



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

VINICIUS LIMEIRA DE OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS
URBANAS DESTINADAS A IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADAS EM MOSSORÓ**

Mossoró/RN
(2018)

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048a Oliveira, Vinicius.
 Aplicação de Geotecnologias para Seleção de
 Áreas Urbanas destinadas a implantação de Estações
 de Tratamento de Esgoto Descentralizadas em
 Mossoró / Vinicius Oliveira. - 2018.
 59 f. : il.

 Orientador: Paulo Cesar Moura da Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
 2018.

 1. Estações de Tratamento de Esgoto
 descentralizadas. 2. Geotecnologias. 3. Softwares
 Gratuitos. I. Moura da Silva, Paulo Cesar,
 orient. II. Título.

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

VINICIUS LIMEIRA DE OLIVEIRA

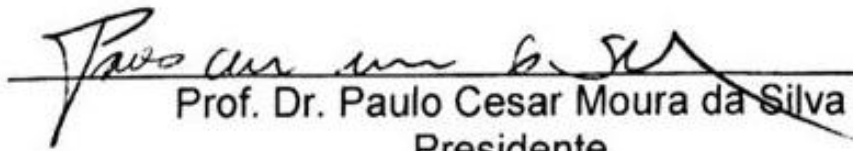
**APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS URBANAS
DESTINADAS A IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DESCENTRALIZADAS EM MOSSORÓ**

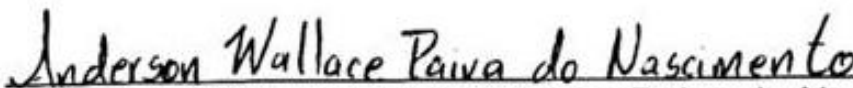
Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Centro de Engenharias para a
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

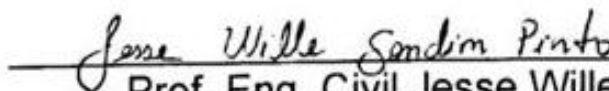
Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Moura Da
Silva.

Defendido em: 17 / Setembro / 2018

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Paulo Cesar Moura da Silva
Presidente


Prof. Eng. Civil Anderson Wallace Paiva do Nascimento
Membro


Prof. Eng. Civil Jesse Wille Gondim Pinto
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, José Fabricio de Oliveira e Maria José Limeira de Oliveira por todo o cuidado e empenho em minha formação profissional e pessoal.

Agradeço aos meus irmãos pela convivência, crescimento conjunto e pelo apoio mutuo e incondicional.

Agradeço a toda a minha família, em especial a minha tia Gracilene Maria Fabricio de Oliveira pelas motivações diárias.

Agradeço a Verônica Alice Pinzon por me fazer acreditar em meus objetivos através de seu companheirismo, sua motivação, paciência e amor.

Agradeço aos meus colegas de universidade pela paciência, companheirismo e crescimento através dos estudos em conjunto.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha formação profissional e ética através de seus ensinamentos, principalmente ao meu orientador Prof. Paulo Cesar Moura da Silva.

RESUMO

As utilizações de Geotecnologias obtidas de forma gratuita podem auxiliar na seleção de áreas urbanas adequadas a instalação de possíveis Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) descentralizadas, ou seja, com menor porte e atendimento limitado. Este tipo de tratamento pode evitar a necessidade de grandes sistemas de coleta, além de reduzir as cargas poluentes direcionadas a um único corpo receptor. Com isso, o seguinte trabalho teve como objetivo definir uma zona ideal realizando distanciamento de vias e zonas de drenagem, em seguida, com a utilização de softwares gratuitos, foram selecionadas manualmente vinte áreas de acordo com critérios pré-estabelecidos. As zonas foram representadas através de mapas temáticos, evidenciando suas respectivas informações a respeito da delimitação geográfica. Dentre as áreas escolhidas, destacam-se zonas periféricas em que a destinação do esgoto doméstico é inadequada.

Palavras-chave: Estações de Tratamento de Esgoto descentralizadas. Geotecnologias. *Softwares* Gratuitos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de tratamento de esgoto	9
Tabela 2 - Dados comparativos em relação aos tratamentos apresentados.....	21
Tabela 3 - Zonas selecionadas para possíveis instalações de ETE's descentralizadas	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tratamentos biológicos mais comuns	13
Quadro 2 - Descrição detalhada das informações do banco de dados	25
Quadro 3 - Critérios para avaliação de zonas escolhidas para instalação da ETE de menor porte	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de pessoas sem acesso a rede coletora de esgoto - 2008	7
Figura 2 - Produto Interno Bruto (PIB) per capita anual em R\$ (Reais)	8
Figura 3 - Dispositivos do tratamento preliminar	10
Figura 4 - Formatos dos decantadores	12
Figura 5 - Fluxograma de uma lagoa facultativa comum.....	14
Figura 6 - Fluxograma de um sistema de lagoa anaeróbia associada a lagoa facultativa comum.	15
Figura 7 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada comum.	15
Figura 8 - Fluxograma de uma lagoa aerada de mistura completa comum.	16
Figura 9 - Fluxograma de uma associação entre lagoa anaeróbia e lagoa facultativa seguida por lagoas de maturação em série.	17
Figura 10 - Esquema de funcionamento do reator UASB.	18
Figura 11 - Conceito HCES/SAD.....	20
Figura 12 - Mapa referencial da localização de Mossoró-RN.....	24
Figura 13 - Localização do Perímetro Urbanizavel de Mossoró - RN.....	29
Figura 14 - Camada de “buffer” das vias sobreposta a zona urbanizavel	30
Figura 15 – “Buffer” de zonas de drenagem no interior do perímetro urbanizavel	31
Figura 16 - Zonas de baixa elevação no interior do perímetro urbanizavel.....	32
Figura 17 - Áreas remanescentes após seleção	32
Figura 18 - Delimitação parcial da zona de estudo	33
Figura 19 - Delimitação da área 1	35
Figura 20 - Vista do terreno ao qual a área está contida.....	35
Figura 21 - Delimitação da área 2	36
Figura 22 - Vista real da área 2	36
Figura 23 - Delimitação da área 3	37
Figura 24 - Vista do terreno pela lateral	37
Figura 25 - Delimitação da área 4	38
Figura 26 - Vista do lote ao qual a zona 4 encontra-se inserida.....	38
Figura 27 - Delimitação da área 5	39
Figura 28 - Vista lateral do terreno ao qual a zona 5 pertence.....	39
Figura 29 - Delimitação da área 6	40
Figura 30 - Delimitação da área 7 / Localização da ETE próxima.....	41

Figura 31 - Vista do terreno em que a área 7 está contida	41
Figura 32 - Delimitação da área 8 / Proximidade dos cursos d'água	42
Figura 33 - Vista do terreno em que a área 8 está contida	42
Figura 34 - Delimitação da área 9	43
Figura 35 - Vista do terreno em que a área 9 está contida	43
Figura 36 - Delimitação da área 10	44
Figura 37 - Vista do terreno em que a área 10 está contida	44
Figura 38 - Delimitação da área 11	45
Figura 39 - Vista do terreno em que a área 11 está contida	45
Figura 40 - Delimitação da área 12 / Descarte de esgoto nas vias	46
Figura 41 - Vista do terreno em que a área 12 está contida	46
Figura 42 - Delimitação da área 13	47
Figura 43 - Vista do terreno em que a área 13 está contida	47
Figura 44 - Delimitação da área 14	48
Figura 45 - Vista do terreno em que a área 14 está contida	48
Figura 46 - Delimitação da área 15	49
Figura 47 - Vista do terreno em que a área 15 está contida	49
Figura 48 - Delimitação da área 16	50
Figura 49 - Vista do terreno em que a área 16 está contida	50
Figura 50 - Delimitação da zona 17.....	51
Figura 51 - Vista do terreno em que a área 17 está contida	51
Figura 52 - Delimitação da área 18	52
Figura 53 - Vista do terreno em que a área 18 está contida	52
Figura 54 - Delimitação da área 19	53
Figura 55 - Vista do terreno em que a área 19 está contida	53
Figura 56 - Delimitação da área 20	54
Figura 57 - Vista do terreno em que a área 20 está contida	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVOS	5
2.1	OBJETIVO GERAL	5
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3	REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1	A ESSÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO	6
3.2	PROCESSOS E DETALHES REFERENTES A ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	8
3.2.1	Tratamento Preliminar.....	10
3.2.2	Tratamento Primário.....	11
3.2.3	Tratamento Secundário.....	12
3.2.4	Tratamento Terciário	18
3.2.5	Combinações de sistemas de tratamentos eficientes.....	19
3.3	GEOPROCESSAMENTO	21
3.4	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	22
3.5	SENSORIAMENTO REMOTO	22
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	24
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2	MONTAGEM DO BANCO DE DADOS	25
4.3	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	ADEQUAÇÃO AS ÁREAS DE ESTUDO.....	29
5.2	DESCRIÇÕES DAS ÁREAS ESCOLHIDAS	35
5.3	COMENTÁRIOS GERAIS	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a presença do homem na natureza causa diversas alterações ao meio ambiente, principalmente em centros urbanos onde há uma quantidade elevada de processos decorrentes da sociedade. A água é uma das maiores preocupações em relação a estas alterações, já que apresenta importância vital. Almeida et al. (2017) relata que em conjunto a esse desenvolvimento, os órgãos ambientais aumentam suas exigências, impactando diretamente os serviços de saneamento, principalmente em relação ao tratamento de esgoto bruto, ao qual o tratamento deve ser realizado de forma eficiente.

A implementação de uma estação de tratamento de esgoto depende de diversos fatores, dentre eles, o fator econômico deve ser otimizado da melhor maneira possível mantendo assim uma boa eficiência do recurso utilizado. Com base nisso percebemos a importância da utilização de uma metodologia criteriosa para a escolha do melhor local destinado a construção deste conjunto de dispositivos.

De acordo com Rosa (2005) a utilização de geotecnologias, em destaque o sistema de informações geográficas, torna possível o mapeamento de diversos fatores considerados críticos em diversos serviços públicos, dentre eles o saneamento

A propagação das geotecnologias gratuitas auxiliam a evolução de diversas áreas de estudo. Informações como altitude, padrão de características do solo, presença de zonas de drenagem, cursos d'água, entre outros, aceleram a etapa de projeção e adaptação no ramo da engenharia em geral, sendo assim, uma poderosa ferramenta disponível.

A cidade de Mossoró, localizada no estado do Rio Grande do Norte apresentou um crescimento notável que segundo Salles, Grigio e Silva (2013) ocorreu devido a interação entre segmentos do setor econômico com a forte produção do setor petrolífero, salino e frutífero da região.

O aumento da população se dá principalmente pela expansão da zona periférica da cidade, onde é notório a problemática acerca do saneamento básico. Diversas residências construídas de forma irregular com base na legislação não apresentam certos requisitos ambientais. Além do desrespeito em relação ao

distanciamento de zonas de drenagem (derivações de rios, lagos e outros corpos d'água) há o completo descaso com a destinação do esgoto doméstico produzido.

Na cidade de Mossoró, este problema de saneamento é muito comum. Diversas áreas tem a presença de esgotos nas vias, que além de ocasionar possíveis problemas de saúde humana, gera um grande desconforto visual a população residente.

Massoud (2008) comenta que em zonas que a implantação de sistemas complexos de coleta se torna inviável, a adoção de ETE's (Estações de Tratamento de Esgoto) descentralizadas não é apenas uma solução de longo prazo para pequenas comunidades, mas a de melhor confiabilidade com relação custo/benefício mais efetiva.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Gerar informações através da aplicação de “*softwares*” de Sistemas de Informações Geográficas livres e gratuitos de possíveis zonas urbanas que atendam critérios para a implementação de uma ETE descentralizada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar mapas caracterizando as áreas avaliadas.

Definir critérios econômicos e específicos que atendam às necessidades da implementação de uma ETE descentralizada;

Apontar áreas com maior necessidade de instalação de uma ETE descentralizada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A ESSÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO.

A definição de saneamento é controlar fatores que influenciam ou possam vir a influenciar de forma depreciativa a qualidade de vida humana, sejam eles: físicos, mentais ou sociais (LOPES, 2004).

O saneamento básico segundo Cavinatto (1992) tem como uma de suas principais funções a de evitar a proliferação de doenças transportadas por partículas presentes em esgotos e no lixo. Profissionais atuantes nesta área tem como responsabilidade também, o fornecimento de água para o abastecimento para a população de boa qualidade.

A água é um bem essencial ao ser humano, e também a maioria dos seres vivos no nosso planeta, representando aproximadamente 70% de sua superfície, além de indispensável é o recipiente de praticamente toda poluição ambiental (LUZ, 2005).

O investimento em saneamento básico, além de ser uma forma inteligente e econômica para agentes governamentais cuidar da qualidade de vida da população, incentiva também o desenvolvimento da metodologia e do ramo da ciência responsável pela sua projeção.

Segundo o Manual de Saneamento (2007) os especialistas na área apontam que cada R\$1,00 investido em saneamento geram redução de R\$4,00 no tratamento médico de doenças relacionadas a falta ou incorreta prestação de serviços de saneamento. Mesmo com estatísticas de incríveis proporções econômicas, o serviço básico ainda é bastante precário. Lazzaretti (2012) conta que em todo o planeta, cerca de 2,4 bilhões de pessoas despejam esgotos produzidos a céu aberto (nenhum tipo de tratamento) e o motivo disso, é simplesmente a falta de um serviço adequado de coleta. Em relação ao Brasil o percentual de coleta ainda é inadequado, somando-se a isso a destinação em alguns casos é ineficaz.

Esgotos sanitários em geral são caracterizados por terem sua composição de 99,9% de água, sendo 0,01% sólidos restantes considerados os agentes poluidores tornando necessário o tratamento. Apesar de ser uma pequena parcela existem diversos tipos de sólidos contaminantes, dentre eles destacam-se os compostos

orgânicos e inorgânicos, não biodegradáveis, organismos patogênicos, metais e nutrientes (VON SPERLING, 2005).

O tratamento e disposição do lixo produzido também é uma importante vertente do saneamento básico, resíduos despojados de forma incorreta acarretam problemas que vão além da saúde, afetando totalmente a qualidade de vida de todos os seres que interagem com o meio. As regiões urbanas estão mais propensas a problemas relacionados com o lixo, segundo Mucelin e Bellini (2008) costumes e hábitos relacionados a rápida produção e consumo de industrializados por parte dos brasileiros acarreta em produção excessiva de compostos de difícil degradação natural, estes hábitos tornam extremamente difícil a correta gestão e cuidado deste problema. A pouca preocupação da população é um sério agravante do problema, muitas vezes o rápido cotidiano disfarça a percepção do problema, mesmo com a informação não há uma reflexão ideal do problema. Pequenas mudanças como a simples separação do conteúdo presente no lixo podem gerar grandes benefícios e auxílio ao processo de disposição e finalidade destes dejetos.

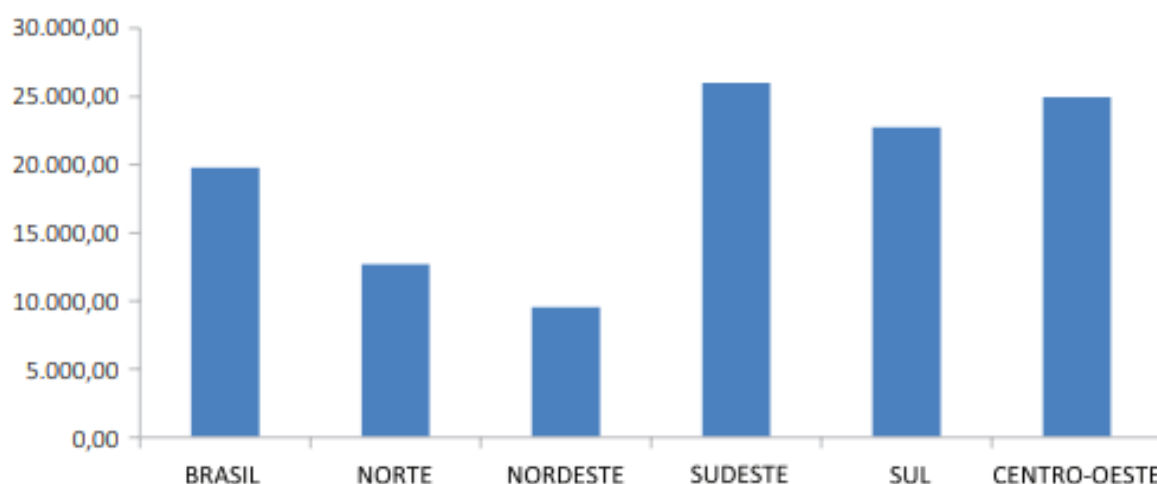
O principal passo rumo ao desenvolvimento brasileiro de saneamento foi a Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007). O Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (2008) forneceu dados relevantes a situação em que o Brasil se encontrava confirmando ainda mais a importância dessa medida.

Figura 1 - Número de pessoas sem acesso a rede coletora de esgoto - 2008



Fonte: IBGE 2008.

Figura 2 - Produto Interno Bruto (PIB) per capita anual em R\$ (Reais)



Fonte: IBGE 2010.

Na Figura 1 é possível notar a maior concentração de pessoas sem acesso a rede pública de esgoto na região Norte/Nordeste, se relacionarmos isso a Figura 2, é possível notar a relação entre desenvolvimento econômico e investimento em saneamento, confirmando a relevância entre serviços de saneamento e bem estar social, tendo em consideração que o desenvolvimento social está atrelado as condições econômicas da população. Adicionalmente, pode-se perceber o aumento nos últimos anos de políticas sociais cujo objetivo é uma melhor qualidade de vida as populações carentes e um desenvolvimento sustentável em geral, onde a preocupação com o saneamento e uma reeducação ambiental é imprescindível para se obter bons resultados.

3.2 PROCESSOS E DETALHES REFERENTES A ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A escolha do processo de tratamento de esgoto depende de diversos fatores, dos quais os mais evidentes são: área disponível para a realização da ETE, topografia do local destinado e da bacia de drenagem, volumes diários e suas respectivas variações, características do corpo receptor, disponibilidade e grau de

instrução da equipe responsável pelo funcionamento, custos operacionais e elétricos, características climáticas da região, capacidade para reaproveitamento e disposição dos resíduos provenientes do tratamento (CETESB, 1988).

Em relação ao processo de tratamento, Oliveira (2006) divide em 3 níveis referentes aos níveis de remoção da poluição ao qual se deseja atingir, o primeiro nível, formado apenas por mecanismos físicos tem como a principal função a proteção e garantia de bom funcionamento dos níveis subsequentes, iniciando também a remoção de matéria orgânica. O tratamento secundário baseia-se na decomposição da matéria orgânica utilizando agentes biológicos, podendo ou não remover nutrientes, esta etapa basicamente tem como função reproduzir a estabilização natural da matéria orgânica no corpo receptor. Já o tratamento terciário, o qual nem sempre é presente, além de complementar a remoção da matéria orgânica tem como principal função a remoção de nutrientes, poluentes específicos e a desinfecção.

Tabela 1 - Níveis de tratamento de esgoto

Tratamento em Níveis diferentes	Funções
Preliminar	Retirada de partículas grosseiras no interior do esgoto que possam vir causar problemas nas unidades operacionais e auxiliares
Primário	Remoção de porção de partículas sólidas suspensas e de matéria orgânica
Primário avançado	Processo aprimorado com a adição de agentes coagulantes
Secundário	Remoção da matéria orgânica biologicamente degradável estando suspensa ou dissolvida, sólidos suspensos também podem ser removidos
Secundário com remoção de nutrientes	Processo aprimorado com remoção dos nutrientes: fósforo e nitrogênio

Terciário	Remoção de sólidos suspensos presentes após o processo anterior, desinfecção e remoção de nutrientes
Avançado	Remoção de materiais solúveis remanescentes após o tratamento convencional, é realizado quando se faz necessário o reuso da água

Fonte: Adaptado de METCALF & EDDY (2003).

A Tabela 1 apresenta de forma mais detalhada os níveis de tratamento baseando na literatura de METCALF & EDDY (2003).

Uma estação de tratamento eficaz é formada por uma correta escolha dos subsistemas que lhe estão inseridas, respeitar o limite da capacidade é uma das garantias do controle dos efluentes, de acordo com a literatura de Von Sperling (2005), serão apresentados a seguir detalhes acerca dos níveis de tratamento e métodos utilizados.

3.2.1 Tratamento Preliminar

Os mecanismos físicos presentes nesse sistema garantem a durabilidade do funcionamento dos sistemas subsequentes, retirando areia e partículas grosseiras que possam vir a sofrer abrasão com a tubulação, obstrução de dispositivos hidráulicos e dificultar a movimentação do líquido. Na maioria dos casos em conjunto com esta unidade se encontra a calha *Parshall*, que é responsável por medir a vazão na ETE, representado na Figura 3.

Figura 3 - Dispositivos do tratamento preliminar



Fonte: SANTOS (2012).

3.2.1.1 Gradeamento

Este dispositivo se encontra na entrada do sistema, é formado por grades seguidas com espaçamentos graduados, sua função é a retenção de sólidos grosseiros, entende-se a grande importância deste processo, devido a próprio costume da população de utilizar o esgoto para o lançamento de diversos dejetos dentre eles o lixo doméstico.

3.2.1.2 Conjuntos de peneiras

Formado por uma série de peneiras estáticas ou rotáveis, tem como função reter partículas com granulometria superior a 0.25 milímetros.

3.2.1.3 Caixas de areia

As caixas de areia ou desarenadores utilizam o princípio da gravidade para sedimentar partículas mais pesadas que o líquido, concentrando-se ao fundo do reservatório ou tanque, a matéria orgânica, por apresentar menor peso geralmente ficam suspensas sendo retiradas em processos posteriores.

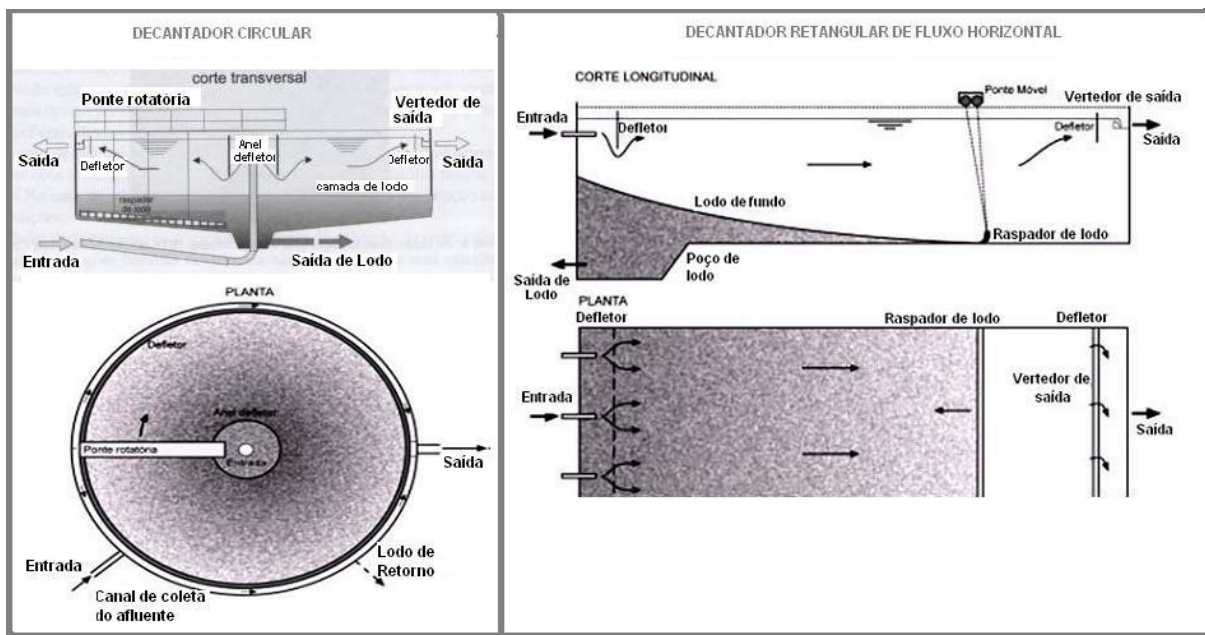
3.2.2 Tratamento Primário

Esta etapa, caracterizada como um processo físico destina-se a remoção de sólidos flutuantes sedimentáveis. O tanque para sedimentação remove parcialmente partículas em suspensão, que em parte são material orgânico, contribuindo na redução da DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), dando certo auxílio ao processo secundário que necessita mais tempo de funcionamento.

Os tanques para decantação podem ter seu formato circular ou retangular (Figuras 4). Devido a velocidade lenta controlada nesta etapa, os sólidos com densidade superior ao líquido se acumulam na região inferior do tanque dando

origem ao lodo primário bruto, e sua retirada é feita através de certos mecanismos presentes no tanque, este processo pode ser aprimorado com a adição de substâncias coagulantes tornando o tratamento avançado, porém isto causa o aumento na produção de lodo e a necessidade de tratamento e disposição do mesmo.

Figura 4 - Formatos dos decantadores



Fonte: Von Sperling (2005).

3.2.3 Tratamento Secundário

Este procedimento biológico que apresenta diversos métodos (Quadro 1) ou combinações dos mesmos é responsável pela depuração de matéria orgânica dissolvida e em suspensão restante, as condições e métodos utilizados tendem a acelerar o procedimento natural. Devido a proliferação de microrganismos o contato entre agente decompositor e material a ser decomposto cresce esporadicamente, essa interação natural converte o agente poluidor (neste caso matéria orgânica) em água, gás carbônico e material celular em condições aeróbias, já em condições anaeróbias há produção de gás metano.

Quadro 1 - Tratamentos biológicos mais comuns

Métodos de tratamento secundário	
1.	Lagoas de estabilização e derivações
2.	Processos de disposição sobre o solo
3.	Reatores anaeróbios
4.	Lodos ativados e derivações
5.	Reatores anaeróbios associados a biofilmes

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

Devido ao propósito do trabalho, abrangência do conteúdo e visando explicitar processos mais comuns no Brasil, serão abordados os itens 1 e 3 (Quadro 1).

3.2.3.1 Lagoas de estabilização e derivações

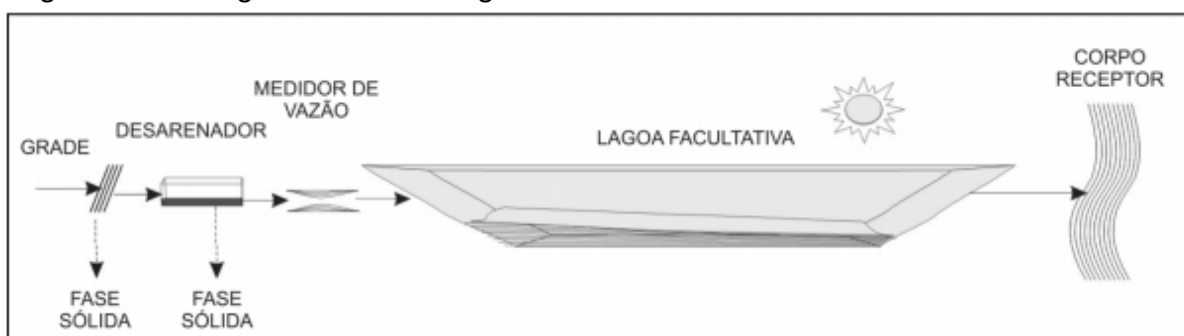
Dentre as lagoas de estabilização conhecidas, as mais comuns e abordadas neste trabalho:

- Lagoas Facultativas
- Associação Lagoas anaeróbias X Lagoas facultativas
- Lagoas Facultativas Aeradas
- Associação Lagoas aeradas de mistura completa X Lagoas de sedimentação
- Lagoas de alta taxa
- Lagoas de maturação
- Lagoas de polimento

Dentre os sistemas de lagoas de estabilização, as lagoas facultativas (Figura 5) são mais simplificadas, utilizando somente processos naturais. Seu funcionamento baseia-se na presença de bactérias facultativas, realizando decomposição aeróbica na superfície com as trocas de gases realizadas pelas algas presentes na lagoa e também decomposição anaeróbica em profundidades maiores onde os raios solares

não conseguem penetrar e criar condições favoráveis a decomposição aeróbica. Apesar de a decomposição aeróbica ter maior velocidade e menos desvantagem em relação ao mal cheiro causado pela decomposição anaeróbica, a sua restrição quanto a presença de oxigênio (que só é produzido durante a irradiação solar, o que torna o processo inviável em zonas de alta nebulosidade e baixa insolação) torna vantajoso a combinação entre os dois tipos de decomposição. Este tipo de lagoa apresenta profundidades compreendidas entre 1,5 a 2 metros (VON SPERLING, 2005). A utilização de processos praticamente naturais faz com que a matéria se decomponha em taxas mais lentas, em torno de 20 dias ou mais, somado a isso a necessidade de grandes áreas para uma boa captação da energia solar torna o sistema um pouco desvantajoso em relação aos demais, todavia apresenta certa simplicidade para sua operação.

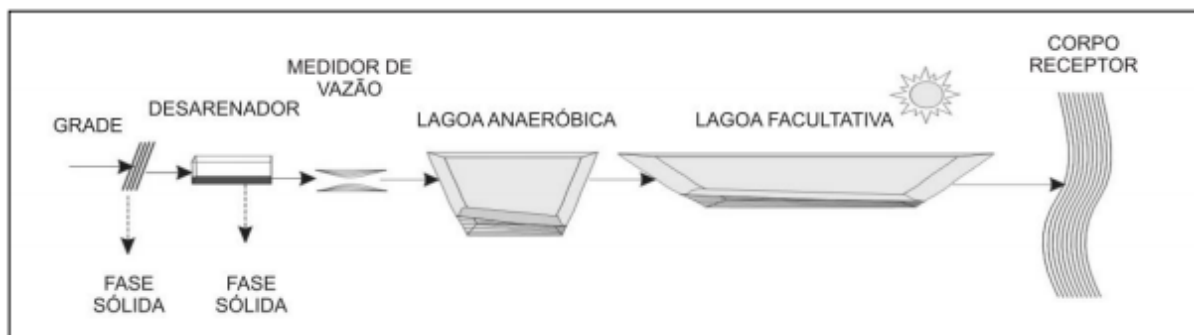
Figura 5 - Fluxograma de uma lagoa facultativa comum.



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

A associação de lagoas anaeróbicas com lagoas facultativas (Figura 6) surgiu como uma solução para reduzir a área utilizada pelo processo de lagoas primárias (quando o afluente recebido pela lagoa facultativa não passou por um tratamento primário), seu sistema consiste em escoar o afluente (esgoto bruto) em uma lagoa de menor dimensão e com maior profundidade, tornando difícil a penetração dos raios solares e consequentemente criar uma condição anaeróbia, o que pode ocasionar a formação de gases fétidos como o gás sulfídrico, sendo aconselhável sua utilização com certo afastamento de regiões residenciais. A utilização da lagoa anaeróbia alivia a DBO a ser depurada pela lagoa facultativa, fazendo com que as dimensões necessárias sejam reduzidas na ordem de 1/3. É considerada também uma lagoa secundária já que passa por um pré-processo não recebendo esgoto bruto (VON SPERLING, 2005).

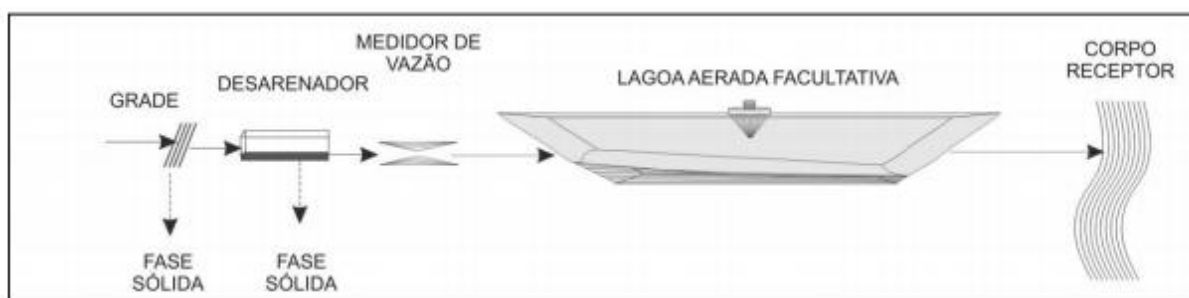
Figura 6 - Fluxograma de um sistema de lagoa anaeróbia associada a lagoa facultativa comum.



Fonte: Von Sperling (2005).

Outra forma de reduzir ainda mais as dimensões da ETE é a associação de aeradores as lagoas facultativas, a dissolução de oxigênio na água se dá pela turbulência causada através do rápido movimento proveniente dos aeradores mecânicos, este processo acelera o tempo de detenção do afluente na lagoa e consequentemente reduz o requisito de área. Em geral pode-se considerar a otimização do processo através do consumo de energia elétrica e implementação dos equipamentos.

Figura 7 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada comum.



Fonte: Von Sperling (2005).

Seguindo a tendência de otimização e redução da área utilizada, surgiu a ideia de criar uma turbulência suficiente para causar uma mistura completa na lagoa em que se encontra o equipamento, fornecendo além do oxigênio uma mistura com maior contato entre bactérias e matéria orgânica, reduzindo ainda mais o tempo de detenção neste ponto, porém um problema também surgiu, nos processos anteriores o lodo se depositava ao fundo dos reservatórios devido a gravidade, neste ponto a

baixa penetração solar causa uma decomposição anaeróbia destas partículas, no caso da mistura completa estas partículas se encontram dispersas e necessitam de uma etapa de decantação, neste ponto os sólidos depositados são removidos após alguns anos ou continuamente através de um sistema de bombas. O processo apesar de eficaz necessita de maior cuidado a respeito da retirada do lodo, que nem sempre é uma tarefa simples e pode apresentar custos relativamente elevados.

Figura 8 - Fluxograma de uma lagoa aerada de mistura completa comum.



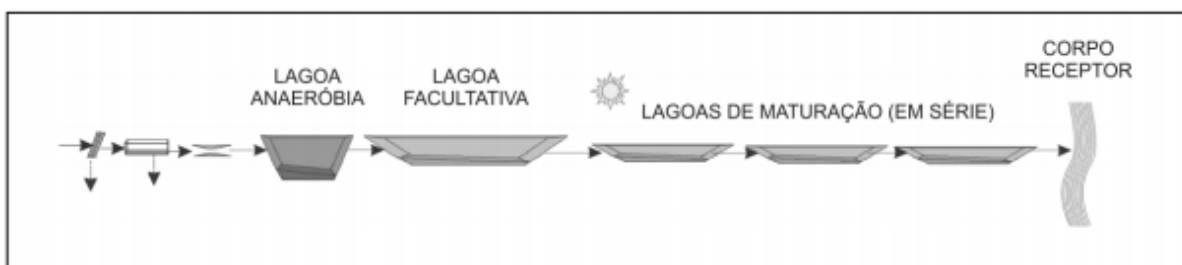
Fonte: Von Sperling (2005).

Buscando métodos eficientes além da digestão de matéria orgânica e complementar com processos auxiliares para o tratamento de outros poluentes além dos que causam alteração direta na DBO tais como nutrientes e organismos patogênicos, surgiram-se ideias para utilizações de lagoas com baixíssima profundidade e alta penetração solar (com isso o ambiente se torna extremamente oxigenado, garantindo reações de oxidação e elevado pH). As lagoas de alta taxa funcionam a partir da alta proliferação de algas, que se utilizam destas condições anteriormente descritas, o pH elevado faz com que a amônia se volatilize facilitando também precipitação do fosfato. Usualmente seu funcionamento é auxiliado por uma agitação controlada, este processo garante um melhor contato entre microrganismos e matéria orgânica e reduz as zonas mortas.

Dentro destas condições, existem mais dois tipos de lagoas, as de maturação (Figura 9) e polimento, suas funções são bastante semelhantes e tem como objetivo principal a remoção de organismos patogênicos, tornando sua utilização uma alternativa interessante se comparado à desinfecção convencional principalmente pela economia de recursos. O funcionamento desta modalidade de lagoa se dá pela disposição em série ou com uso de chicanas, garantindo que a alta eficiência seja alcançada. As lagoas de polimento têm o seu diferencial por serem dispostas após a

utilização de reatores anaeróbios, mais especificamente os reatores UASB (“*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*” ou Reatores anaeróbios de fluxo ascendente e de manta de lodo), suas condições serão precisamente detalhas nos próximos itens. Reatores anaeróbios tem baixa eficiência na redução de DBO, necessitando de um pós tratamento, é nesse ponto que a lagoa de polimento tem seu principal destaque, complementar o tratamento da matéria orgânica, que a princípio não era a principal função desta disposição da lagoa.

Figura 9 - Fluxograma de uma associação entre lagoa anaeróbia e lagoa facultativa seguida por lagoas de maturação em série.



Fonte: Von Sperling (2005).

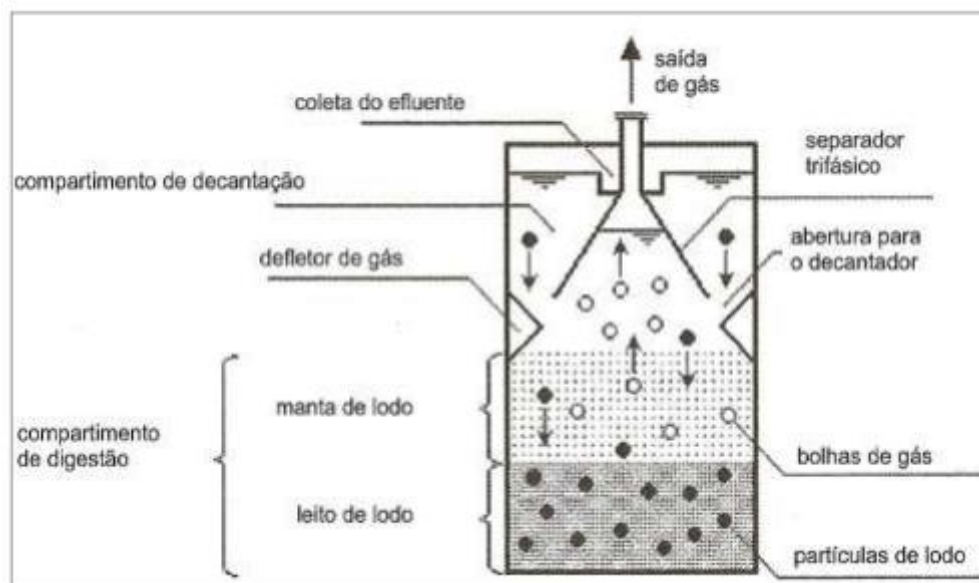
3.2.3.2 Tratamento anaeróbio

Em termos de reatores anaeróbios, destacamos principalmente o Reator anaeróbio de manta de lodo, ou como conhecido por sua sigla em inglês: Reatores UASB. O motivo deste foco se deve ao fato da economia gerada por sua utilização e sua facilidade em evitar a acumulação de maus odores, a tendência de sua utilização é crescente, sua instalação pode substituir o tratamento primário com boa eficácia e economia.

Em reatores UASB a alta concentração de biomassa auxilia a relação de espaço necessário para o tratamento nesta etapa, seu funcionamento se dá pela entrada de esgoto ao fundo, local onde a camada de biomassa favorece a retenção da matéria orgânica, seguindo o fluxo ascendente juntamente com os gases produzidos pelas reações anaeróbias o efluente é interceptado por um separador trifásico que tem como função separar o sólido do líquido, permitindo também a passagem do gás (metano) para um compartimento onde pode ser reaproveitado ou queimado. Devido ao seu formato, o sólido interceptado pelo separador desliza pelas paredes e retorna ao corpo do reator, isto facilita o retorno da biomassa, seu

armazenamento e digestão, a utilização da gravidade neste procedimento retira a necessidade de bombeamento para a retirada do lodo. O efluente sai relativamente clarificado e a abundância de biomassa mantida no reator melhora ainda mais as condições de tratamento, o esquema é evidenciado na Figura 10.

Figura 10 - Esquema de funcionamento do reator UASB.



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

A utilização dos reatores UASB tem uma diferença interessante em relação aos processos anteriores, sua produção de lodo é bastante reduzida, além disso, essa biomassa já sai digerida e adensada, tornando sua disposição mais simples, necessitando apenas de desidratação por secagem em leitos ou realizado por máquinas. A necessidade de um pós-tratamento se dá pela eficiência inferior do reator, em contrapartida, a redução do material orgânico reduz bastante as dimensões dos sistemas subsequentes, o que torna o sistema mais econômico.

3.2.4 Tratamento Terciário

Esta etapa do tratamento tem o objetivo específico de eliminar poluentes não degradáveis através dos processos biológicos, substâncias tóxicas e um complemento no tratamento de resíduos que não foram totalmente retirados no tratamento secundário (como nutrientes, metais pesados, organismos patogênicos, entre outros).

No Brasil, esta etapa é extremamente rara para o tratamento de esgotos domiciliares já que não há uma intenção no direto reuso dos efluentes tratados. Os processos mais comuns são: cloração, aplicação de ozônio e filtração rápida.

3.2.5 Combinações de sistemas de tratamentos eficientes

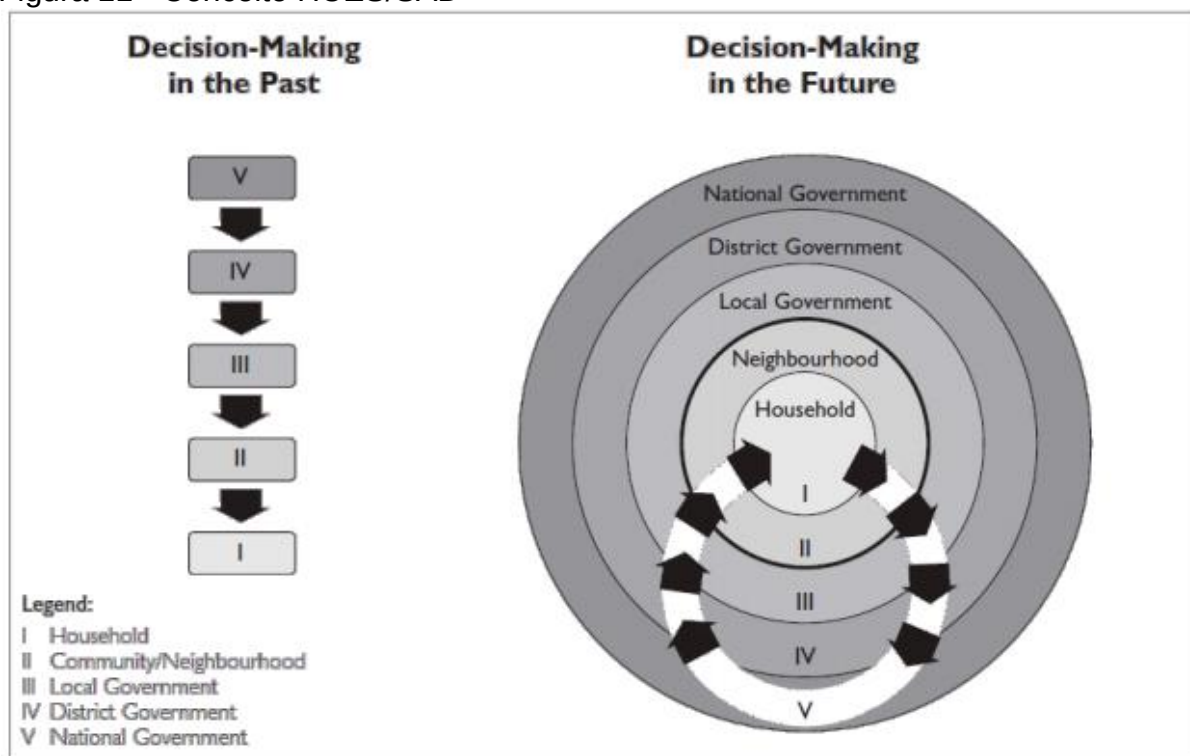
De acordo com Pinto *et al.* (2006) em sistemas de tratamento centralizado há altos custos devido à necessidade de construções para coleta, distribuição, controle, regulação através de estações elevatórias e controle sanitário ao longo destas instalações para impedir o uso indevido por parte da população, com isso, é notória a busca por novos sistemas com boa eficácia e custo reduzido.

A intenção dos responsáveis públicos em relação à utilização de sistemas de tratamento centralizados é afastar do alcance da população qualquer desconforto em relação a problemática ambiental, sem necessariamente envolvê-la (EIGENHEER, 2009)

Além disso, para Santos *et al.* (2015) o sistema centralizado também pode causar conflitos sociais em relação as grandes áreas necessárias e consequente desvalorização imobiliária da região em questão. A falta de terrenos adequados aliados a altos custos de implementação/operação trazem questionamentos acerca da viabilidade destes complexos sistemas.

Em meio a isso, debates realizados por especialistas no evento internacional WSSCC (*Water Supply and Sanitation Collaborative Council*) trouxe uma alternativa interessante, o conceito HCES (*Household-Centred Environmental Sanitation*) ou como é chamado em português SAD (Saneamento Ambiental Domiciliar), que traz a proposta de reconhecer a residência e a sua vizinhança como o centro do processo de planejamento do saneamento básico urbano, em específico o tratamento do esgoto. Esta proposta de cunho sustentável propõe o tratamento dos problemas relacionados ao saneamento o mais próximo possível do local onde é produzido, caso não seja possível, uma zona próxima, seguindo assim uma relação (Figura 11) (EAWAG/WSSCC, 2005).

Figura 11 - Conceito HCES/SAD



Fonte: EAWAG/WSSCC (2005).

Em países subdesenvolvidos, a necessidade de soluções comunitárias se torna mais complicada, já que a interferência causada pelas desigualdades sociais fornece diferentes cenários para soluções de saneamento básico. Apesar disso, órgãos públicos podem esquematizar sistemas de maneira padronizada que garanta boas condições e aproveitamento.

No Brasil, ETE's descentralizadas são consideradas aquelas destinadas ao atendimento de até 30.000 habitantes ou processamento de esgotos a uma vazão igual ou inferior a 50 L/s, essas informações dependem também dos critérios utilizados pelo órgão vigente (BRASIL, 2006).

É interessante evidenciar características de possíveis sistemas com alta eficiência, espaço reduzido e custo de implementação/manutenção razoáveis que se encaixem nestas condições anteriormente descritas, utilizando o princípio da economia de espaço e tempo dos reatores UASB em comparação com as lagoas convencionais, a Tabela 2 a seguir avalia a demanda e custos necessários.

Tabela 2 - Dados comparativos em relação aos tratamentos apresentados

Sistema	Demanda de área (m²/hab)	Custo de implementação (R\$/hab)	Custo de operação e manutenção (R\$/hab.ano)
Lagoa facultativa	2,0-4,0	40-80	2,0-4,0
Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	1,5-3,0	30-75	2,0-4,0
Lagoa aerada facultativa	0,25-0,5	50-90	5,0-9,0
Sistema de mistura completa (Lagoa aerada + Lagoa de sedimentação)	0,2-0,4	50-90	5,0-9,0
Sistemas com Lagoas de maturação	3,0-5,0	50-100	2,5-5,0
UASB + Lagoas de polimento	1,5-2,5	40-70	4,5-7,0
UASB + Lagoa aerada facultativa	0,15-0,3	40-90	5,0-9,0
UASB + Sistema de mistura completa	0,1-0,3	40-90	5,0-9,0

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

3.3 GEOPROCESSAMENTO

Desde o início da formação das primeiras sociedades com devido grau de organização, houveram registros geográficos representados por seus devidos interesses, porém de forma bastante limitada devido à utilização de documentos e mapas em papel se torna inviável uma análise em grandes perspectivas, o que desencadeou uma busca por desenvolvimento na área.

Com o avanço da tecnologia e a grande capacidade de armazenamento e processamento de dados através de computadores, tornou-se possível o funcionamento de softwares capazes de interagir com informações geográficas, representando-as em ambiente digital (TEXEIRA, 2015).

A combinação de informações com um ambiente digital limitado apenas por características computacionais dos meios de processamento garante dados com incríveis precisões em projeções na engenharia onde há benefícios em relação ao tempo e recursos.

A origem da tecnologia de geoprocessamento se desenvolveu por interesses militares, principalmente pela capacidade de sensoriamento remoto, dos quais se obtém dados ambientais atualizados, atualmente o geoprocessamento se tornou bastante disseminado para fins não militares (SILVA, 2007).

Teixeira (2015) diz que se considerarmos certas deficiências em relação à qualidade e também quantidade de informações para projeções e tomadas de decisão no âmbito urbano, o geoprocessamento oferta um grande potencial com custos relativamente baixos. Parte disso se deve a ferramentas e informações de boa qualidade disponíveis gratuitamente.

A introdução destes conhecimentos no Brasil se deve também ao trabalho de diversos profissionais universitários e da criação por parte do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) do DPI (Divisão de Processamento de Imagens), o qual tinha como principal intuito o desenvolvimento de geoprocessamento e sensoriamento remoto. O DPI foi responsável inclusive pela criação do SPRING, que atualmente é distribuído gratuitamente. (CÂMARA E MONTEIRO, 2001).

3.4 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Nakano (2006) determina que um SIG (Sistema de informações Geográficas) detenha um mínimo de cinco componentes: software, hardware, dados geográficos, pessoal e organização, e que a interação entre eles seja boa o suficiente para facilitar o processo de tomada de decisão.

Estes conceitos garantem uma ferramenta multidisciplinar de estudo, de forma que necessitam de certos conhecimentos em programação (software), conhecimento geográfico em geral e por último, conceitos especializados de acordo com a função final do processo.

Higashi (2006) conta que um dos aspectos mais importantes na utilização de SIG's é a capacidade de desenvolvimento de novas informações baseadas em dados provenientes de uma base de dados geográficos, estas informações tem grande importância no processo de estudos de impactos e organização territorial. Ele ainda ressalta na importância da adequação de critérios e da metodologia no ambiente computacional, sendo um grande desafio enfrentado.

3.5 SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com Jenssen (2009) o sentido do termo “sensoriamento remoto” remete ao processo de coleta de dados a distância do local ao qual se faz o estudo, onde há uma aquisição de imagens digitais. Atualmente esse processo é feito

através de satélites em órbita terrestre, porém o conceito engloba também outros métodos de captação, como captação por aeronaves. Recentemente com o avanço tecnológico, “*drones*” também são utilizados para tais funções, e com precisões incríveis, suas limitações estão principalmente ligadas à autonomia de seu funcionamento.

O avanço da tecnologia acerca de sensoriamento remoto garante o maior controle em relação a tudo que se encontra na superfície da terra, podendo ser considerado um grande benefício, dos quais podemos destacar o controle de recursos naturais, ambientes de preservação ambiental, registro populacional, entre outros. Apesar disso, existem malefícios inerentes ao crescimento, como conflitos relacionados à espionagem, antecipação militar errônea, invasão de privacidade e etc.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

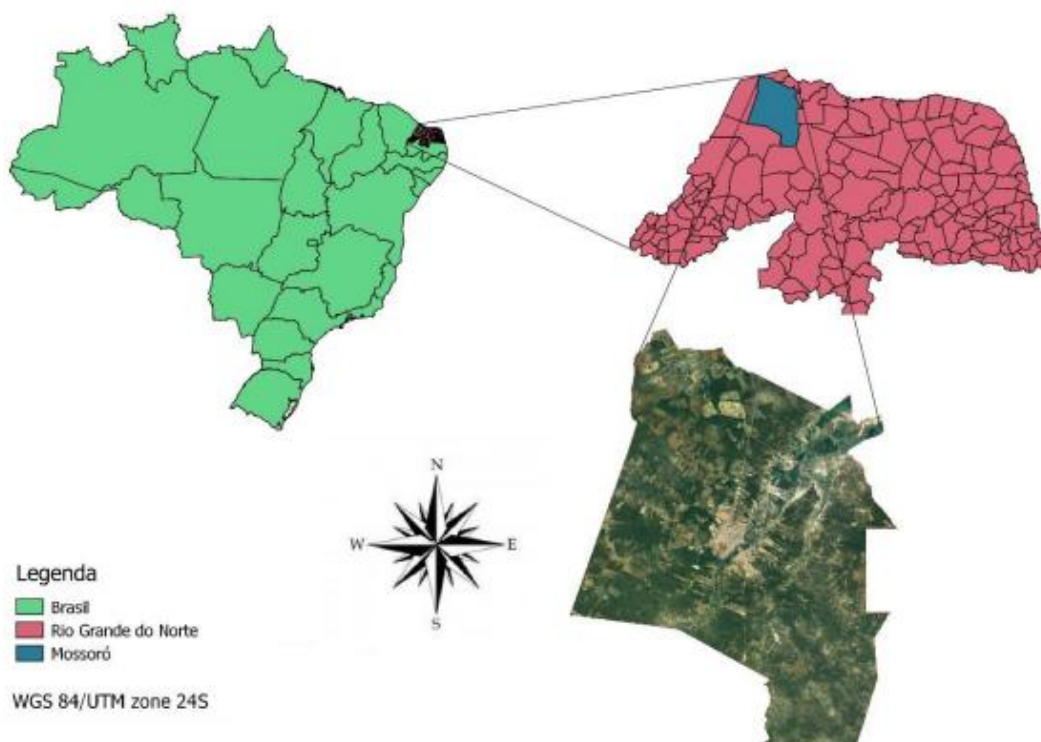
Este trabalho tem o objetivo de avaliar possíveis zonas propícias a instalação de ETE's descentralizadas no interior da zona urbana de Mossoró-RN com o auxílio de geotecnologias, a fim de averiguar possíveis áreas respeitando limites como o distanciamento das vias públicas e o afastamento de zonas de drenagem. A seguir estão descritas as etapas deste processo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Dados do IBGE (2017) apontam que o município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte, possui 2.388,65km² de área em seu território, e sua população é estimada em 259.815 habitantes (Dados de 2010).

Considerada a segunda cidade mais populosa do Rio Grande do Norte (IBGE 2017) seu intenso crescimento econômico se deve as diversas atividades desenvolvidas na região, como a produção de petróleo, sal marinho e fruticultura. É considerada também uma cidade turística principalmente nos períodos juninos, devido as festividades.

Figura 12 - Mapa referencial da localização de Mossoró-RN



Fonte: Tavares (2018).

A cidade de Mossoró, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2016) tem apenas 44,71% de atendimento da rede de esgoto sanitário, além desse baixo índice, praticamente todas as ETE's presentes no município podem ser consideradas como centralizadas.

Além de baixos índices em relação atendimento ao de esgotos, há diversas zonas em estado crítico, onde não há nenhum tipo de tratamento e os esgotos são canalizados para as vias.

4.2 MONTAGEM DO BANCO DE DADOS

Este trabalho teve como base informações gratuitas dos quais foram fornecidas por órgãos públicos ou autoria própria através de imagens digitais captadas por satélites. Todos os dados foram obtidos de forma gratuita e utilizados ou caso fosse necessário convertidos em arquivos vetoriais de extensão “*shapefile*”. O Quadro 2 detalha as informações e sua respectiva origem

Quadro 2 - Descrição detalhada das informações do banco de dados

Descrição	Função	Fonte
Arquivo vetorial com o limite do município	Criação da camada do município de Mossoró	Agência Nacional do Meio Ambiente
Arquivo vetorial com a delimitação da zona urbanizável	Criação da camada da zona urbanizável dentro do município de Mossoró	Prefeitura Municipal de Mossoró
Arquivo vetorial das ruas, avenidas e estradas auxiliares	Criação de uma camada representando as vias urbanas	Prefeitura Municipal de Mossoró
Arquivo vetorial das zonas de drenagem urbana, criado por avaliação de imagens de radar	Criação de uma camada representando zonas de drenagem urbana	<i>United States Geological Survey (USGS)</i>
Imagem de radar	Criação de um Modelo Digital de Elevação.	<i>United States Geological Survey (USGS)</i>

Fonte: Autoria Própria.

Com a obtenção dos dados necessários, utilizou-se o software gratuito “*Quantum GIS*”, ou simplesmente “*QGIS*”, para a visualização das informações vetoriais anteriormente descritas (Quadro 2) em forma de máscaras.

4.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como base no conceito de HCES/SAD (EAWAG/WSSCC 2005) as áreas adequadas serão selecionadas o mais próximo possível dos pontos de geração de esgoto, sendo assim a área urbanizável da cidade de Mossoró.

Com o auxílio do software *QGIS* versão 2.18.23 o projeto foi devidamente transformado no SRC (Sistema de Referência de Coordenadas) *WGS 84 / UTM zone 24S*, que significa a utilização do sistema *WGS 84* (*Datum* utilizado nos sistemas de *GPS*) com projeção *UTM* (referência utilizada para coordenadas cartesianas) localizada na zona 24 ao sul. E então os dados vetoriais foram inseridos em camadas através da função “Adicionar Camada Vetorial”

Os dados vetoriais das ruas, avenidas e estradas auxiliares e locais de drenagem urbana necessitaram da aplicação de “*Buffers*” para ampliação de sua área de modo que torne este dado uma camada limitante a área utilizada. Ruas, avenidas e estradas auxiliares receberam um “*buffer*” de 25 metros, garantindo uma zona para as pistas e uma possível calçada, já a camada de drenagem recebeu um “*buffer*” de 30 metros evitando alocações sobre áreas de acúmulo de água.

As camadas inseridas foram sobrepostas de acordo com a sua representação, seja dentro dos limites municipais ou contidas na zona urbanizável. Com isso foi possível a realização de mapas para análise de atributos, esta realização se deu através da opção “Novo Compositor de Impressão”, onde foram adicionados: “Novo Mapa”, “Novo Rótulo”, “Nova Legenda”, “Nova Barra de Escala” e “Imagem” através do menu no canto esquerdo da tela. Fez-se necessário a edição de cada item de modo que um padrão fosse criado. Em mapas com limite municipal, as grades foram ajustados com espaçamentos de 20 mil metros e escala de 1:1000000, já em limites urbanizáveis, o espaçamento das grades foi de 7 mil metros ajustados na escala 1:300000. Rótulos apresentam descrição de SRC padronizada, já as legendas foram ajustadas de acordo com a descrição específica

de cada mapa, houve a padronização também de uma imagem para referenciar a direção em função dos sentidos de orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste).

Após a conclusão dos mapas representando cada zona a ser trabalhada, criou-se o mapa representando as zonas propícias a instalação da estação de tratamento descentralizada de menor porte, isto foi possível através das opções do Menu Vetor > Geoprocessamento, que permite a formulação de novos dados vetoriais como interseção, união, diferença e recorte. Porém como não houve informação em dados vetoriais para a definição de zonas em que há ocupação, seja por parte da população, responsabilidade pública ou industrial, fez-se necessário a utilização do “*Google Earth Pro*”, que é um *software* gratuito em que se pode obter informações através de sensoriamento remoto.

Quadro 3 - Critérios para avaliação de zonas escolhidas para instalação da ETE de menor porte

Razão	Definição
Social	Zonas periféricas em que há despejo de esgotos sem nenhum tipo de tratamento a céu aberto
Estratégica/Econômica	Zonas públicas ou privadas em que não há utilização ou em estado de descaso social
Econômica	Zonas de proximidade ao corpo receptor com abrangência suficiente para a instalação

Fonte: Autoria Própria.

Para utilização do “*Google Earth*”, foi necessária a conversão dos dados vetoriais de áreas disponíveis em “*shapefile*” (*shp*) para “*Keyhole Markup Language*” (*KML*), realizada através da opção do QGIS “Salvar camada vetorial como...” onde esta transformação pôde ser selecionada no canto superior da tela auxiliar. Com o arquivo em novo formato realizou-se a abertura do “*Google Earth*” com as áreas disponíveis através do novo arquivo “*KML*”. O arquivo vetorial ficou sobreposto as imagens de satélite, permitindo o processo de escolha.

Foram selecionadas 20 zonas através de uma análise visual realizada nas imagens digitais tendo como base os critérios anteriormente descritos. Em seguida utilizando novamente o QGIS, realizou-se novamente a conversão do arquivo “KML” para “*shp*”, possibilitando a obtenção de dados espaciais importantes das áreas selecionadas por meio da opção calculadora de atributos

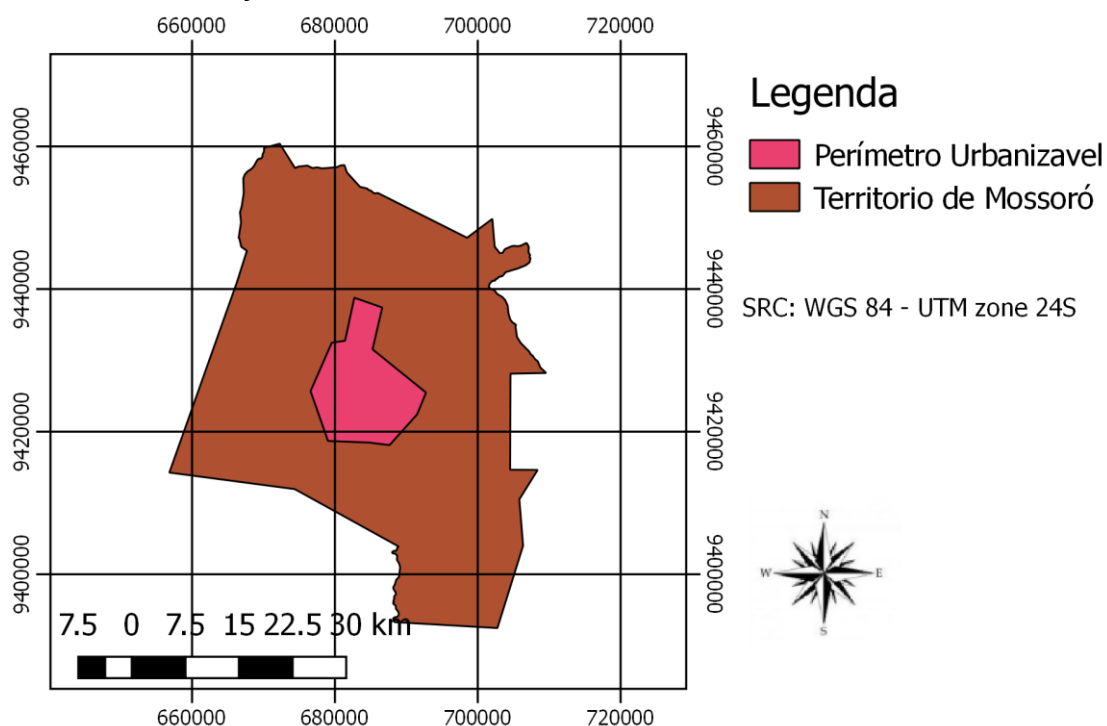
Outro recurso utilizado no “*Google Earth*”, é o complemento “*Street View*”, que fornece imagens reais das vias, garantindo assim uma maior visibilidade das áreas escolhidas, complementando as informações a respeito das áreas selecionadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ADEQUAÇÃO AS ÁREAS DE ESTUDO

Como o objetivo do trabalho é estudar zonas mais próximas possíveis aos pontos de produção de esgoto, inicialmente apontou-se o Perímetro Urbanizável do município de Mossoró – RN.

Figura 13 - Localização do Perímetro Urbanizável de Mossoró - RN

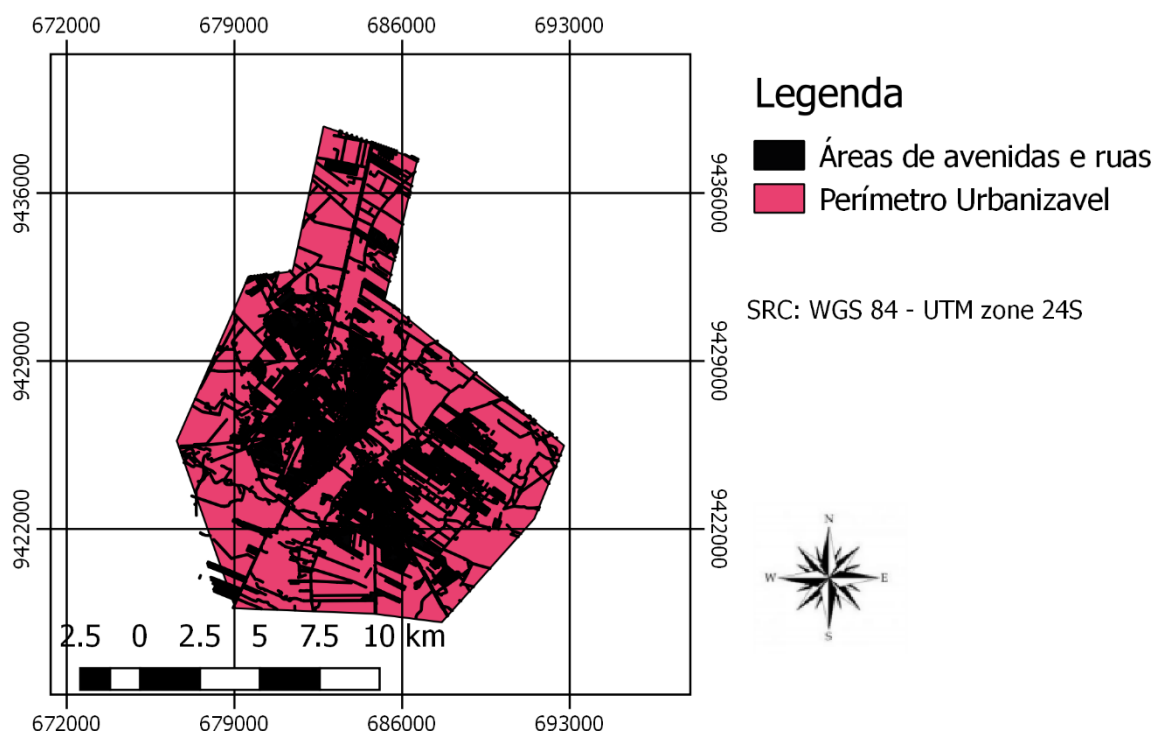


Fonte: Autoria Própria.

A zona no interior do Perímetro Urbanizável contém 190,03 Km² de área.

Considerando o interior da zona urbanizável como área considerável do estudo, aplicou-se a máscara de ruas, avenidas e estradas auxiliares com respectivo “buffer” delimitando uma certa área inadequada a utilização.

Figura 14 - Camada de “buffer” das vias sobreposta a zona urbanizável

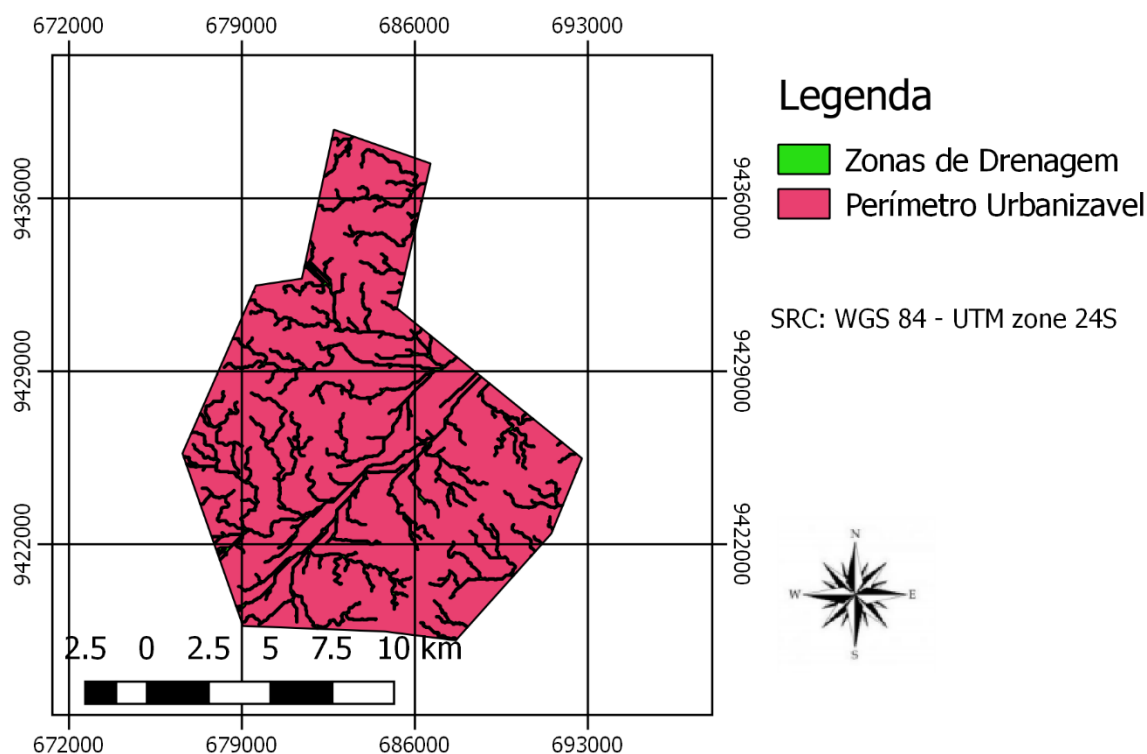


Fonte: Autoria Própria.

Em geral, as informações sobre as vias apresentam 17475 itens subdivididos em ruas, avenidas, estradas auxiliares, trechos de grandes rodovias, entre outros. Somadas as extensões, temos 1614,53 Km de vias, além disso, o buffer de 25 metros, gerou uma área de aproximadamente 60,87 Km², destinadas a locomoção de veículos e também de pedestres nas possíveis calçadas.

O “buffer” de 30 metros resultante das zonas de drenagem na região urbanizável representa uma área de 17,81 Km², estas zonas apesar de não conterem diretamente corpos hídricos, devem ser evitadas em projetos que não tenham como finalidade de destinar ou utilizar águas de origem pluvial. (Figura 15)

Figura 15 – “Buffer” de zonas de drenagem no interior do perímetro urbanizável

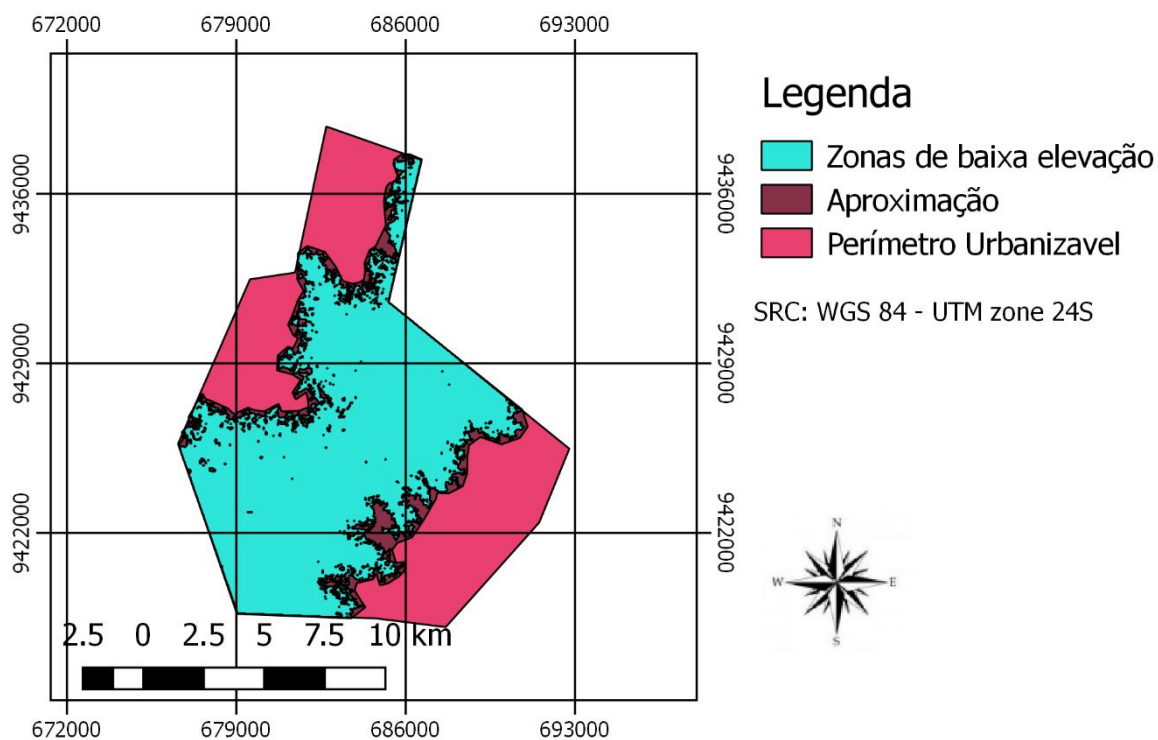


Fonte: Autoria Própria.

A última zona inserida delimita áreas com baixas elevações com o intuito de garantir economia na execução de um possível projeto de ETE's, seus dados vetoriais necessitaram uma aproximação para a correta utilização dos algoritmos de manuseio de camadas (interseção, recorte, união, *buffer*, entre outros), sua área aproximada é de 123,5 Km² (Figura 16).

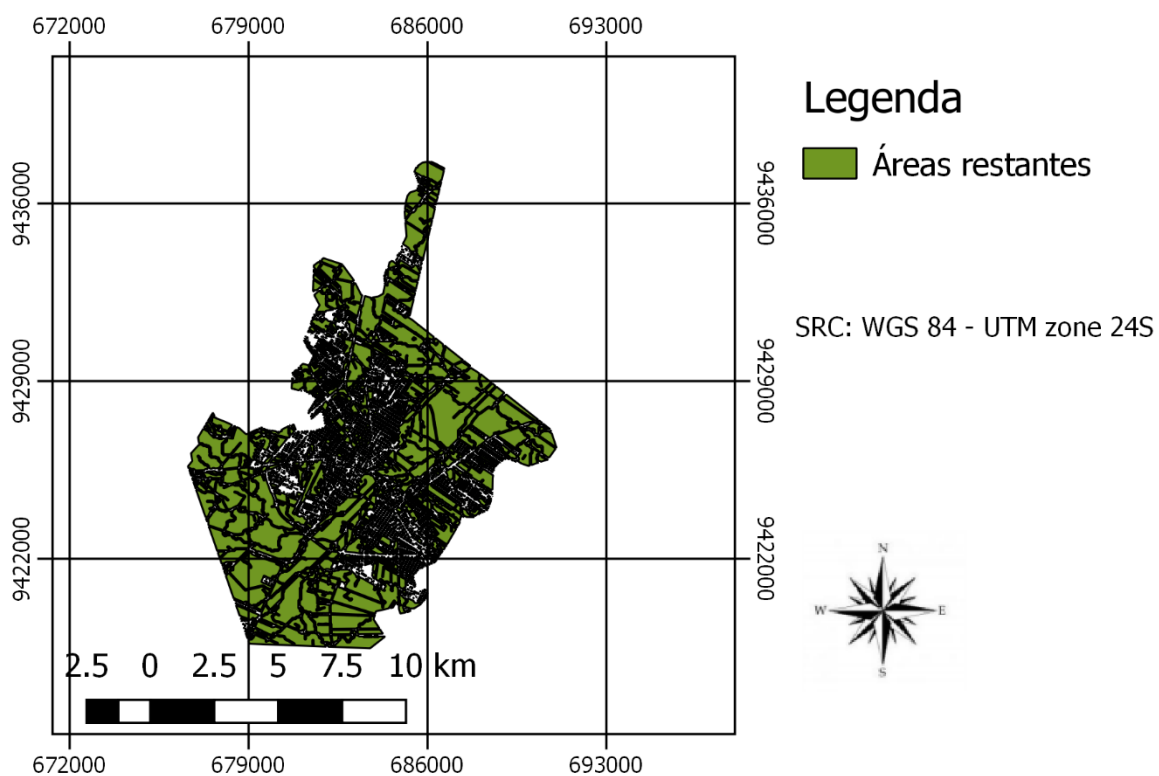
Com todas as camadas vetoriais disponíveis de acordo com a disponibilidade gratuita, foi possível a realização de um limite de zonas em condições de projeção de acordo com os dados pré-estabelecidos, com área de 70,97 Km² (Figura 17). Devido à grande ocupação dessa zona, o próximo passo foi realizado através de imagens digitais através de sensoriamento remoto.

Figura 16 - Zonas de baixa elevação no interior do perímetro urbanizável



Fonte: Autoria Própria.

Figura 17 - Áreas remanescentes após seleção



Fonte: Autoria Própria.

Com a conversão do arquivo vetorial de áreas remanescentes de “*shp*” a “*KML*”, foi possível verificar as limitações garantidas pelo processamento das informações vetoriais no “*Google Earth Pro*” através de imagens digitais fornecidas por satélites (Figura 18). As imagens digitais forneceram informações interessantes a respeito da ocupação das áreas definidas anteriormente. É interessante ressaltar que seria possível a extração dos dados relativos a ocupação, porém bastante dispendioso e com devido período de validação, já que a ocupação por parte da população na zona urbana se encontra em mudança constante. Com a opção de análise visual, é possível apontar zonas e realizar justificativas.

Figura 18 - Delimitação parcial da zona de estudo



Fonte: Adaptado de Google (2018).

A seleção foi realizada e descrita de acordo com a localização (Tabela 3), devido a utilização do “*Datum WGS 84*” pelo “*Google Earth Pro*” as coordenadas fornecidas para cada área têm seus valores em graus.

Tabela 3 - Zonas selecionadas para possíveis instalações de ETE's descentralizadas

Zonas	Bairro	Coordenadas geográficas
1	Santo Antônio	5°10'59.20"S / 37°20'49.04"O
2	Nova Betânia	5°10'54.86"S / 37°21'29.25"O
3	Abolição	5°10'1.30"S / 37°21'16.44"O
4	Doze Anos	5°10'13.00"S / 37°20'13.15"O
5	Barrocas	5° 9'59.82"S / 37°19'49.40"O
6	Aeroporto	5°11'35.68"S / 37°22'5.12"O
7	Vingt Rosado	5°11'58.37"S / 37°18'19.88"O
8	Belo Horizonte	5°12'44.65"S / 37°21'57.70"O
9	Planalto Treze de Maio	5°13'8.63"S / 37°20'19.86"O
10	Paredões	5°11'27.76"S / 37°20'10.07"O
11	Santo Antônio	5° 9'43.43"S / 37°20'20.34"O
12	Barrocas	5°10'7.28"S / 37°19'39.83"O
13	Santo Antônio	5°10'3.95"S / 37°20'29.12"O
14	Alto do Sumaré	5°13'48.88"S / 37°19'30.47"O
15	Abolição	5° 9'11.20"S / 37°21'39.46"O
16	Santa Delmira	5° 8'46.04"S / 37°21'49.50"O
17	Pres. Costa e Silva	5°12'47.05"S / 37°19'26.74"O
18	Belo Horizonte	5°12'14.05"S / 37°21'45.53"O
19	Ilha de Santa Luzia	5°11'49.58"S / 37°20'32.14"O
20	Aeroporto	5°12'1.92"S / 37°22'0.21"O

Fonte: Adaptado de Google (2017).

5.2 DESCRIÇÕES DAS ÁREAS ESCOLHIDAS

A área 1 (Figura 19), localizada no bairro Santo Antônio, delimita aproximadamente uma zona disponível para a disposição de uma ETE de pequeno porte, seus limites são determinados por zonas ocupadas e por um afastamento adequado da via, sua área é em torno de 8.920 m².

Figura 19 - Delimitação da área 1



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 20 - Vista do terreno ao qual a área está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 2 (Figura 21) se encontra em um bairro de elevado valor da cidade (Nova Betânia), porém se encontra em uma praça sem utilização e em constante processo de depreciação. A instalação da ETE neste local pode ser realizada em conjunto com um processo de revitalização da área. A área calculada é também delimitada pelo distanciamento das vias, resultando em 1516 m².

Figura 21 - Delimitação da área 2



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 22 - Vista real da área 2



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 3 no bairro Abolição, foi delimitada com base na distância de um corpo receptor localizado ao lado do terreno, além dos limites definidos anteriormente. Uma possível ETE nessa área pode atender uma boa parcela da população próxima, com área de 12.616 m².

Figura 23 - Delimitação da área 3



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 24 - Vista do terreno pela lateral



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 4 no bairro Doze Anos, foi escolhida por se encontrar próximo a uma região bastante ocupada, com grande presença de residências, sua delimitação se deu pela distância de 25 metros das vias e por residências vizinhas. Sua área é aproximadamente 690 m², limitando bastante a projeção dos sistemas de tratamento de uma possível ETE nesta região.

Figura 25 - Delimitação da área 4



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 26 - Vista do lote ao qual a zona 4 encontra-se inserida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A zona 5 se encontra em um terreno com área considerável, porém, o afastamento anteriormente definido das vias reduziu consideravelmente sua área. O bairro Barrocas a qual a zona está contida, tem construções residenciais ao qual não houve planejamento ou projeção prévia, como consequência disso, há considerável descarte de esgoto doméstico nas vias públicas, o que causa sérios impactos ambientais e sociais. A área calculada foi aproximadamente 917 m².

Figura 27 - Delimitação da área 5



Fonte: Adaptado de Google (2017).

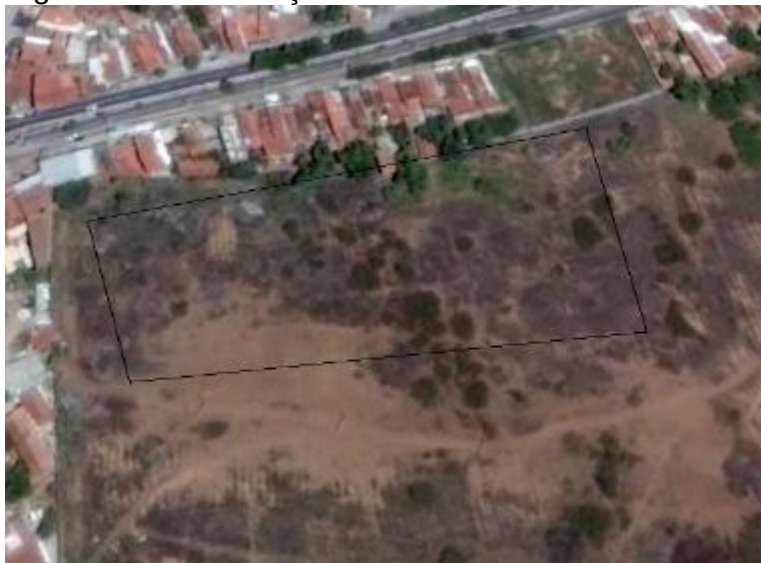
Figura 28 - Vista lateral do terreno ao qual a zona 5 pertence.



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 6 se encontra no bairro Aeroporto, sua escolha se deu devido à localização em conjunto com a disponibilidade de espaço. A delimitação realizada pode ser expandida de acordo com a necessidade de um possível projeto, apresentando grande flexibilidade, a área definida apresenta 15.146 m²

Figura 29 - Delimitação da área 6



Fonte: Adaptado de Google (2017).

A visualização do terreno não foi disponível no complemento Google Street Viewer por não existirem vias de acesso disponíveis no software.

A área 7 no bairro Vingt Rosado, se localiza em uma região bem próxima a um tipo de canal que realiza transporte até uma zona onde já há uma ETE aparentemente com sistema formado por lagoa anaeróbica + lagoa facultativa. A definição da zona se deu devido a facilidade de adequação de um novo sistema auxiliar, que se instalado no interior da zona selecionada, pode garantir um maior atendimento no tratamento de esgoto ao qual a ETE já instalada realiza.

É interessante pontuar que mesmo com a presença destes dispositivos de tratamento, existem zonas bem próximas que não realizam nenhum tipo de tratamento ao seu esgoto, despejando muitas vezes nas vias. Reatores UASB seriam ideais para este tipo de projeto, pois necessitam de baixas áreas e garantem uma boa redução na carga poluente, além de auxiliar e tornar mais simples a disposição final do lodo. Sua área é de 2.811 m².

Figura 30 - Delimitação da área 7 / Localização da ETE próxima



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 31 - Vista do terreno em que a área 7 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 8 no bairro Belo Horizonte, foi escolhida devido a um estado crítico em que a região se encontra acerca da disposição do esgoto doméstico, muitas residências despejam os esgotos nas vias, que se acumulam nas sarjetas e escoam

até regiões de acumulo. No entorno desta região existe um curso d'água ao qual acaba recebendo boa parte desta carga poluente, evidenciando o impacto da população e o descaso ambiental, a região escolhida tem grande disponibilidade de terreno, ou seja, facilmente expansível de acordo com a necessidade do projeto. A área selecionada tem 11.285 m²

Figura 32 - Delimitação da área 8 / Proximidade dos cursos d'água



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 33 - Vista do terreno em que a área 8 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2012).

A área 9 no Planalto Treze de Maio foi escolhida devido ao crescimento da região onde se encontra, a instalação de uma possível ETE se deve a garantia da correta destinação dos esgotos produzidos, evitando possíveis lançamentos nas vias

(como visto anteriormente), as delimitações foram realizadas de acordo com o afastamento das vias, totalizando uma área de 13.955 m².

Figura 34 - Delimitação da área 9



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 35 - Vista do terreno em que a área 9 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 10 situa-se no bairro Paredões, em uma zona próxima ao centro da cidade, sua escolha se deve ao fato da alta densidade populacional das zonas

próximas, área em que uma ETE de menor porte poderia auxiliar no tratamento da demanda de esgoto proveniente disto. A área foi delimitada em 5.128 m².

Figura 36 - Delimitação da área 10



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 37 - Vista do terreno em que a área 10 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2012).

A área 11, também no bairro Santo Antônio, situa-se sobre um lote com bastante espaço, onde há uma zona ocupada e também um campo aparentemente de futebol. A possível instalação de uma ETE de pequeno porte pode ser realizada em conjunto com a revitalização da área, que é alvo de descarte de lixo. Esta revitalização além de melhorar visualmente a área, pode trazer lugares para o lazer da população local. A zona delimitada tem 1.447 m² e pode ser estendida, principalmente se houver revitalização

Figura 38 - Delimitação da área 11



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 39 - Vista do terreno em que a área 11 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 12 no bairro Barrocas é interessante para a instalação de uma ETE de menor porte, já que, novamente pelo mesmo problema enfrentado em algumas áreas anteriormente, os esgotos são visíveis nas vias. Essa área tem ainda uma grande

capacidade de expansão, pois apresenta boa disponibilidade de regiões não ocupadas. A seleção representa uma área de 7.641 m².

Figura 40 - Delimitação da área 12 / Descarte de esgoto nas vias



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 41 - Vista do terreno em que a área 12 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 13 se encontra no bairro Santo Antônio, o entorno desta zona mostra a capacidade de crescimento em relação a ocupação populacional. A instalação de uma ETE poderia garantir a adequada destinação do esgoto doméstico, evitando

possíveis problemas ambientais futuros. A área tem 2.819 m² podendo expandir caso seja necessário.

Figura 42 - Delimitação da área 13



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 43 - Vista do terreno em que a área 13 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2012).

A área 14 se encontra no Alto do Sumaré, e caracteriza-se também por ser uma região em estado de crescimento. A região apresenta também uma certa diversidade de zonas não ocupadas, fazendo com que a seleção da área efetiva

para a instalação de uma possível ETE seja escolhida através do critério econômico, ou social, caso a projeção inclua zonas de lazer em conjunto. A área escolhida apresenta 1.631 m².

Figura 44 - Delimitação da área 14



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 45 - Vista do terreno em que a área 14 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 15 no bairro Abolição, em proximidade ao bairro Santa Delmira, representa uma grande área, com disponibilidade de revitalização e criação de espaço urbano de lazer (praças). Os arredores dessa zona se encontram nos limites

da zona urbana da cidade, tendo fácil capacidade de crescimento. Levando em consideração também a disponibilidade de áreas semelhantes na região, uma possível instalação de uma ETE iria utilizar em primeiro lugar aspectos econômicos. A área selecionada apresenta 916 m².

Figura 46 - Delimitação da área 15



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 47 - Vista do terreno em que a área 15 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 16 no bairro Santa Delmira também foi escolhida devido a presença de esgotos nas vias públicas, além de representar uma zona de possível crescimento. A projeção de uma possível ETE no local tem bastante flexibilidade, já que a área selecionada pode ser expandida. A área selecionada tem 3.965 m².

Figura 48 - Delimitação da área 16



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 49 - Vista do terreno em que a área 16 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 17 no bairro Presidente Costa e Silva representa uma área de porte médio – grande, e sua localização se encontra nos limites da zona urbana. O bairro é muito habitado por pessoas relacionadas as instituições federais de ensino presentes na região (Universidade Federal Rural do Semi-Árido e Instituto Federal

do Rio Grande do Norte). A região apresenta boa disponibilidade de áreas não ocupadas, tornando o processo de escolha não tão eficiente, também localiza-se próximo aos limites urbanos. A área selecionada tem 2.138 m²

Figura 50 - Delimitação da zona 17



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 51 - Vista do terreno em que a área 17 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 18 no Belo Horizonte se localiza próximo a zona do aeroporto, o que pode auxiliar a escolha de sua utilização, a disponibilidade do terreno é boa e também atenderia domicílios proximos sem disposição adequada de esgoto. A área delimitada tem 8.447 m²

Figura 52 - Delimitação da área 18



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 53 - Vista do terreno em que a área 18 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

A área 19 na Ilha de Santa Luzia tem uma localização próxima ao rio que corta a cidade, o que facilitaria a disposição final do tratamento, além disso, alguns hotéis se concentram na região. A área delimitada tem 1.638 m²

Figura 54 - Delimitação da área 19



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 55 - Vista do terreno em que a área 19 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Por último, a área 20 é mais uma zona no bairro Aeroporto em que há lançamento de esgoto nas vias públicas, na proximidade de áreas desocupadas (áreas ao entorno do aeroporto). A área escolhida apresenta 1.795 m².

Figura 56 - Delimitação da área 20



Fonte: Adaptado de Google (2017).

Figura 57 - Vista do terreno em que a área 20 está contida



Fonte: Adaptado de Google (2011).

5.3 COMENTÁRIOS GERAIS

As informações georeferenciadas auxiliaram a definição de zonas com maior probabilidade de receber uma possível ETE, isto se deu principalmente pelas imagens disponibilizadas através do “Google Street Viewer”. A construção dos dados se mostrou efetiva de acordo com a disponibilidade de informações geográficas e softwares gratuitos.

Em relação as áreas escolhidas, podemos destacar as zonas periféricas em que grande parte do esgoto não recebe destinação adequada, além disso, há

acumulação de lixo jogados em terrenos próximos desocupados. Esta situação ocasiona grande desconforto a população, desvalorizando estas regiões em relação a cidade.

Ao dar correta destinação ao esgoto de forma eficaz e bem projetada, pode-se controlar a produção de odores e todos os possíveis problemas devido a proximidade da população as ETE's. A criação de uma zona de lazer em conjunto do sistema de tratamento de esgoto pode auxiliar a conscientização da população no quesito responsabilidade ambiental, maximizando assim, os benefícios a população.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada nas áreas escolhidas pôde revelar a grande necessidade de medidas em relação a consciência ambiental. A cidade de Mossoró, apesar de seu grande crescimento no setor econômico, necessita ainda de um cuidado adequado de sua população principalmente em zonas periféricas. É notória a necessidade de cuidados em relação ao saneamento básico

Destacam-se também, as ferramentas e dados georreferenciados, sua utilização e aquisição de forma gratuita possibilitou uma análise e delimitação precisa de acordo com as informações obtidas, evidenciando de forma clara a vantagem de sua utilização neste trabalho.

Os objetivos foram alcançados, e através disso, é possível notar uma nova perspectiva a respeito de ETE's descentralizadas, possibilitando a abertura para estudos complementares a respeito da viabilidade econômica e social de uma possível implementação em uma das áreas selecionadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Mirella Dias et al. **A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015**. Cad. Saúde Pública 2017.

BRASIL. Presidência da República. **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 no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências

CÂMARA, G. e MONTEIRO, A. M. U. (2001) - **“Conceitos básicos em ciência da geoinformação”**. In: G. CÂMARA et al. (Ed.) Introdução à ciência da geoinformação, São José dos Campos: INPE. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livros.html> Acesso em: junho de 2018.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Ed. Moderna, 1992.

CETESB. SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. CIÊNCIA E TECNOLOGIA À SERVIÇO DO MEIO AMBIENTE. **Tecnologias para tratamento de esgotos sanitários**, SISTTRAT 1988.

EAWAG/WSSCC, 2005. **Household-Centred Environmental Sanitation: Implementing the Bellagio Principles in Urban Environmental Sanitation**. Provisional Guideline for Decision-Makers. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland.

EIGENHEER, E. M. Lixo – **A limpeza urbana através dos tempos**. UERJ, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <<http://www.lixoeducacao.uerj.br/imagens/pdf/ahistoriadolixo.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2018.

HIGASHI, Rafael Augusto dos Reis. **METODOLOGIA DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DE CIDADES COSTEIRAS BRASILEIRAS ATRAVÉS DE SIG COM BASE NO COMPORTAMENTO GEOTÉCNICO E AMBIENTAL**. 2006. 486 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil – PPGE, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89358/231632.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro:

2008. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: maio de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. **Informações do município: Mossoró**. Rio de Janeiro: 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/rn/mossoro/panorama>>. Acesso em: dezembro de 2017.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Trad. José Carlos Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 679p.

Lazzaretti, Luciana. **Saneamento Básico e Sua Saúde Sobre a Influência Da População**. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/67761/000868853.pdf> acesso em 28 maio de 2018.

LOPES, Denise Maria dos Santos. **Saneamento do Meio**. GeFAM/DVS/SÉS, fev., 2004.

LUZ, Luiz Augusto Rodrigues A. **Reutilização da água: Mais uma chance para nós**. RJ: Quality Mark,. 2005.

MANUAL DE SANEAMENTO: orientações técnicas. 3. ed. rev. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 409 p

METCALF & EDDY INCORPORATION. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 4. ed. Nova Iorque, 2003.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**, 2016.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano**. Soc. nat. (Online), Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132008000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 jun. 2018.

NAKANO, C. A.; CEOLIN, D. S. **Implantação de um Sistema de Informações Geográficas em uma empresa pública de saneamento ambiental da Região do Grande ABC**. Gestão & Regionalidade, v. 22, n. 65, p. 43-56, 2006.

OLIVEIRA AS. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no Município de Ribeirão Preto, SP: avaliação da remoção de metais pesados** [Dissertação de Mestrado]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo; 2006.

PINTO, M. A. T.; FORESTI, E.; JÚNIOR, J. M. **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, 16(2005).

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M. G.; SILVA, M. R. F. da. **Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 281-290, mai./ago. 2013.

SANTOS, A.S.P., **Tratamento de Águas Residuárias**. Notas de aula – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

SANTOS, R.F.; IRAZUSTRA, S.P.; TEIXEIRA, E.P.; DEGASPERI, F.T. **Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico**, RETC - Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura, v.1, n.16, p.35-44, abril, 2015.

SILVA, Alcione Batista, **Avaliação da Produção de Odor na Estação de Tratamento de Esgoto Paranoá e seus Problemas Associados**, Brasília, Bras Tese de M.Sc., Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (FT/UnB), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (ENC), Brasília, (DF), Brasil, 2007.

SILVA FILHO, P. A. da. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2007. 169p.

SILVA, X.S.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental – aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

TEIXEIRA, M. R., 2015. **A Utilização do Geoprocessamento na Análise Ambiental e sua Importância na Tomada de Decisões: um estudo sobre o uso do geoprocessamento em pesquisas sobre ocupação desordenada do solo**. TCC (Especialização). Brasília, Uniceub.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.