Área útil (Au)	$A_u = \frac{Q_i}{Vel_{max}}$	Vazão instantânea (Qi)	21,07 L/s	0,021 m ²
		Velocidade máxima (Vel _{max})	1 m/s	
Seção transversal do canal (Stc)	$Stc = \frac{A_u}{E}$	Adotado		0,10 m ²
Largura do gradeamento grosso (Lgg)	$Lgg = \frac{Stc}{h}$	Seção transversal do canal (Stc)	0,10 m ²	0,2 m
		Altura da grade (h)	0,50 m	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o dimensionamento das grades finas, serão demonstrados as seguintes considerações:

Espaçamento entre as barras (Eb): O espaçamento para grade fina segundo a NBR 12.209/2011 deve ser de 10 mm a 20 mm.

Espessura da barra (EspeB): De acordo com Jordão e Pessoa (2011), para barras finas o valor usual é de 8 mm de espessura.

Altura da grade (h): A altura da grade fina será igual a das grades grossas para facilitar a construção.

Perda de carga (Pc): De acordo com a NBR 12.209/2011, a perda de carga para limpeza manual mínima a ser considerada é de 0,15 m.

Eficiência da grade fina (Egf): Determinada de acordo com a qualidade do esgoto à jusante, analisando a não obstrução das barras e o fluxo normal dos esgotos, apresentando a mínima perda de carga.

Área útil (Au): Pode ser definida como a superfície em que o esgoto entra em contato.

Seção transversal do canal (Stc): É a área por onde o efluente do canal passa transversalmente.

Largura do gradeamento fino (Lgf): Calculada para atender a área transversal necessária.

De acordo com a NBR 12.209/2011, todos os dispositivos utilizados para a remoção de sólidos grosseiros, devem ser composta de materiais resistentes à corrosão e abrasão, tais como ligas de aço inox 304 ou superior e resinas plásticas. Na Tabela 3 estão dispostos os valores obtidos para o gradeamento fino, assim como, as equações utilizadas.

Tabela 3 - Cálculo do gradeamento fino

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Espaçamento entre as barras (Eb)	NBR 12.209/2011	Adotado		15 mm
Espessura da barra (EspeB)	Jordão e Pessôa (2011)	Adotado		8 mm
Altura da grade (h)	-	-		0,50 m
Perda de carga (Pc)	NBR 12.209/2011	Adotado		0,15 m
Eficiência da grade fina (Egf)	$E = \frac{a}{a + t}$	Espaçamento entre as barras (a)	15 mm	65,21%
		Espessura de barras (t)	8 mm	
Área útil (Au)	Semelhante a grade grossa	-		0,021 m ²
Seção transversal do canal (Stc)	Semelhante a grade grossa	-		0,10 m ²
Largura do gradeamento fino (Lgf)	$L_{gg} = \frac{Stc}{h}$	Seção transversal do canal (Stc)	0,10 m ²	0,2 m
		Altura da grade (h)	0,50 m	

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.2. Caixa de areia

A caixa de areia tem como função ajudar na remoção da mesma, por meio da sedimentação, o efluente passa em uma determinada velocidade que facilitará a sedimentação. Diminuído assim, riscos de obstrução no sistema.

Velocidade de sedimentação (V_s): De acordo com Jordão e Pessôa (2011), a velocidade de sedimentação depende da velocidade crítica, fazendo com que haja o arraste das partículas que se deseja deter.

Diâmetro da partícula (D_p): Segundo a NBR 12.209/2011, as partículas devem ter tamanho de 0,2 mm e densidade de 2,65 mm.

Comprimento da caixa de areia (C_{ca}): Além de adotar o valor de 0,5 m para a largura da caixa, adota-se o valor de 1,5 m para obedecer o parâmetro da taxa de aplicação superficial.

Área transversal de escoamento (A_{te}): De acordo com a NBR 12.209/2011, a velocidade de escoamento deve ficar na faixa de 0,20 m/s a 0,40 m/s. adotou-se o valor de 0,26 m/s.

Lamina d'água mínima na caixa de areia ($L_{água}$): No fundo e ao longo de todo o percurso do canal, haverá um espaço para acúmulo de material sedimentado com seção transversal mínima de 0,20 m de profundidade e 0,20 m de largura (NBR 12.209/2011).

Velocidade máxima real do escoamento ($V_{maxreal}$): De acordo com a NBR 12.209/2011, a velocidade máxima real de escoamento deve variar entre 0,25 m/s e 0,40 m/s.

Volume diário de sólidos sedimentáveis (V_{dss}): Adotando-se um valor de 0,00007 m³/m³ para a taxa de sedimentação, e um tempo de 86.400 s (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Profundidade da câmara de sedimentação (P_s): Segundo a NBR 12.209/2011, no fundo e ao longo do canal deve ser previsto espaço para a acumulação do material sedimentado, com profundidade mínima de 0,20 m. Na Tabela 4 estão dispostos os valores para o dimensionamento da caixa de areia.

Tabela 4 - Dimensionamento da caixa de areia

Continua

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Velocidade de sedimentação (Vs)	Jordão e Pessoa (2011)	Adotado		0,25 m/s
Diâmetro da partícula (Dp)	NBR 12.209/2011	Adotado		0,2 mm e 2,65 mm
Comprimento da caixa de areia (Cca)	$Cca = 1,5 \cdot \frac{Q_i}{l \cdot V_s}$	Vazão instantânea (Qi)	$21,07 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	0,252 m
		Largura adotada (L)	0,5 m	
		Velocidade de sedimentação (Vs)	0,25 m/s	
Área transversal de escoamento (At)	$At = \frac{Q_i}{V_e}$	Vazão instantânea (Qi)	$21,07 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$	0,081 m ²
		Velocidade de escoamento (Ve)	0,26 m/s	
Lâmina d'água mínima na caixa de areia (Hm)	$Hm = \frac{Ate}{L}$	Área transversal de escoamento (At)	0,081 m ²	0,32 m
		Largura do canal (L)	0,252 m	

Conclusão

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Velocidade máxima real de escoamento (V)	$V = \frac{Q_i}{L \cdot Hm}$	Vazão instantânea (Qi)	21,07x10 ⁻³ m ³ /s	0,26 m/s
		Largura do canal (L)	0,252 m	
		Lâmina d'água mínima na caixa de areia (Hm)	0,32 m	
Volume diário de sólidos sedimentáveis (Vdss)	$Vdss = Ts \cdot Qi \cdot Tsed$	Taxa de sedimentação (Ts)	86400 s	0,12 m ³
		Vazão instantânea (Qi)	21,07x10 ⁻³ m ³ /s	
		Tempo de sedimentação (Tsed)	0,00007 m ³ /m ³	
Profundidade da câmara de sedimentação (Ps)	$Ps = \frac{Vdss}{L \cdot La}$	Volume diário de sólidos sedimentáveis (Vdss)	0,12 m ³	0,95 m
		Largura do Canal (L)	0,252 m	
		Largura adotada (La)	0,5 m	

Fonte: Elaborado pelo autor.

DIMENSÕES DO CANAL

Largura = 0,5 m

Altura = 1 m

Comprimento = 2,5 m

5.2.3. Dimensionamento da calha Parshall

A calha Parshall possui um funcionamento no qual se fundamenta em uma combinação entre estreitamento e ressalto hidráulico, podendo estabelecer uma associação entre vazão de fluxo e a lamina d'água nessa seção (OLIVEIRA, 2014).

Segundo Jordão e Pessôa (2011), as calhas Parshall já possuem um tamanho padrão, tornando o cálculo do mesmo irrelevante, o mesmo sugere um tamanho para as calhas de 9".

Tabela 5 - Dimensionamento da Calha Parshall

Variáveis	Equações	Componentes da equação	Resultado
Vazão mínima	$Vazão\ mínima = 0,5xQm$	Vazão média (Qm)	5,85 L/s
Vazão média	$Vazão\ média = Qi/K1/K2$	Vazão instantânea (Qi)	11,7 L/s
Vazão máxima	Semelhante a vazão instantânea	-	21,07 L/s

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.4. Dimensionamento da lagoa anaeróbia

Para o dimensionamento da lagoa anaeróbia serão considerados os seguintes dados:

- Número de pessoas: 7.782 habitantes;
- Vazão afluente: 1.010,88 m³/dia;
- DBO afluente: 350 mg/l, para esgotos domésticos segundo Jordão e Pessôa (2011);
- Temperatura: 25 °C;
- Lv: 0,10 kgDBO5/dia;
- Eficiência de remoção de DBO: 60%, de acordo com Von Sperling (2005), lagoas anaeróbias possuem remoção variando entre 50% a 70%, sendo a mesma definida de acordo com a temperatura.

a. Verificação do tempo de detenção hidráulica (T_{dh}):

Recomenda-se 2 dias < T_{dh} < 5 dias de acordo com a temperatura, neste caso (25°C a 30°C). Lagoas com tempo de detenção menor que 3 dias pode causar a saída de bactérias metanogênicas junto com o efluente da lagoa (VON SPERLING, 2002)

b. Determinação da área requerida e dimensões:

Devido não necessitarem da ação fotossintética de algas e cianobactérias, as lagoas anaeróbias podem ser confeccionadas com profundidades maiores que a das outras lagoas, variando de 3 m a 5 m (ARAÚJO, 2007).

c. Aumento de lodo na lagoa anaeróbia:

A taxa de acúmulo de lodo, para lagoas anaeróbias é da ordem de 0,03 m³/hab.ano a 0,10 m³/hab.ano (VON SPERLING, 2002). Para os cálculos será adotada a taxa de acúmulo de 0,05 m³/hab.ano.

O período para realizar a limpeza da lagoa é quando a altura do lodo atingir 1/3 da altura útil das lagoas.

Tempo para limpeza = (H/3) / espessura

$$T = (4/3) / 0,44 \quad T = 3 \text{ anos}$$

Remoção do lodo deverá ser realizada a cada 3 anos.

Na Tabela 6 estão agrupados todos os parâmetros necessários para o dimensionamento da lagoa anaeróbia.

Tabela 6 - Dimensionamento da Lagoa Anaeróbia

Continua

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Carga de alimentação	$Carga(L) = DBO_{af} \cdot Q_{af}$	DBO afluente (DBO_{af})	350 mg/L	353,8 KgDBO/dia
		Vazão afluente (Q_{af})	1010,88 m ³ /dia	
Volume requerido	$V = \frac{L}{Lv}$	Carga (L)	353,8 KgDBO/dia	3538 m ³
		Taxa de aplicação volumétrica (L_v)	0,10 KgDBO ₅ /dia	
Tempo de detenção hidráulica	$Tdh = \frac{V}{Q}$	Volume requerido (V)	3538 m ³	3,5 dias
		Vazão afluente (Q_{af})	1010,88 m ³ /dia	
Área requerida	$\text{Área} = \frac{\text{volume}}{\text{profundidade}}$	Volume requerido (V)	3538 m ³	884,5 m ²
		Profundidade (H)	4 m (adotado)	
Dimensões	$A = L \cdot B$	Comprimento (L)	2,5xB	L = 47,04 m
		Área (A)	884,5 m ²	B = 18,80 m
Concentração de DBO efluente	$BO_{efl} = S_0 \times \left(\frac{1 - E}{100} \right)$	Eficiência (E)	60%	140 mg/L
		DBO afluente (S_0)	350 mg/L	

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Aumento de lodo	$Al = Tac \cdot Pop$	Taxa de acúmulo de lodo (Tac)	0,05 m ³ /hab.ano	389,1 m ³ /ano
		População (Pop)	7782 hab	
Espessura da camada de lodo em um ano	$E = \frac{\text{acumulação anual} \times \text{tempo}}{\text{área da lagoa}}$	Acumulação anual	389,1 m ³ /ano	0,44 m/ano
		Tempo	1 ano	
		Área da lagoa	884,5 m ²	

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.5. Dimensionamento da lagoa facultativa

Os dados dispostos abaixo foram adotados para a realização dos cálculos da lagoa facultativa:

- Número de habitantes: 7.782 hab
- Cota per capita (CPC): 130 L/hab.dia (NBR 7.229)
- Coeficiente de retorno: 80% (usual – NBR 7.229)
- DBO afluente: 140 mg/L (calculado na lagoa anaeróbia)
- L₀: 353,80 kg/dia
- Concentração de sólidos suspensos (SS): 50 mg/L
- Temperatura média do ar no mês mais frio é de 24,7 °C (CLIMATE, 2017), para facilitar os cálculos será utilizado T = 25°C

a. Adoção da taxa de aplicação superficial (L_s):

De acordo com Von Sperling 1986:

- Regiões com inverno quente e elevada insolação: L_s = 240 a 350 kgDBO/hab.d
- Regiões com inverno e insolação moderada: L_s = 120 a 240 kgDBO/hab.d
- Regiões com inverno frio e baixa insolação: L_s = 100 a 180 kgDBO/hab.d

b. Profundidade da lagoa (H):

Essas lagoas são confeccionadas com profundidades que variam entre 1,5 m e 3 m (VON SPERLING, 1996).

c. Adotar valor para coeficiente de remoção de DBO (K) cinética:

- Lagoa primária (recebendo efluente bruto) $K_{20^{\circ}\text{C}} = 0,30$ a $0,40 \text{ d}^{-1}$
- Lagoa secundária (recebendo efluente de lagoa ou reator) $K_{20^{\circ}\text{C}} = 0,25$ a $0,32 \text{ d}^{-1}$

Para esse sistema será utilizado $K_{20^{\circ}\text{C}} = 0,30 \text{ d}^{-1}$

Kt real correção da temperatura – $\theta = 1,05$ (arrhenius termodinâmica)

d. Estimativa da DBO particulada:

Fazer a utilização da concentração de sólidos suspensos (SS): 50 mg/L

Segundo a literatura 1 mg/L de SS = 0,30 mg/L DBO particulada

e. Dimensões das lagoas:

Para lagoas facultativas relação comprimento/largura $\left(\frac{L}{B}\right) = 2$ a 4 m (VON SPERLING, 2002).

Para o dimensionamento da lagoa facultativa será adotado uma relação comprimento/largura $\left(\frac{L}{B}\right) = 3$ m.

f. Área total requerida para todo o sistema:

Área total para lagoas facultativas é cerca de 25% a 35% maior que a área líquida calculada, assim adotou-se 30%.

g. Acumulação de lodo:

A taxa de acumulação de lodo em lagoas facultativas é da ordem de 0,03 a 0,08 $\text{m}^3/\text{hab.ano}$ (VON SPERLING, 2002).

Na Tabela 7 estão apresentadas, além das variáveis acima, outras essenciais para o dimensionamento da lagoa facultativa.

Tabela 7 - Dimensionamento da Lagoa Facultativa

Continua

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Vazão média total (Qt)	$Qt = CPC \cdot P$	Cota per capita (CPC)	130 L/hab.dia	1011,66 m ³ /dia
		População (P)	7782 habitantes	
Carga efluente	$L = (100 - E) \cdot \frac{L_0}{100}$	Eficiência (E)	60%	141,52 KgDBO/dia
		Carga de Alimentação inicial (L ₀)	353,8 Kg/dia	
Taxa de aplicação superficial (Ls)	Von Sperling (1986)	Adotado		350 KgDBO/hab.dia
Área para o líquido requerido (A)	$A = \frac{L}{Ls}$	Carga efluente (L)	141,52 KgDBO/dia	4000 m ²
		Taxa de aplicação superficial (Ls)	350 KgDBO/hab.dia	
Profundidade da Lagoa (H)	Von Sperling (1986)	Adotado		2 m
Volume líquido resultante (V)	$V = A \cdot H$	Área para o líquido requerido (A)	4000 m ²	8000 m ³
		Profundidade da Lagoa (H)	2 m	

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Tempo de detenção hidráulica (Tdh)	$Tdh = \frac{V}{Qt}$	Volume líquido resultante (V)	8000 m ³	8 dias
		Vazão média total (Qt)	1011,66 m ³ /dia	
Coeficiente de remoção da DBO (Kt)	$Kt = K_{20} \cdot \theta^{(t-20)}$	Coeficiente de remoção para 20°C (K ₂₀)	0,30 d ⁻¹	0,38 d ⁻¹
		Correção da temperatura (θ)	1,05	
		Temperatura média do ar no mês mais frio (t)	25°C	
DBO solúvel (Sf)	$S_f = \frac{S_0}{(1 + Kt \cdot Tdh)}$	DBO efluente (S ₀)	140 mg/L	34,65 mg/L
		Coeficiente de remoção da DBO (Kt)	0,38 d ⁻¹	
		Tempo de detenção hidráulica (Tdh)	8 dias	

Continuação

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
DBO particulada (Sp)	adotado	-		15 mg/L
DBO total efluente (Sfe)	DBO total = Sf+ Sp	DBO solúvel (Sf)	34,65 mg/L	49,65 mg/L
		DBO particulada (Sp)	15 mg/L	
Eficiência na remoção de DBO (E)	$E = (S_0 - S_f) \cdot \frac{100}{S_0}$	DBO efluente (S ₀)	140 mg/L	64,53%
		DBO total efluente (Sf)	49,65 mg/L	
Dimensões da lagoa	$A = L \cdot B$	$\left(\frac{L}{B}\right) = 3 \text{ m}$		L=109,55 m B=36,51 m
Área líquida total (Alt)	Alt = Aa + Af	Área da lagoa anaeróbia (Aa)	884,5 m ²	4884,5 m ²
		Área da lagoa facultativa (Af)	4000 m ²	
Área total (At)	At = 1,3 . Alt	-		6349,85 m ²
Área per capita (Apc)	Apc=At/P	População (P)	7782 habitantes	0,81 m ² /hab
Acumulação de lodo (Aa)	Aa=Tal.P	Taxa de acumulação de lodo (Tal)	0,05 m ³ /hab.ano	389,1 m ³ /ano
		População (P)	7782 habitantes	

Conclusão

Variáveis	Equações	Componentes da equação		Resultado
Espessura (Es)	$Es = Aa \cdot \frac{1ano}{Af}$	Acumulação de lodo (Aa)	389,1 m ³ /ano	0,097 m/ano
		Área da lagoa facultativa (Af)	4000 m ²	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa maneira as dimensões finais da lagoa facultativa são:

Comprimento (L): 109,55 m

Profundidade (H): 2 m

Largura (B): 36,51 m

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo é compreendida pela zona urbana do município de Jericó-PB (Figura 7). A mesma apresenta um relevo com altitude média de 250 metros, características iguais as demais áreas do sertão, planícies levemente onduladas, presença de tabuleiros de barro pedregoso, matagais muito fechado e com terras planas de solo aluvião as margens dos riachos (GALVÃO, 2006).

O município de Jericó-PB apresenta clima tropical semiárido, com temperaturas variando entre 22°C e 35°C. O período das chuvas varia entre os meses de janeiro a março, com precipitação média anual de 700 mm, podendo ocorrer chuvas ocasionais entre outubro e dezembro. Os pequenos índices de precipitação pluviométrica influencia as características áridas e tórridas da região, assim como, na formação da fauna e da flora. A vegetação dominante é a caatinga, formada por espécies xerófilas, rarefeitas e arbustivas de pequeno porte, destacando-se a jurema e o marmeleiro. A região apresenta abundância em bromélias e cactáceos, com destaque para o xiquexique e mandacarus (GALVÃO, 2006).

Figura 7 - Vista aérea do município de Jericó – PB



Fonte: Google Earth (2018).

Nessa região são encontradas algumas espécies de animais e aves, como o preá, mocó, teiú, camaleão, raposa, gato do mato, timbú, gambá, concriz, azulão, rouxinol, casaca de couro, periquito, seriema, juriti, entre tantos outros animais e aves que se encontram neste local (GALVÃO, 2006).

Este local engloba-se nos domínios das bacias hidrográficas do rio Piranhas, região do Médio Piranhas. Seus principais afluentes são os riachos: Seringa, do Frade, Olho d' Água, Açude Velho, Gerimum, Bonsucesso, do Gitio, Seco, São Bento e os córregos Muquila e Trincheira. E como principal ponto de acumulação destaca-se o Açude Carneiro (31.285.870 m³) e a Lagoa do Agreste. Com todos os cursos d água apresentando regime de escoamento intermitente (BELTRÃO et al. 2005).

A cidade apresenta como principais construções, um hospital (em reforma), sendo a área da saúde atendida por 6 unidades básicas de saúde, 6 escolas (três municipais, uma estadual, e duas privadas), uma creche, duas praças públicas, dois postos de combustíveis, uma unidade dos correios, e o único matadouro da cidade encontra-se desativado (PREFEITURA DE JERICÓ, 2018).

6.2. Atual sistema de tratamento de efluentes de Jericó-PB

Segundo o IBGE (2017) o município de Jericó-PB apresentou no ano de 2010 um percentual de 41,6 % de esgotamento sanitário (rede geral ou fossa séptica). O município em questão, apresenta uma coleta de esgoto em parte da cidade, onde a mesma foi construída clandestinamente. Os esgotos coletados tem dois destinos distintos. Na parte baixa da cidade, que compreende toda a parte central, ele é coletado e segue até um riacho (Cabaças), onde na maior parte do ano permanece seco, o mesmo localiza-se perto de algumas residências. E a outra parte que corresponde aos esgotos de algumas ruas da parte mais alta da cidade, são despejados em fossas sépticas, construídas para receber esses esgotos. Alguns pontos dessas fossas já se encontram danificadas, fazendo com que esses efluentes fiquem expostos, podendo ocasionar impactos a saúde e meio ambiente.

Na Figura 8 apresentam-se os locais de despejos de efluentes.

Figura 8 - Localização dos principais pontos de lançamento dos efluentes da cidade



Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

Na Figura 9, apresenta-se os locais de despejos da parte baixa (1) e da parte alta da cidade (2), proveniente da coleta clandestina:

Figura 9 - Locais de despejos da parte baixa e da parte alta da cidade



Parte Baixa



Parte Alta

Fonte: Fotos do autor.

A maior parte da cidade, onde não há a presença desta coleta (compreendendo os pontos 3, 4, 5), o despejo ocorre em vias públicas, com a presença de esgoto a céu aberto, ocasionando diversos impactos ambientais, principalmente para as pessoas que moram naquelas localidades. Sendo que em algumas dessas ruas, o acesso é complicado devido a esses despejos, além dos maus odores exalados por eles, e o eminente risco de vetores causadores de doenças. A Figura 10 mostra algumas dessas vias públicas onde ocorrem esses despejos:

Figura 10 - Despejos em vias públicas

Fonte: Fotos do autor

Outro ponto que vale destacar é que as galerias pluviais encontram-se com dois grandes problemas. O primeiro, é que esgotos são despejados dentro das mesmas, e segundo que as bocas de lobo utilizadas para escorrer a água das chuvas foram obstruídas pelos moradores, devido ao mal cheiro emanado dos esgotos que desaguam nelas, causando alagamentos no centro da cidade em dias de chuva.

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

Os impactos ambientais foram identificados com base em observações nos locais onde ocorrem os lançamentos. Os impactos que mais se destacam são a grande presença nos diversos pontos, de maus odores em vias urbanas, causando um grande desconforto para os moradores, e a grande acumulação de água parada, que pode ocasionar a proliferação de doenças para a comunidade, além de contaminação e poluição do solo.

A Tabela 8 apresenta alguns dos diversos impactos causados pelos lançamentos inadequados de efluentes no município de Jericó, os quais causam danos tanto ao meio físico como ao meio biótico e antrópico.

Tabela 8 - Impactos ambientais causados pela disposição inadequada de efluentes

Meio	Impacto Ambiental
Físico	Contaminação ou poluição do solo Mudança na paisagem Alteração da qualidade dos corpos hídricos
Biótico	Mortalidade ou morbidade dos animais Alteração do ecossistema aquático Redução ou desaparecimento de espécies vegetais da área
Antrópico	Desconforto causado pelos odores exalados Poluição visual Alteração das condições de saúde

Fonte: Elaborado pelo autor.

No meio físico, algumas das consequências causadas principalmente pela contaminação do solo, pode se destacar as mudanças na densidade e consistência do solo, saturação do solo, perda da capacidade de drenagem natural, impregnação de substâncias poluentes, além de várias outras consequências.

No meio antrópico, pode-se destacar o desconforto causado pelos odores exalados, no qual quando expostos por um determinado tempo, podem causar dores nos olhos, náuseas, dor de cabeça, falta de ar e um leve aumento dos batimentos cardíacos, isso dependendo da concentração ao qual o indivíduo fica exposto, podendo chegar a causar sinais de doença física e mental, perda de memória e apetite além de tornar as pessoas irritadas, entre várias outras consequências.

6.4. Dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto

O sistema de tratamento dimensionado para atender toda a população urbana do município de Jericó-PB, consiste de gradeamento: grades grossas e finas, e de caixa de areia, que correspondem à etapa de tratamento preliminar. Fez-se também a utilização de uma calha Parshall para realizar a medição da vazão do efluente. Em seguida, o efluente será encaminhado

para um sistema de lagoas de estabilização, formado por uma lagoa anaeróbia seguida por uma facultativa, sendo o mesmo mais conhecido como sistema australiano.

O mesmo foi desenvolvido com base em normas da ABNT NBR, principalmente da 12.209/2011, além de alguns dados retirados da literatura. Segundo um estudo elaborado por Cornelli et al. (2014), onde foi realizada uma revisão da literatura sobre métodos de tratamento de esgotos domésticos, analisando mais de 274 artigos, concluiu-se que as lagoas de estabilização juntamente com os biorreatores de membrana (MBR), levando em consideração critérios técnicos e de sustentabilidade, foram os que mais apresentaram vantagens nos itens analisados (técnico, econômico, social, ambiental). Mostrando que as lagoas de estabilização são uma das melhores escolhas, principalmente para a região Nordeste, em especial o sistema australiano, por ser o de menor custo entre todos os sistemas.

Na Tabela 9 estão os valores de vazões que foram calculados com base na população fornecida pelo IBGE e a realização do método aritmético.

Tabela 9 - Parâmetros iniciais de projeto

Dados de Projeto	Resultados
População total	7.782 hab
Vazão média total	1.011.660 L/dia
Vazão instantânea	1.820.988 L/dia

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gradeamento visa a remoção de materiais grosseiros, como galhos, sacolas, entre outros; que podem danificar todas as outras etapas do sistema, sendo composto de grades grossas e grades finas. Para o seu dimensionamento foi considerada uma vazão máxima de $21,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, referente a maior contribuição.

Na Tabela 10 estão dispostos os valores para as grades finas e grossas.

Tabela 10 - Dados do dimensionamento do gradeamento.

Continua

Gradeamento Grosso	Dimensões
Largura	0,2 m
Altura	0,5 m
Comprimento do canal	2,5 m
Eficiência	86,36%

Conclusão

Gradeamento Fino	Dimensões
Largura	0,2 m
Altura	0,5 m
Comprimento do canal	2,5 m
Eficiência	65,21%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a unidade gradeamento tem-se o desarenador, que tem como principal função remover os materiais suspensos, principalmente areia, que, assim como, na etapa de gradeamento se passar para as demais unidades do sistema poderão ocorrer irregularidades. A caixa de areia dimensionada foi calculada de acordo com a velocidade de sedimentação adotada, de 0,25 m/s, de acordo com a NBR 12.209/2011.

Na Tabela 11 apresentam-se os valores calculados para a caixa de areia.

Tabela 11 - Valores determinados para a caixa de areia.

Parâmetros	Resultados
Largura	0,5 m
Altura	1 m
Comprimento mínimo	1,5 m
Velocidade máxima real	0,26 m/s
Profundidade da câmara de sedimentação	0,95 m

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por último o efluente segue em direção as lagoas de estabilização, primeiramente a anaeróbia e em seguida a facultativa. As mesmas foram dimensionadas com bases em dados fornecidos pela literatura, como a temperatura do ar no mês mais frio, essencial para o dimensionamento da lagoa facultativa, assim como, outros dados indispensáveis. Fez-se também utilização de normas NBR, como cota per capita, para complementação dos resultados. É primordial que esse tipo de sistema seja implementado em regiões com clima quente, e maior incidência solar durante todo o ano, favorecendo o processo de reprodução microbiana e remoção de DBO.

Os resultados obtidos após os cálculos das lagoas estão apresentados nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 - Valores calculados para a Lagoa Anaeróbia.

Parâmetros da Lagoa Anaeróbia	Resultados
Largura	18,80 m
Comprimento	47,04 m
Profundidade	4 m
Volume	3538 m ³
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	3,5 dias
Área	884,5 m ²
DBO _{efluente}	140 mg/l
Acúmulo anual do lodo	0,44 m/ano
Tempo de limpeza	3 anos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 - Valores calculados para a Lagoa Facultativa

Parâmetros da Lagoa Facultativa	Resultados
Largura	36,51 m
Comprimento	109,55 m
Profundidade	2 m
Volume	8000 m ³
Área	4000 m ²
Tempo de detenção hidráulica (TDH)	8 dias
DBO total efluente	49,65 mg/l
Acúmulo anual do lodo	0,097 m/ano
Eficiência na remoção de DBO	64,53 %
Área total requerida para o sistema	6.349,85 m ²

Fonte: Elaborado pelo autor.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise da área de estudo, verificou-se que ela não dispõe de sistema de tratamento de efluentes, fazendo com que boa parte dos efluentes sejam conduzidos por uma rede coletora clandestina, e a maior parte seja despejada em vias públicas, o que vem a ocasionar danos à saúde e ao meio ambiente. Com isso, foi desenvolvida uma proposta de tratamento de esgoto, para solução do problema, o mesmo foi dimensionado com base na legislação ambiental, atendendo as exigências, visando fornecer uma melhoria na qualidade de vida da população, assim como, evitar que esses efluentes continuem sendo lançados de maneira inadequada, poluindo os corpos hídricos e o solo.

O sistema dimensionado é composto de tratamento preliminar; e tratamento secundário formado por lagoas de estabilização, sendo uma lagoa anaeróbia, seguida por uma facultativa. Fez-se a escolha desse tipo de sistema por ser o que apresenta o melhor custo benefício dentre os sistemas, quando se trata de efluentes domésticos, assim como, outras vantagens, dentre as quais se destacam locais com grande insolação, e temperaturas elevadas, propiciando uma maior eficiência dessas lagoas.

Com base nos cálculos e características do local de estudo, foi possível observar que o mesmo apresentou bons resultados, estando todos dentro dos padrões exigidos na legislação, desde o tempo de detenção hidráulica, assim como, a remoção de DBO nas duas lagoas, que ficaram dentro dos padrões estabelecidos inicialmente. Com isso, pode-se concluir que a proposta de tratamento torna-se viável para esta localidade, pois a mesma apresenta um baixo custo de construção e operação quando comparada com os outros tipos de tratamento. Além de atender a todos os requisitos estabelecidos por lei, e se encaixar dentro das características do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ARAÚJO, Rafaela Elaine da Costa Lima. **Estudo do desempenho de um sistema de lagoas de estabilização no tratamento de águas residuárias de bairros populares (Glória I, Glória II, Jardim América e Belo Monte) da cidade de Campina Grande, Paraíba.** 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2007.

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.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648/1986: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

BELLI FILHO, Paulo et al. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

BELTRÃO, Bueno Augusto. et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado da Paraíba. **Diagnóstico do município de Jericó.** Recife, 2005.

BERNARDES, Ricardo Silveira; SCÁRDUA, Martha Paiva; CAMPANA, Néstor Aldo (Coord.). **Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento.** Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília: Senado, 1988.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 31 ago 1981.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em:

< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

CIDADE DO MEU BRASIL – **Jericó**. 2018. Disponível em:< <https://cidadedomeubrasil.com.br/pb/jerico> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

CIDADE BRASIL – **Município de Jericó**. 2016. Disponível em: <<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-jerico.html>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios. **Departamento de engenharia sanitária e ambiental – DESA/UFMG**, Belo Horizonte, v. 5, 2ª edição, 380 p., 2007.

CLIMATE. Clima de Jericó. 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/312224/>>. Acesso em 20 de maio de 2018.

CORNELLI, Renata et al. **Métodos de Tratamento de Esgotos Domésticos: Uma Revisão Sistemática**. Revista de Estudos Ambientais, v. 16, n. 2, p. 20-36, 2014.

GALVÃO, Claudizon de Sousa. **Viajando pela história de Jericó**. Cajazeiras: Gráfica Editora Real, 2006.

GALVÃO JÚNIOR, Alceu de Castro; BASILIO SOBRINHO, Geraldo ; SILVA, Alexandre Caetano da. Painel de Indicadores para Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR,

Arlindo; GALVÃO JÚNIOR, Alceu De Castro. (Ed.). **Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole, 2012, p. 1040-1068.

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.

GONÇALVES, Ricardo Franci. (Coord). *Desinfecção de efluentes sanitários*. PROSAB. Vitória – ES, 422 p., 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/jerico> >. Acesso em: 15 de maio de 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Conheça algumas doenças causadas pela falta de saneamento básico**: 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/02/27/doencas-falta-de-saneamento-basico/>>. Acesso em 10 de maio de 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda . **Tratamentos de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

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

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; VOLSCHAN JUNIOR, Isaac. **Tratamento de esgotos em empreendimentos habitacionais**, Brasília, 130p.,2009.

KELLNER, Erick; PIRES, Eduardo Cleto. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.

LIMA NETO, Iran Eduardo; SANTOS, A.B.D. Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; GALVÃO JÚNIOR, Alceu De Castro. (Orgs.). **Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole, 2012, p. 57-79.

LISBOA, Severina Sarah; HELLER, Léo; SILVEIRA, Rogério Braga. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Eng Sanit Ambient**, v.18, n.4, p. 341-348, 2013.

OLIVEIRA, Cristiane Mayara Reis. **Aplicabilidade de sistemas simplificados para estações de tratamento de esgoto de cidades de pequeno porte. 2014. 88 p.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

PREFEITURA DE JERICÓ. 2018. Disponível em: <<http://www.jerico.pb.gov.br/>> Acesso em: 05 mai. 2018.

RAMIRES, Orlando Pereira et al. Influência da recirculação e da alcalinidade no desempenho de um reator UASB no tratamento de efluente de suinocultura. **Revista Brasileira de Agrocência**, v.10, n.1, p.103-110, 2004.

RECESA 2 – Rede Nacional de Extensão e Capacitação Tecnológica em Saneamento Ambiental. Esgotamento sanitário: Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: Guia do Profissional em Treinamento – nível 2. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 112p., 2008.

RIBEIRO, Helena. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**, v. 13, n. 1, p. 70-80, 2004.

SILVA FILHO, Pedro Alves da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização.** 2007. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2007.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos: 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2012>>. Acesso em: 07 de maio de 2018.

SOUZA, Cláudio Leite de. **Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB. 2010.** Tese (Doutorado em Saneamento) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2010.

VALE, Milton Bezerra do. **Avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica e microbiológica de três sistemas de lagoas de estabilização em série na Grande Natal-RN: Beira Rio, Jardim Lola I e Jardim Lola II.** 2006. 110 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

VIEIRA, Sabrina Mara de Macedo. Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience. *Adv. Wat. Poll. Control*, n 5, p. 185-196, 1988.

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.

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, v. 2, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.