



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS)
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA (CCET)
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL (DEC)



IZABELLA RAYRA DOS SANTOS SOUSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE SISTEMAS
CENTRALIZADOS E DESCENTRALIZADOS: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO
JABOTIANA - SE**

São Cristóvão - SE
Março, 2019

IZABELLA RAYRA DOS SANTOS SOUSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE SISTEMAS
CENTRALIZADOS E DESCENTRALIZADOS: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO
JABOTIANA – SE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Sergipe, como
requisito para obtenção da graduação em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes
Lima

São Cristóvão - SE
Março, 2019

Março, 2019

É concedida à Universidade Federal de Sergipe permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho acadêmico pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Izabella Rayra dos Santos Sousa

SANTOS SOUSA, Izabella Rayra.

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE SISTEMAS CENTRALIZADOS E DESCENTRALIZADOS: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO JABOTIANA-SE. / Izabella Rayra dos Santos Sousa.

São Cristóvão, 2019.

-- p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

I. Universidade Federal de Sergipe. CCET/DEC.

II. Análise de viabilidade econômica entre sistemas centralizados e descentralizados: Estudo de caso do bairro Jabotiana-SE.

IZABELLA RAYRA DOS SANTOS SOUSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE SISTEMAS
CENTRALIZADOS E DESCENTRALIZADOS: ESTUDO DE CASO DO BAIRRO
JABOTIANA-SE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Sergipe, como
requisito para obtenção da graduação em
Engenharia Civil.

Aprovado em: 26 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes Lima – Universidade Federal de Sergipe
(Orientador) Nota _____

Prof.^a Dra. Luciana Coelho Mendonça – Universidade Federal de Sergipe
(Examinador) Nota _____

Eng^a Luísa Maria Horta Maia – Universidade Federal de Sergipe
(Examinador) Nota _____

AGRADECIMENTOS

É com imensa alegria e satisfação que finalizo mais uma etapa em minha vida. Um dos aprendizados é que sozinha teria sido muito mais difícil. Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida e por sempre me guiar.

Agradeço aos meus pais, Manuel e Izabel, foi graças a todo o amor, incentivo e apoio que eu cheguei até aqui, o meu amor e minha gratidão por vocês são imensuráveis. A todos os familiares e amigos que sempre estiveram torcendo por mim e comemorando junto cada conquista. Meu muito obrigada a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para meu crescimento pessoal e profissional durante essa jornada. Em especial a aqueles que me ajudaram bastante nessa reta final: Renata, Dayane e Ingrid. E um agradecimento especial ao meu orientador Daniel, por toda a dedicação, excelente orientação e por contribuir ainda mais com o meu crescimento profissional.

RESUMO

Os sistemas de tratamento de esgoto exercem um importante papel na manutenção da saúde e bem-estar da população, além de contribuir para a preservação ambiental. Entretanto, o bairro Jabotiana, localizado na região urbana de Aracaju/SE, atualmente ainda apresenta deficiência no seu sistema de coleta e tratamento de dejetos. Tendo em vista essa realidade, foi estimado um sistema descentralizado de tratamento de esgoto para atender toda a população desse bairro. A proposta consiste na implantação de tanques sépticos como tratamento primário, seguidos de wetlands de fluxo subsuperficial horizontal como tratamento secundário e por fim o efluente tratado deve ser despejado no corpo hídrico mais próximo. De acordo com as estimativas, foi encontrado um total de 109 módulos de tratamento descentralizados que são capazes de atender a geração de esgoto de 43.312 habitantes. Além dessa solução, verificou-se também que a concessionária local, DESO, possui um projeto para implantação de uma estação de tratamento centralizada que visa atender todo o bairro e regiões adjacentes. Dessa forma, considerou-se o mesmo número de habitantes a serem contemplados e foram realizados cálculos para estimar o custo de implantação desse sistema com o objetivo de comparar os valores finais dos dois tipos de soluções propostas. A partir dos valores finais encontrados que foram de R\$15.422.223,43 para a implantação e manutenção do sistema descentralizado e R\$14.546.136,70 para o sistema centralizado, diante desses resultados próximos, pode-se inferir que o sistema descentralizado é sim uma alternativa economicamente viável.

Palavras-chave: Sistemas descentralizados. *Wetlands* construídos. Bairro Jabotiana.

ABSTRACT

Sewage treatments systems have an important role in maintenance of the population health and well-being, besides help the environmental preservation. Currently, the district of Jabotiana, localized in the urban area of Aracaju/SE, still has deficiency in its system of collect and sewage treatments. In view of this reality, a decentralized sewage treatment system was estimated to serve the entire population of this neighborhood. The project consists in the implantation of septic tanks as primary treatment, followed by horizontal subsurface flow wetlands as secondary treatment and finally the disposal of treated sewage must be done in the nearest river. According to estimates, a total of 109 decentralized treatment units were found that are capable of serving the sewage generation of 43.367 habitants. In addition to this solution, it was also checked that the local water concessionaire, DESO, has a project to the implementation of a centralized treatment station that aims to serve the whole neighborhood and adjacent areas. Then, it was considered the same number of population to be contemplated and calculations were made to estimate the cost of implementing this system with the goal of comparing the final values of the two types of proposed solutions. From the final values found that were R\$15.422.223,43 for the implementation and maintenance of the decentralized system and R\$14.546.136,70 for the centralized system, so can be inferred that the first solution is economically viable.

Keywords: Decentralized treatment; Wetlands; neighborhood Jabotiana

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos..	6
Figura 2: Sistemas coletivos de coleta de esgoto	7
Figura 3: Representação Gráfica dos elementos que compõem a rede coletora de esgoto	12
Figura 4: Sistema de tratamento de águas residuais.....	13
Figura 5 - Funcionamento geral de um tanque séptico	22
Figura 6: Representação gráfica dos tipos de macrófitas aquáticas	24
Figura 7: Classificação das wetlands construídas	25
Figura 8 - Representação gráfica de uma wetland construída de fluxo superficial (WCFS)	25
Figura 9 - Representação gráfica de uma wetland construída de fluxo subsuperficial horizontal (WCFH)	26
Figura 10 - Representação gráfica de uma wetland construída de fluxo subsuperficial vertical (WCFV)	26
Figura 11 - Representação gráfica de uma wetland construída híbrida	26
Figura 12: Área de Estudo	29
Figura 13: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Hidrografia.....	30
Figura 14: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Solos.....	32
Figura 15: Mapa Geoambiental de Aracaju - Relevo.....	33
Figura 16: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Legislação	34
Figura 17: Uso e Ocupação do solo no bairro Jabotiana em 2016.....	35
Figura 18: Representação gráfica de wetland de fluxo horizontal	37
Figura 19: Áreas atendidas pelo novo sistema.....	40
Figura 20 - Localização da ERQ - Jabotiana	41
Figura 21: ERQ - Jabotiana.....	42
Figura 22: Traçado da rede coletora centralizada	43
Figura 23: Traçado da rede coletora para o sistema descentralizado.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário.....	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões internas de uma unidade de tanque séptico	37
Tabela 2: Dimensões internas de uma unidade wetlands.....	38
Tabela 3: Componentes de uma unidade <i>wetlands</i>	38
Tabela 4 - Características previstas dos efluentes a serem processados na ERQ - Jabotiana.....	41
Tabela 5: Quantitativo dos componentes a serem instalados na ERQ-Jabotiana	42
Tabela 6: Distribuição da composição dos diâmetros da rede de transporte de esgoto por faixas de população de saturação	44
Tabela 7: Tipo de escoramento por profundidade de escavação.....	44
Tabela 8: Distribuição da composição do tipo de escoramento por nível de declividade terreno	45
Tabela 9: Custo da rede coletora (R\$/m) para solo favorável e alta urbanização.....	45
Tabela 10: Estimativa de custos da rede centralizada.....	48
Tabela 11: Resumo dos custos do Sistema Centralizado	48
Tabela 12: Distribuição dos módulos do sistema descentralizado.....	49
Tabela 13: Orçamento de insumos e serviços para construção de 01 Tanque Séptico ...	51
Tabela 14: Orçamento para construção de 01 Wetland construída de fluxo horizontal .	52
Tabela 15: Estimativa de custo para o plantio de mudas de Taboa	53
Tabela 16: Estimativa de custos para o sistema descentralizado	54
Tabela 17: Resumo dos Custos do Sistema de Coleta e Tratamento	54
Tabela 18: Resumo dos custos finais de cada sistema	56

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Caixa de Passagem
DAFA	Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ENPRO	Engenharia de Projetos e Obras Ltda.
ERQ –	Estação de Recuperação de Qualidade
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCOCOOP	Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLANSAB	Plano Nacional do Saneamento Básico
PV	Poço de Visita
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIL	Tubo de Inspeção e Limpeza
TL	Tubo de Limpeza
TQ	Tubo de Queda
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
WC	<i>Wetland Construído</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	..1
2. OBJETIVOS	3
2.1.Objetivo Geral.....	3
2.2.Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.Esgotamento Sanitário	4
3.1.1.Esgoto, meio ambiente e saúde pública	4
3.1.2.Esgotamento Sanitário no Brasil	5
3.2.Definições de esgoto	6
3.2.1. Parcelas de contribuição de esgoto	7
3.2.2. Estimativas da população	9
3.3.Sistemas Centralizados de Esgoto	10
3.4. Sistemas Descentralizados de Esgoto	13
3.5.Tratamento de Efluentes	14
3.5.1.Tipos de Tratamento.....	15
3.5.2.Tanques Sépticos	21
3.5.3. <i>Wetlands</i>	22
3.6.Legislação sobre níveis de tratamento	26
3.6.1. Resolução CONAMA 357/2005	26
3.6.2. Resolução CONAMA 430/2011	27
4. METODOLOGIA.....	29
4.1. Área de Estudo	29
4.2. Caracterização ambiental e sanitária da área de estudo.....	30
4.2.1. Aspectos Hidrológicos	30
4.2.2. Características do solo	31
4.2.3. Características do Relevo	32
4.2.4. Aspectos Legais.....	33
4.2.5. Uso e Ocupação do Solo	34
4.2.6. Caracterização sanitária da área de estudo	36
4.3. Caracterização dos módulos de tratamento	36
4.3.1. Caracterização do Tanque Séptico	37
4.3.2. Caracterização das <i>wetlands</i> horizontais.....	38
4.4. Estimativa da População	39
4.5. Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema Centralizado	39

4.5.1. Estimativas de Custo	42
4.6. Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema Descentralizado	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1. Estimativa da população	47
5.2. Sistema Centralizado	47
5.2.1. Estimativa dos custos de Implantação, Manutenção e Operação do Sistema	47
5.2.2. Rede Coletora	47
5.2.3. Análise de Viabilidade Econômica	48
5.3. Sistema Descentralizado	49
5.3.1. Custo do Sistema Tanque Séptico	49
5.3.2. Custo do Sistema <i>Wetland</i> Horizontal	52
5.3.3. Estimativa de custo da Rede Coletora para Sistema Descentralizado	53
5.3.4. Análise de Viabilidade Econômica	54
5.4. Comparação entre os sistemas	55
6. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58
ANEXO A – CROQUI: TANQUE SÉPTICO	61
ANEXO B – CROQUI: WETLANDS HORIZONTAIS	62
ANEXO C – CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	63
ANEXO D – CROQUI DAS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS	64
ANEXO E – CROQUI: SISTEMA DE TRATAMENTO	68

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade nos mostra que viver em aglomerados urbanos com o passar do tempo se tornou cada vez mais comum. A formação de grandes centros facilita em muitos aspectos a vida em sociedade, mas também traz consequências indesejadas como uma intensa produção de dejetos humanos.

De maneira instintiva, o homem aprendeu que existem doenças de veiculação hídrica que podem comprometer seriamente a saúde da população. Diante desse problema, as civilizações começaram a desenvolver técnicas, buscando o afastamento desses dejetos da forma mais rápida possível.

Com o passar do tempo, foi desenvolvido um conjunto de medidas que visam a promover a saúde e a qualidade de vida da população, o que pode ser definido como Saneamento Básico. Essas medidas incluem os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e gestão de resíduos sólidos. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada R\$ 1,00 investido em saneamento, o governo economiza R\$ 4,00 em saúde.

Apesar de anos de conhecimento sobre a importância e benefícios desses serviços, o esgotamento sanitário no Brasil ainda é mal distribuído. Prova disso, é que atualmente o país abrange pouco mais que a metade de sua população com o serviço público de coleta de esgoto.

Diante dessa realidade, o bairro Jabotiana faz parte da estatística de localidades que não possuem sistema de esgotamento sanitário adequado. A área de estudo apresenta apenas a presença de fossas sépticas e o serviço de coleta de esgoto que acaba sendo despejado na rede de drenagem pluvial local ou no rio Poxim, causando a degradação ambiental. Além disso, nas comunidades mais vulneráveis do bairro, o descarte inadequado acaba expondo a população ao contato com água contaminada o que contribui para a proliferação de doenças, comprometendo assim a saúde e o bem-estar humano.

Diante dessa realidade, o projeto de pesquisa de Silva Netto *et al.* (2018) propôs a instalação de um sistema descentralizado para resolver o problema de coleta e tratamento de esgoto na comunidade do Largo da Aparecida, localizada no bairro Jabotiana. A partir dos valores definidos na pesquisa citada, é possível fazer uma estimativa para expandir essa solução de forma que atenda toda a região.

Além da proposta do tratamento descentralizado, a concessionária local (DESO) possui o projeto de uma estação centralizada de tratamento de esgoto que vai atender toda a área de estudo. Diante das duas possibilidades de soluções para o problema e dos dados coletados, o presente trabalho consiste em estimar os custos de cada solução e avaliar qual apresenta o melhor custo-benefício.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo realizar uma comparação entre as propostas dos sistemas centralizados e descentralizados, sugeridos para solucionar o problema de esgotamento sanitário presente no bairro Jabotiana, Aracaju, Sergipe.

2.2. Objetivos Específicos

- Estimar os custos de implantação, manutenção e operação de um sistema descentralizado para a população atual do bairro Jabotiana.
- Estimar os custos implantação, manutenção e operação do sistema centralizado
- Realizar uma comparação qualitativa e quantitativa entre os dois sistemas apresentados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Esgotamento Sanitário

Esgoto é todo resíduo líquido oriundo das atividades de uma população, principalmente, os despejos gerados das atividades residenciais e comerciais de uma comunidade (DALTRO FILHO, 2004).

Esses resíduos devem ser coletados, conduzidos até o tratamento e lançados na natureza de forma que estejam de acordo com os parâmetros mínimos de qualidade, evitando ameaças à saúde e ao meio ambiente. Todo esse processo compõe o sistema de esgotamento sanitário que é o conjunto de procedimentos para coleta, tratamento e disposição desses resíduos (OPAS BRASIL, 2019).

Segundo a lei Nº 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, o esgotamento sanitário é constituído pelas atividades de infraestruturas e instalações de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

3.1.1. Esgoto, meio ambiente e saúde pública

De acordo com Cavinatto (1992), o homem aprendeu instintivamente que a água contaminada por dejetos podia transmitir doenças. Prova disso é que as civilizações antigas como a grega e a romana já desenvolviam técnicas avançadas de tratamento e distribuição de água.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que o saneamento básico precário é uma grave ameaça à saúde humana. Embora seja bastante difundido no mundo, a ausência de saneamento básico ainda é muito relacionada à pobreza, já que afeta principalmente a população de baixa renda. Doenças causadas por sistema de água e esgoto ineficazes, provocam a morte de milhões de pessoas todos os anos, com incidência maior nos países subdesenvolvidos.

Além de prevenir a proliferação de doenças, o tratamento de esgoto mostra-se fundamental na preservação dos recursos hídricos, pelo fato de minimizar os impactos dos lançamentos dos rejeitos ao recuperar parte da qualidade da água que vai ser lançada na natureza, quando executado de maneira adequada (DALTRO FILHO, 2004).

3.1.2. Esgotamento Sanitário no Brasil

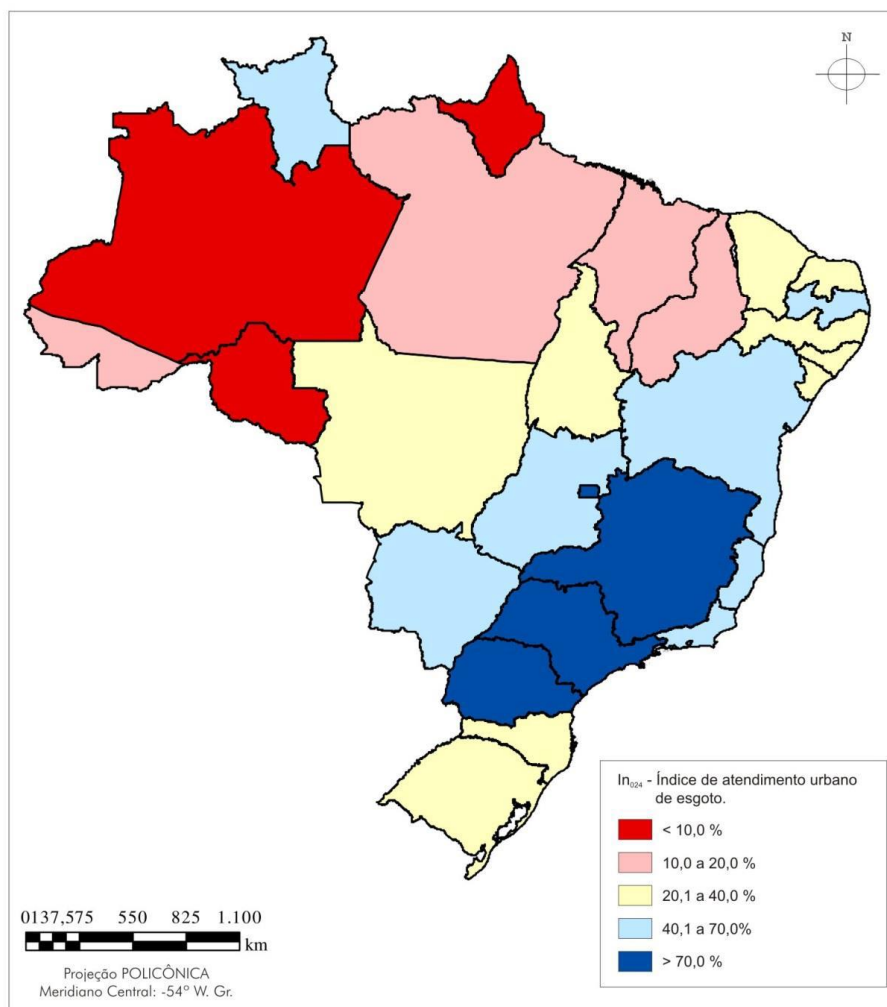
Em muitos lugares, sobretudo nos países em desenvolvimento, a ausência de um sistema de tratamento de dejetos é uma das maiores questões ambientais. O problema é essencialmente maior nas áreas periurbanas e rurais onde grande parte da população é de baixa renda (OPAS BRASIL, 2019).

No Brasil, o fornecimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário teve diferentes composições ao longo do século XX e durante o século XXI. De maneira bastante resumida podem-se destacar seis importantes momentos na história do saneamento no país: (a) O uso privado e sem controle da água até a metade da década de 1930; (b) Maior controle e participação do Estado, com o fornecimento do serviço público durante o período de industrialização que ocorreu durante as décadas de 1940 a 1970; (c) O aumento das políticas setoriais e mudança de grande parte da prestação dos serviços municipais para as companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBS) durante o período militar; (d) Com o fim da ditadura ocorreu a descentralização e um aumento da participação social com o processo de redemocratização; (e) Tentativa de privatização dos serviços públicos durante os anos 1990; (f) Retorno do planejamento descentralizado com o lançamento do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). Finalmente, em 2007 ocorreu a aprovação da Lei 11.445, Lei de Diretrizes nacionais para o Saneamento Básico (DIEESE, 2016).

Conforme a OPAS BRASIL (2019), apesar das medidas implementadas nas últimas décadas, os investimentos neste segmento continuam insuficientes, ao passo que a necessidade de coleta e tratamento de esgoto continua a crescer. Isso ocorre devido às proporções continentais do país e suas adversidades políticas.

Segundo pesquisas do SNIS (2018), o índice médio de atendimento de coleta de esgoto é de 59,7% nas regiões urbanas das cidades brasileiras, destacando-se a região Sudeste, com média de 83,2%. Em relação ao tratamento de esgoto, verifica-se que o índice médio do país chega a 44,9% para estimativa dos esgotos gerados e 74,9% para os esgotos que são coletados. A Figura 1 apresenta um mapa de índice de atendimento urbano por estado no Brasil.

Figura 1: Representação do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos



Fonte: SNIS (2018).

3.2. Definições de esgoto

A implantação do sistema de esgotamento sanitário em uma comunidade tem por objetivo o afastamento rápido e seguro dos dejetos, coleta individualizada ou coletiva, tratamento e despejo adequado. Todo esse processo visa a preservação do meio ambiente, melhoria das condições sanitárias e estéticas do local, eliminação da contaminação, redução dos custos com a saúde da população e diminuição dos custos com tratamento da água. Logo, o objetivo principal do sistema é eliminar ao máximo a possibilidade do contato de dejetos humanos com a população, minimizando a poluição de corpos hídricos e a incidência de doenças causadas por transmissores presentes nas águas residuárias (LEAL *apud* RIBEIRO; ROOKE, 2008).

3.2.1. Parcelas de contribuição de esgoto

Segundo Von Sperling (1996), os sistemas de coleta de esgoto podem ser classificados em dois tipos:

- Sistemas unitários: Os esgotos e as águas pluviais seguem até a estação de tratamento pelo mesmo sistema de tubulações.
- Sistema separador: As águas pluviais são conduzidas em linhas de drenagem que não fazem parte do sistema de esgotamento sanitário.

Figura 2: Sistemas coletivos de coleta de esgoto



Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996)

Ainda conforme Von Sperling (1996), no Brasil o sistema majoritariamente utilizado é o separador, logo as contribuições de esgoto são oriundas essencialmente de três formas distintas, que são:

- Esgotos domésticos (residências, instituições e comércio)
- Água de infiltração
- Esgoto industrial
- Vazões parasitárias

A) Esgoto industrial

De acordo com Alem Sobrinho (1999), para o projeto de um sistema de esgotamento sanitário, é preciso o conhecimento preliminar da quantidade, do porte e das características das indústrias que colaboram com o sistema.

A vazão de esgoto proveniente dos dejetos indústrias é função direta de fatores como o tipo de processo empregado, o grau de reciclagem, e existência ou não de pré-tratamento. Dessa maneira, cada indústria exige um estudo individual, apesar de serem do mesmo segmento podem apresentar diferenças nos valores de vazões de contribuição (VON SPERLING, 1996).

B) Vazões de Infiltração

As vazões de infiltração são colaborações parasitárias proveniente da entrada de águas vindas do subsolo. Para Von Sperling (1996), a infiltração acontece por meio das tubulações com defeito, como juntas, conexões ou poços de visita.

Os valores de quantidade de água infiltrada são obtidos em função de diversos fatores, como o tipo do solo, profundidade do lençol freático, topografia do terreno e da população (METCALF; EDDY, 1991 *apud* VON SPERLING, 1996).

De acordo com Alem Sobrinho (2012), os coletores prediais têm uma grande importância na contribuição de vazão de infiltração, já que essas ligações têm maiores extensões e o processo de execução não é tão aprimorado quando comparados ao da rede pública, ou seja, a vazão de infiltração geralmente tem sua maior parcela oriunda das residências.

Em relação ao valor da taxa de infiltração, a NBR 9649 (1986) evidencia que vai depender de condições locais como: NA do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado. Os valores adotados devem variar de 0,05 a 1,01 l/s.k e deve ser justificado.

C) Esgoto Doméstico

A vazão doméstica geralmente se refere aos esgotos provenientes das residências, atividades comerciais e institucionais de uma determinada comunidade (VON SPERLING, 1996).

Ainda de acordo com Von Sperling (1996), esse valor geralmente é calculado a partir dos valores de consumo de água da região, que é estimado com base na população de projeto e em um valor médio de consumo diário de água para uma pessoa, o que seria o consumo per

capita. Além desses valores, para o projeto de estações de tratamento de esgoto ainda é necessário analisar os valores máximos e mínimos de vazões. Sendo assim, pode-se observar uma relação entre o consumo per capita de água e as vazões de esgoto.

O consumo per capita é um critério bastante particular e é calculado a partir do produto do consumo de água e o coeficiente de retorno. Os valores de consumo são dependentes de diversos fatores que englobam características sociais, culturais e geográficas. Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) destacam algumas características que influenciam na obtenção desse valor, como: os hábitos higiênicos e culturais da população; as instalações e equipamentos hidráulicos-sanitários dos imóveis; a forma de controle sobre o consumo; o valor da tarifa e a presença ou não de subsídios sociais; as condições dos mananciais; a regularidade ou não do abastecimento; temperatura média da localidade; renda familiar; o tipo de atividade comercial, entre outros. O coeficiente de retorno é obtido através da razão entre o volume de esgoto que retorna à rede de coleta e o volume de água fornecido pela concessionária. A água que infiltra no solo é originada a partir de atividades como lavagem de quintais e calçadas ou ainda a irrigação de jardins e parques. Dessa maneira, parte da água infiltra no subsolo e outra parte é captada pelos sistemas de drenagem. Os valores desse coeficiente situam-se entre 0,5 a 0,9, variando de acordo com as características da região (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

D) Vazões Parasitárias

Conforme Nuvolari (2011), as águas pluviais acabam chegando nas tubulações do sistema separador absoluto. Isso ocorre devido a defeitos nas instalações, ligações clandestinas, falta de fiscalização e à negligência. Essa situação não deve ser ignorada e é preciso admitir um nível tolerável de águas pluviais no sistema de esgotamento e monitorar para que esse nível não passe do limite. Estas águas chegam até os coletores através da:

- (a) Canalização pluviais prediais ligadas à rede de esgoto
- (b) Interligações de galerias de águas pluviais à rede de esgoto
- (c) Poços de visita e outras aberturas do sistema
- (d) Ligações abandonadas

3.2.2. Estimativas da população

É preciso estimar a população que vai ser atendida durante toda a vida útil do sistema projetado, já que é um dado imprescindível para o dimensionamento e operação do mesmo. A

partir dos valores de densidade demográfica é possível determinar valores de vazão de modo que permita que o sistema projetado funcione sempre de maneira eficiente.

A estimativa da população atual de uma região pode ser feita com base nos dados censitários ou a partir de pesquisas de campo, que coletam amostras representativas da quantidade de domicílios e do número de habitantes em cada um (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 1999).

Em relação a projeção populacional, existem diversos métodos que podem ser utilizados no cálculo dessa estimativa, Tsutiya e Sobrinho evidenciam os seguintes métodos:

- Componentes demográficos
- Matemáticos
- Extrapolação gráfica

De acordo com a NBR 9648/86 (ABNT, 1986), ainda é necessário considerar nas estimativas a população temporária, que é oriunda de outras comunidades por curtos períodos de tempo.

3.3.Sistemas Centralizados de Esgoto

Os sistemas de tratamento de esgoto são compostos por equipamentos subdivididos em unidades de sistemas designados a coletar, transportar, tratar e despejar, na natureza, os efluentes residenciais, comerciais e industriais (NUVOLARI, 2011).

O processo de coleta dos esgotos ocorre através de tubulações que recebem contribuições divididas em sub-bacias que levam até os pontos de reunião de cotas baixas, onde estações elevatórias conduzem os efluentes até a área de tratamento (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

Daltro Filho (2004) apresenta algumas definições sobre os elementos de um sistema de esgotos separador absoluto, são elas:

- Caixa de Inspeção no passeio
- Ramal ou coletor predial
- Coletor Geral
- Coletor Principal
- Coletor Tronco
- Singularidades
- Interceptor

- Rede Coletora
- Emissário
- Estação Elevatória
- Estação de Tratamento

A) Caixa de Inspeção no passeio

É caracterizada por ser uma caixa de alvenaria ou pré-moldada, feita no passeio para coletar o esgoto oriundo das edificações. Em outras palavras, é a ligação entre a rede interna de esgoto de uma residência e a rede de esgotamento do sistema público

B) Ramal ou coletor predial

É a parte da tubulação que leva o esgoto da edificação à canalização do sistema de esgoto público.

C) Coletor Geral

É a canalização mais trivial do sistema de esgoto e tem a função de coletar as contribuições dos coletores prediais.

D) Coletor Principal

Caracteriza-se por ser a tubulação do sistema público de esgotos responsável por receber as contribuições dos coletores gerais e prediais.

E) Coletor Tronco

Tem a função apenas de receber a contribuição dos coletores principais.

F) Singularidades

Definidas pelo poço de visita (PV), tubo de inspeção e limpeza (TIL), terminal de limpeza (TL), caixa de passagem (CP), sifão invertido e tubo de queda (TQ). O poço de visita é um elemento que pode ser de alvenaria ou concreto e tem a função de possibilitar o acesso à canalização para fins de manutenção, ligar um ou mais trechos, alteração de diâmetro ou ainda possibilitar a mudança de inclinação do trecho. O tubo de inspeção e limpeza vem sendo utilizado para substituir o PV, principalmente quando o material dos coletores é PVC, a profundidade do coletor for de até 3,0 m e quando ocorrer interligação de dois trechos. O Terminal de limpeza também pode ser um elemento que substitui o PV e é, geralmente, instalado nas extremidades iniciais do sistema. A caixa de passagem é um dispositivo sem acesso, pois sua função é basicamente desviar algum obstáculo que apareça no meio de um trecho, eliminando a necessidade de um PV. O sifão invertido é um mecanismo que possibilita a transposição de um coletor por baixo de um canal ou curso de água. Tubo de

Queda é um elemento que precisa ser colocado em um PV quando uma canalização afluenta possui degrau com uma altura maior ou igual a 0,50 m.

G) Interceptor

Caracteriza-se por ser a tubulação de esgoto que tem a função de receber apenas contribuição de coletores tronco e/ou principal

H) Rede coletora

É o conjunto de todas as canalizações, peças e dispositivos que tem a função de coletar e transportar os esgotos gerados em uma comunidade (Figura 3).

I) Emissário

É a última canalização do sistema que é responsável por receber contribuição do interceptor. Essa tubulação pode interligar a rede de esgotos à unidade de tratamento e pode ser também a parte do sistema que conduz o esgoto ao corpo receptor.

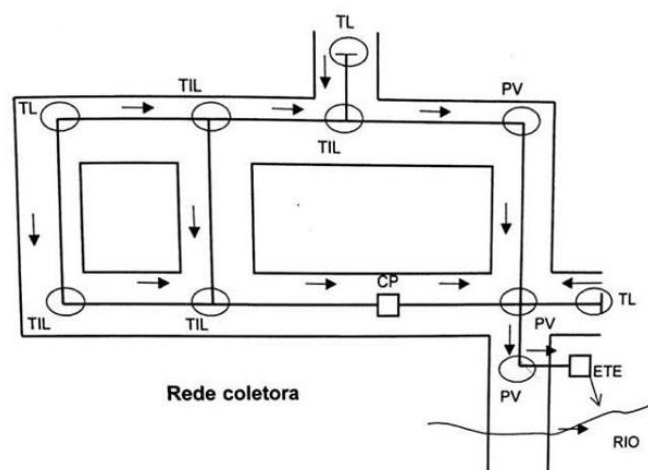
J) Estação elevatória

É a unidade que tem a função de bombear os esgotos quando ocorre a necessidade de vencer algum obstáculo (rios, elevações, canais) ou deseja-se recuperar uma cota mais favorável ao escoamento.

K) Estação de tratamento

É a etapa em que ocorre a depuração dos esgotos com o objetivo de minimizar o impacto no corpo receptor.

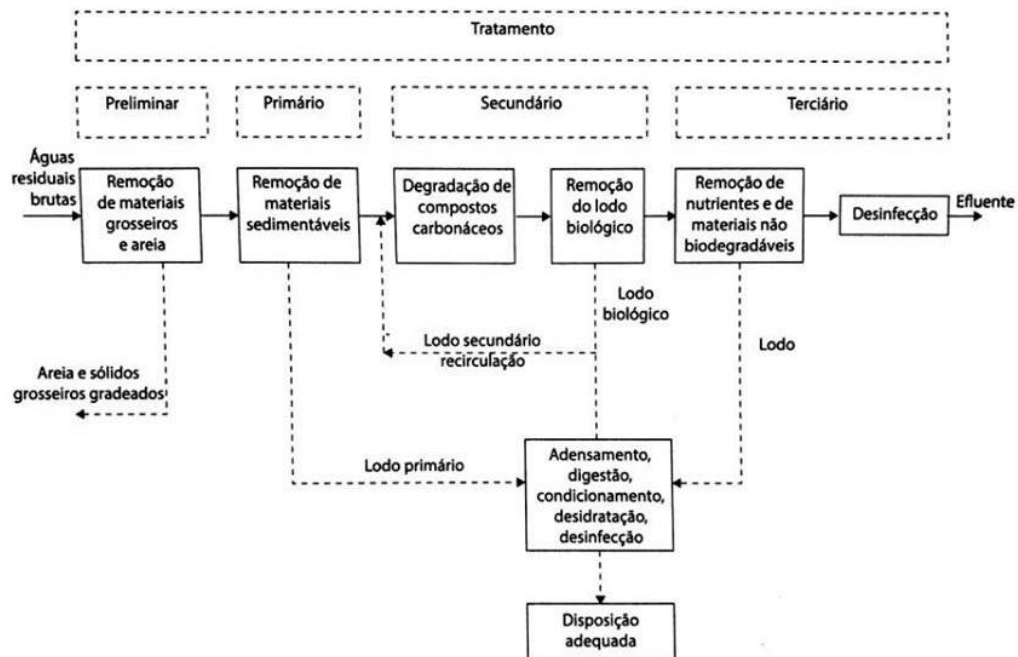
Figura 3: Representação Gráfica dos elementos que compõem a rede coletora de esgoto



Fonte: Daltro Filho (2004)

Segundo Oliveira Júnior (2013), a estação de tratamento pode apresentar características diferentes, em função da natureza do tratamento, volume e propriedades do esgoto da região. Na figura 4, temos a descrição dos níveis de tratamento de águas residuais.

Figura 4: Sistema de tratamento de águas residuais



Fonte: Mendonça, S e Mendonça, L (2016)

Ainda de acordo com Oliveira Júnior (2013), o uso dos níveis de tratamento dependerá das propriedades do efluente que será tratado, do volume e das exigências da qualidade final do esgoto. Devido às restrições ambientais determinadas pela legislação local, ocorre a necessidade da introdução de um tratamento terciário, que envolve um maior investimento e complexidade de implantação, operação e manutenção, além de precisar de mão de obra especializada. Geralmente, a maioria das estações das grandes cidades, de médio a elevado grau de industrialização, precisa de tratamento nos níveis primário, secundário, terciário e ainda necessita de tratamento de lodo e descarte adequado dos subprodutos sólidos.

3.4. Sistemas Descentralizados de Esgoto

De acordo com Souza (2009), a implantação do sistema de esgotamento sanitário não deve estar associada apenas a construção de grandes obras, hoje em dia existem inúmeras

técnicas alternativas de tratamento de água residuais próximas a fonte de esgoto. O uso dessas alternativas são soluções simplificadas, com eficiência garantida, custos menores em relação às alternativas tradicionais e algumas dessas tecnologias podem gerar renda para a comunidade local.

Segundo Benassi *et al.*, (2018), ainda que sejam bastante evidentes as relações entre o saneamento básico e a qualidade de vida e saúde da população, atualmente o Brasil possui um grande déficit na cobertura de saneamento básico, principalmente nas áreas periféricas dos grandes centros urbanos e nas zonas rurais, onde estão as populações mais pobres. Justamente nessas áreas é que os sistemas de tratamento alternativos são opções mais acessíveis, em comparação aos sistemas centralizados convencionais, já que se utilizam de tecnologias mais simples e que apresentam um baixo custo de implantação e manutenção.

Em vista disso, os sistemas alternativos de tratamento de esgoto estão sendo bastante utilizados, especialmente por serem de construção simplificada, fácil manutenção, por priorizarem a qualidade ambiental e de vida e ainda apresentam um baixo custo inicial quando comparados aos sistemas convencionais. Além disso, utilizam-se racionalmente dos recursos naturais, focando na sustentabilidade e tornam possíveis a utilização de sistemas descentralizados. Dessa maneira, existem várias tecnologias alternativas formadas por sistemas isolados que podem ser aplicadas para o tratamento de dejetos. Dentre elas, as soluções mais utilizadas são as fossas sépticas, os filtros biológicos e as *wetlands* construídas (BENASSI *et al.*, 2018).

A lei Nº 11.445/07 prenuncia a implementação, por parte dos municípios, destas novas alternativas de sistemas esgotamento sanitário. Essa lei incentiva a adoção de alternativas diferenciadas para prestação de serviços de saneamento ao prever: o estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico; o incentivo de alternativas que possibilitem a auto sustentação econômica dos serviços e o uso de tecnologias adequadas, levando em conta o poder aquisitivo dos usuários; a escolha de soluções graduais e progressivas; a disseminação dos conhecimentos gerados. Dessa maneira, todas estas alternativas podem e devem ser estudadas, desenvolvidas e implantadas pelo poder público e prestadores de serviços de saneamento, de maneira direta ou indireta através de parceria com outras instituições, visando sempre promover a saúde e o bem-estar da população.

3.5. Tratamento de Efluentes

Consoante Von Sperling (1996), as técnicas de tratamento dividem-se em operações e processos unitários, a junção destes formam os sistemas de tratamento existentes.

A definição de operação e processo unitário muitas vezes é empregada intercambiadamente, devido a possibilidade de os mesmos poderem ocorrer ao mesmo tempo em uma unidade de tratamento. De maneira geral, pode-se assumir as definições a seguir (METCALF; EDDY, 1991 *apud* VON SPERLING, 1996):

- **Operações físicas unitárias:** Técnicas de tratamento nas quais prevalecem a utilização de forças físicas (ex.: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração).
- **Processos químicos unitários:** Técnicas de tratamento nas quais a eliminação ou conversão de poluentes ocorre devido a adição de produtos químicos ou através de reações químicas (ex.: desinfecção, adsorção, precipitação).
- **Processos biológicos unitários:** Técnicas de tratamento nas quais a remoção de poluentes ocorre através da atividade biológica de microrganismos (ex.: remoção da matéria carbonácea e desnitrificação)

3.5.1. Tipos de Tratamento

Von Sperling (1996), apresenta o Quadro 1 com um resumo dos principais sistemas de esgotos domésticos a nível secundário utilizados no Brasil.

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	
Lagoa Facultativa	A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anacronicamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese.
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	A DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma facultativa única.

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	
Lagoa aerada facultativa	Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto, o oxigênio é fornecido por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa é também facultativa, uma grande parte dos sólidos do esgoto e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaerobiamente no fundo
Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação	A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

LODOS ATIVADOS	
Lodos ativados convencional	A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.
Lodos ativados por	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a biomassa

aeração prolongada	permanece mais tempo no sistema (os tanques de aeração são maiores). Com isto, há menos DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção. Em decorrência, o lodo excedente retirado (bactérias) já sai estabilizado. Não se incluem usualmente unidades de decantação primária.
--------------------	---

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

LODOS ATIVADOS	
Lodos Ativados de fluxo intermitente	A operação do sistema é intermitente. Assim, no mesmo tanque ocorrem, em fases diferentes, as etapas de reação (aeradores ligados) e sedimentação (aeradores desligados). Quando os aeradores estão desligados, os sólidos sedimentam, ocasião em que se retira o efluente (sobrenadante). Ao se religar os aeradores, os sólidos sedimentados retornam à massa líquida, o que dispensa as elevatórias de recirculação. Não há decantadores secundários. Pode ser na modalidade convencional ou aeração prolongada.
SISTEMAS AERÓBIOS COM BIOFILMES	
Filtro de baixa carga	A DBO é estabilizada aerobiamente por bactérias que crescem aderidas a um meio suporte (comumente pedras). O esgoto é aplicado na superfície do tanque através de distribuidores rotativos. O líquido percola pelo tanque, saindo pelo fundo, ao passo que a matéria orgânica fica retida pelas bactérias. Os espaços livres são vazios, o que permite a circulação de ar. No sistema de baixa carga, há pouca disponibilidade de DBO para as bactérias, o que faz com que as mesmas sofram uma autodigestão, saindo estabilizadas do sistema. As placas de bactérias que se despregam das pedras são removidas no decantador secundário. O sistema necessita de decantação primária.

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

SISTEMAS AERÓBIOS COM BIOFILMES	
Filtro de alta carga	Similar ao sistema anterior, com a diferença de que a carga de DBO aplicada é maior. As bactérias (lodo excedente) necessitam de estabilização no tratamento do todo. O efluente do decantador secundário é recirculado para o filtro, de forma a diluir o afluente e garantir uma carga hidráulica homogênea.
Biodisco	Os biodiscos não são filtros biológicos, mas apresentam a similaridade de que a biomassa cresce aderida a um meio suporte. Este meio é provido por discos que giram, ora expondo a superfície ao liquido, ora ao ar.
SISTEMAS ANAERÓBIOS	
Reator anaeróbio de manta de lodo	A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do liquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas zonas de sedimentação e de coleta de gás. A zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

SISTEMAS ANAERÓBIOS	
Filtro anaeróbio	A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.
DISPOSIÇÃO NO SOLO	
Infiltração lenta	Os esgotos são aplicados ao solo, fornecendo água e nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Parte do líquido é evaporada, parte percola no solo, e a maior parte é absorvida pelas plantas. As taxas de aplicação no terreno são bem baixas. O líquido pode ser aplicado segundo os métodos da aspersão, do alagamento, e da crista e vala.
Infiltração rápida	Os esgotos são dispostos em bacias rasas. O líquido passa pelo fundo poroso percola pelo solo. A perda por evaporação é menor, face às maiores taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos.
Infiltração subsuperficial	O esgoto pré-decantado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os tipos mais comuns são as valas de infiltração e os sumidouros.

Fonte: Von Sperling (1996)

Quadro 1: Descrição sucinta dos principais sistemas de tratamento de esgotos a nível secundário (continuação)

DISPOSIÇÃO NO SOLO	
Escoamento superficial	Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com uma certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior. A aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulações ou canais de distribuição com aberturas intervaladas.

Fonte: Von Sperling (1996)

Os sistemas apresentados anteriormente, geralmente são utilizados de maneira combinada. Um dos tipos de reatores mais usados nos principais sistemas de tratamento é o UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), que é um reator de fluxo ascendente de alta eficiência. Segundo Von Sperling (2005), os métodos combinados mais utilizados são:

- Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa
- Lagoa aerada mistura completa + lagoa sedimentação
- Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação
- Tanque séptico + filtro anaeróbico
- Lagoa facultativa
- Escoamento Superficial
- Terras úmidas construídas (wetlands)
- UASB + lodos ativados
- UASB + biofiltro aerado submerso
- UASB + filtro anaeróbio
- UASB + filtro biológico percolador de alta carga
- UASB + flotação por ar dissolvido
- UASB + lagoas de polimento
- UASB + lagoa aerada facultativa
- UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa de decantação
- UASB + escoamento superficial

3.5.2. Tanques Sépticos

O tanque séptico ou fossa séptica apresenta-se como alternativa bastante vantajosa como tratamento primário, por conta da sua simplicidade e baixos custos de implantação e manutenção. Esse sistema faz uso de processos como a sedimentação e flotação em um tanque, onde ocorre a decantação dos sólidos presentes nas águas residuais, que ficam depositados em seu interior, causando a decomposição da matéria orgânica presente nele por meio dos microrganismos anaeróbios. É uma tecnologia que não possui alta eficiência, especialmente na remoção dos microrganismos patogênicos e elementos dissolvidos no esgoto. Contudo, produz um efluente adequado, que pode ser conduzido com maior facilidade até um pós-tratamento ou destinação final (ANDREOLI *et al.*, 2009).

A eficiência desses sistemas depende de diversos fatores como: carga orgânica e hidráulica, geometria e disposição da câmara, temperatura e condições de funcionamento. Dessa maneira, a eficácia do sistema apresenta uma variação em função desses fatores, que geralmente encontra-se entre 40% e 70% na remoção de demanda bioquímica de (DBO) ou química (DQO) de oxigênio e 50% a 80% na eliminação de sólidos suspensos (ANDREOLI *et al.*, 2009).

No Brasil, o uso de sistemas descentralizados geralmente é aplicado no tratamento simplificado de esgoto é comum. Os tanques sépticos podem ser seguidos de tratamento complementar ou simples disposição ao solo através de sumidouros ou valos de infiltração (OLIVEIRA JUNIOR, 2013).

De acordo com a NBR 7229/93 (ABNT, 1993), o sistema de tanques sépticos aplica-se principalmente ao tratamento de esgoto doméstico. É proibido o encaminhamento ao tanque séptico de águas pluviais e despejos que possam causar interferências negativas no processo de tratamento, como o aumento excessivo na vazão de esgoto afluente. A utilização do sistema de tanque séptico é somente indicada para:

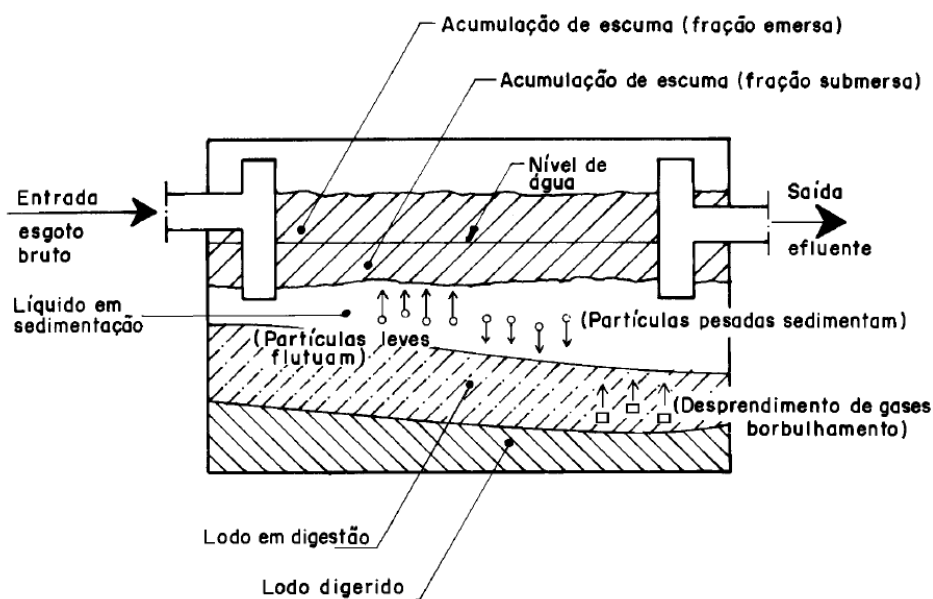
- a) Área desprovida de rede pública coletora de esgoto;
- b) Alternativa de tratamento de esgoto em áreas providas de rede coletora local;
- c) Retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando da utilização de rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzidos para transporte de efluente livre de sólidos sedimentáveis.

O emprego desse sistema para tratamento de despejos de hospitais, clínicas, laboratórios, postos de saúde, entre outros estabelecimentos de serviços de saúde deve ser primeiramente

avaliado pelas autoridades sanitárias e ambientais responsáveis, para o cumprimento de possíveis exigências específicas relacionadas ao pré e pós-tratamento (NBR 7229/93, 1993).

Ainda conforme previsto na NBR 7229/93 (ABNT, 1993), os materiais utilizados na construção dos tanques, tampões de fechamento e dispositivos internos devem apresentar resistência mecânica e química adequadas às solicitações que cada elemento esteja submetido. Esse sistema em operação deve preservar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, seguindo estritamente as orientações presentes nesta norma, em relação à estanqueidade de distâncias. Além disso, é importante ser projetado de forma completa, incorporando a disposição final dos efluentes e lodo, assim como, tratamento complementar quando exigido por norma. O esquema do funcionamento geral desse sistema está representado na Figura 5.

Figura 5 - Funcionamento geral de um tanque séptico



Fonte: NBR 7229/93 (1993)

3.5.3. Wetlands

Segundo Salati (2006), o termo “wetland” é empregado para caracterizar alguns ecossistemas naturais que ficam parcialmente ou totalmente inundados durante o ano. Estes sistemas apresentam importantes funções dentro do ecossistema o qual fazem parte como:

- a) A capacidade de regularização dos fluxos de água e de controle da qualidade da água;
- b) A capacidade de alterar e controlar a qualidade da água

- c) Proteção a biodiversidade como região de refúgio da fauna terrestre
- d) Controle da erosão, evitando assoreamento dos rios

Os sistemas de “*wetlands*” construídos vem sendo utilizados em vários países com o objetivo de recuperar os recursos hídricos. No Brasil, os principais usos e recomendações são para o pré-tratamento de água, tratamento secundário e terciário de esgoto urbano e para a distribuição de água urbana e industrial (SALATI, 2006).

Conforme Benassi *et al.*, (2018), as *wetlands* contruídas (WC), que também são chamadas de alagados construídos, são sistemas alagados artificiais projetados para o tratamento de águas residuárias, especialmente as de esgotos sanitários. Esses tipos de sistemas fazem uso de plantas aquáticas e microrganismos para controlar a poluição da água, contribuindo para a melhora da sua qualidade. As principais vantagens do uso deste sistema para o tratamento de esgotos são:

- a) Baixo custo de instalação, operação e manutenção quando comparadas com estações tradicionais de tratamento de efluentes;
- b) Baixa consumo de energia;
- c) Tolerância para variação de vazões;
- d) Esteticamente mais agradáveis que as estações tradicionais;
- e) Possibilidade de reuso ou reciclagem da água;
- f) Reciclagem de nutrientes;
- g) Ausência de vibração e ruídos;
- h) Tendência de diminuir ou até extinguir maus odores provenientes do esgoto;
- i) Satisfaz aos requisitos da legislação com relação aos padrões de emissões.

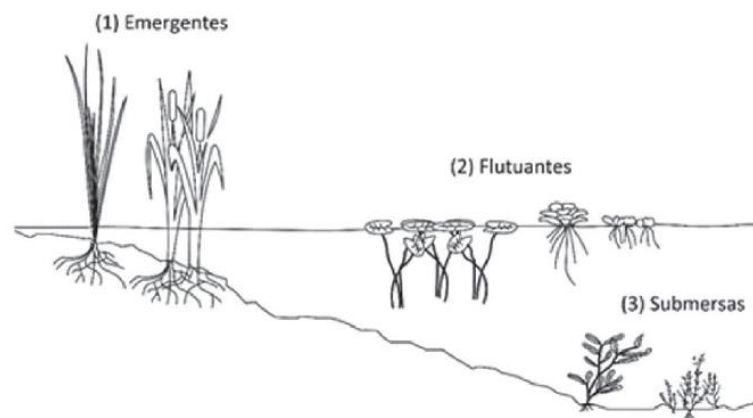
Estes sistemas fazem uso do potencial de descontaminação dos meios naturais que englobam vegetação, meio suporte e microrganismos, todos esses elementos são estruturados em uma caixa de plantas que possui dreno e vedação. Quando utilizados corretamente para o tratamento secundário de esgoto sanitário, ocorre uma boa remoção de nutrientes, DBO, DQO, amônia e agentes patogênicos, além de não produzirem lodo (TREIN *et al.*, 2015).

A vegetação que compõe esse tipo de sistema são as macrófitas aquáticas, plantas que flutuam ou ficam total ou parcialmente imersas em água doce ou salgada, servindo como meio de aderência para os microrganismos, são responsáveis pela liberação de oxigênio para o material filtrante, pela remoção e acúmulo de nutrientes, entre outras funções. Elas podem ser

classificadas em três tipos: (1) emergentes, (2) livres flutuantes e (3) submersas, conforme a Figura 6 (BENASSI *et al.*, 2018).

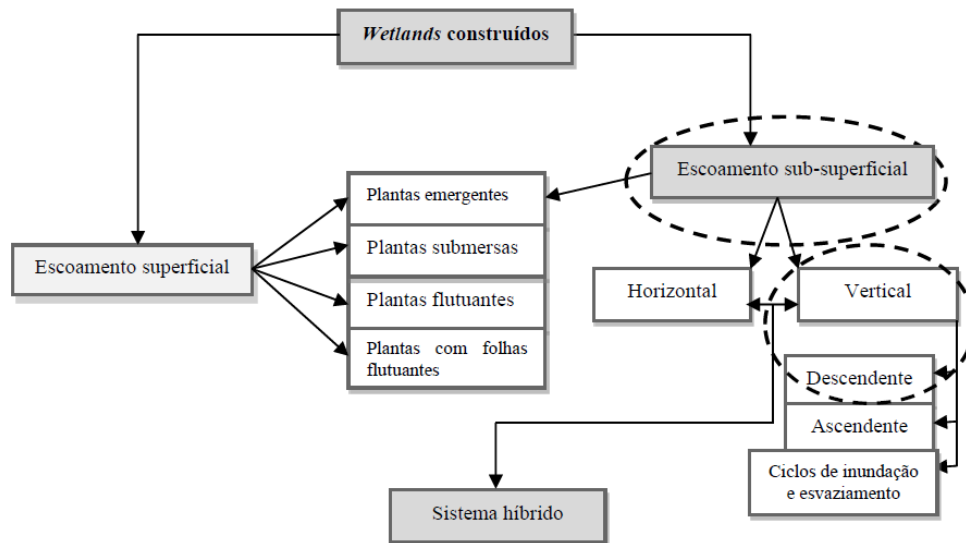
O material suporte ou filtrante, apresenta a função de meio de suporte para as macrófitas, como também tem função de filtro para retenção de sólidos suspensos encontrados no efluente e ainda serve como meio de aderência para o crescimento dos microrganismos. A escolha desse material está diretamente relacionada com as finalidades do tratamento, podendo ser: areais, solos naturais, pedras, fibra de coco, cascas, entre outros. O outro componente do sistema é a microbiota que é constituída por fungos e bactérias, estes microrganismos crescem aderidos ao meio suporte ou às raízes da vegetação, desenvolvendo o biofilme responsável pela degradação da matéria orgânica (BENASSI *et al.*, 2018).

Figura 6: Representação gráfica dos tipos de macrófitas aquáticas



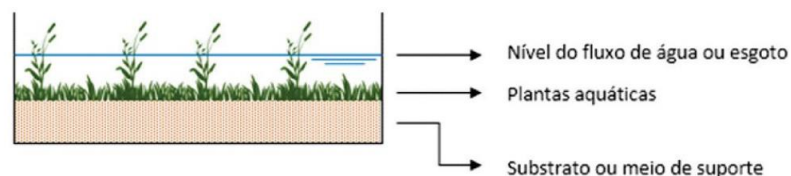
Fonte: Benassi *et al.* (2018)

Esses sistemas são categorizados basicamente em dois grupos: os de fluxo superficial e subsuperficial, este último ainda é classificado de acordo com o tipo de fluxo hidráulico que pode ser horizontal ou vertical conforme pode ser observado na Figura 7 (TREIN *et al.*, 2015).

Figura 7: Classificação das *wetlands* construídas

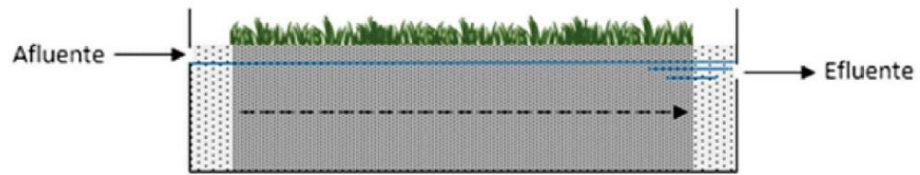
Fonte: TREIN *et al.* (2015)

As *wetlands* construídas de fluxo superficial (Figura 8) são indicadas, preferencialmente, para o tratamento terciário de efluente com ênfase na remoção de nutrientes, principalmente o fósforo. Enquanto que as de fluxo subsuperficial horizontal (Figura 9) são recomendadas, de preferência, para o tratamento secundário de águas residuais com foco na decomposição da matéria orgânica e sólidos suspensos. As *wetlands* construídas de fluxo subsuperficial vertical (Figura 10) são recomendadas para o tratamento terciário de efluentes focando na eliminação de nutriente, principalmente nitrogênio. Além disso, existe os sistemas híbridos ou combinados (Figura 11) que associam os sistemas de fluxo vertical e horizontal, juntando as vantagens de ambos os tipos de fluxo e aumentando a eficácia no tratamento do efluente (BENASSI *et al.*, 2018).

Figura 8 - Representação gráfica de uma *wetland* construída de fluxo superficial (WCFS)

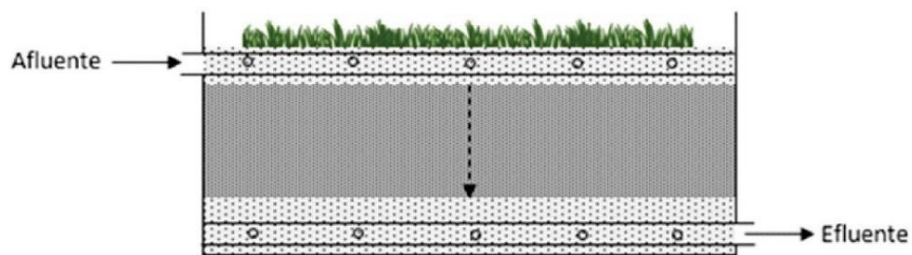
Fonte: Benassi *et al.* (2018)

Figura 9 - Representação gráfica de uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal (WCFH)



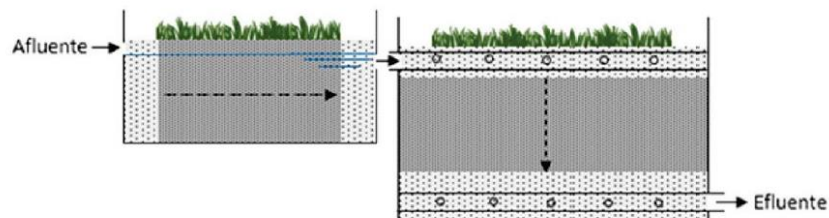
Fonte: Benassi *et al.* (2018)

Figura 10 - Representação gráfica de uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial vertical (WCFV)



Fonte: Benassi *et al.* (2018)

Figura 11 - Representação gráfica de uma *wetland* construída híbrida



Fonte: Benassi *et al.* (2018)

3.6. Legislação sobre níveis de tratamento

3.6.1. Resolução CONAMA 357/2005

A resolução CONAMA 357 (2005) classifica os recursos hídricos brasileiros em função de um conjunto de variáveis de qualidade da água e estabelece um referencial para enquadrar os corpos hídricos do país. Essa classificação é dividida em:

- Classe Especial
- Classe 1

- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4

A) Classe Especial

É utilizada para consumo humano e necessita apenas do processo de desinfecção, serve também para a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral.

B) Classe 1

É indicada para consumo humano depois que passar por um tratamento simplificado e também pode ser utilizada para recreação de contato primário (natação, mergulho e esqui aquático), irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas. Além disso, podem ser áreas destinadas a proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas

C) Classe 2

O uso é indicado para abastecimento do consumo humano, após o tratamento convencional, embora possa ser utilizado para recreação de contato primário. Além disso, pode ser também área de proteção de comunidades aquáticas. Também é utilizada na irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques e jardins e nas atividades de aquicultura e pesca.

D) Classe 3

Indicada para abastecimento humano somente após o tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras. Além disso, pode ser utilizada para recreação de contato secundário, pesca amadora e dessedentação de animais.

E) Classe 4

Utilizada apenas para navegação e harmonia paisagística.

3.6.2. Resolução CONAMA 430/2011

A Resolução Conama 430/2011 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho.

O despejo indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o que está disporrido nesta resolução, quando for verificada a ausência de legislação ou normas

específicas, disposições do órgão ambiental responsável, assim como diretrizes da concessionária dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

De acordo com a norma, os efluentes oriundos de qualquer fonte poluído apenas poderão ser lançados diretamente nos corpos hídricos depois de receber o tratamento indicado e ainda devem obedecer aos padrões, condições e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas admissíveis.

É importante ressaltar que o órgão ambiental responsável poderá, a qualquer momento, através de fundamentação técnica adicionar outros padrões e condições para a disposição de efluentes, tornando-os mais restritivos. Além disso, poderá também requerer tecnologias ambientalmente adequadas e economicamente viáveis para realizar o tratamento dos efluentes, de acordo com as condições apresentadas pelo corpo receptor.

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 430/2011):

I - Condições de lançamento de efluentes:

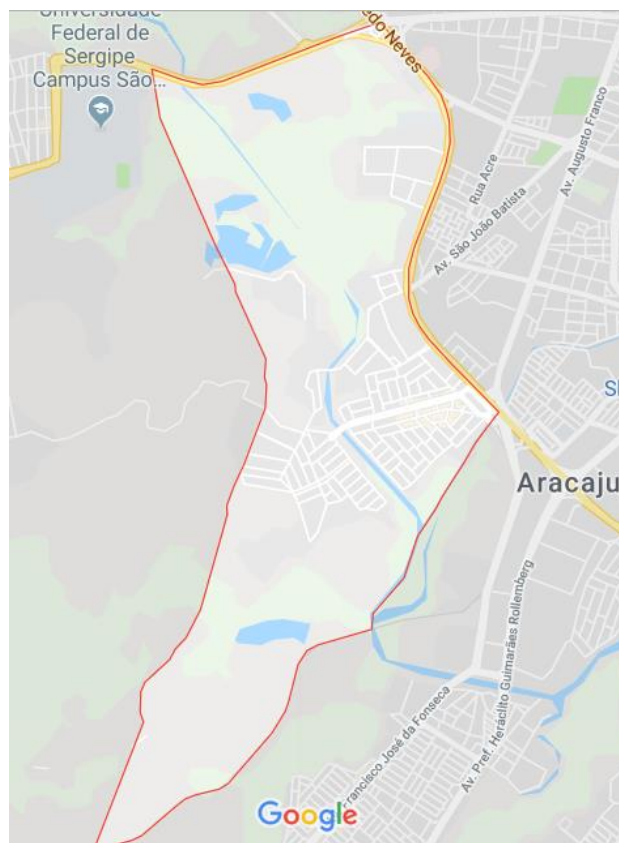
- a) pH entre 5 e 9;
- b) Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- e) Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) Ausência de materiais flutuantes.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de Estudo

Conforme informações divulgadas pela Prefeitura Municipal de Aracaju, o bairro Jabotiana possui uma área de 6,96 km², localiza-se na zona oeste da cidade, os limites políticos administrativos são os bairros Capucho, Inácio Barbosa, América e Ponto Novo (Figura 12).

Figura 12: Área de Estudo



Fonte: Google Maps (2019)

O bairro surgiu na década de 70, por meio da ocupação urbana que ocorreu devido a construção de dois extensos conjuntos habitacionais (Sol Nascente e Juscelino Kubitschek), por iniciativa da INOCOOP. Nos anos seguintes, houve a construção de outros conjuntos, com ênfase para o Santa Lúcia na década de 90, o que deu continuidade a esse processo de urbanização. Além disso, a partir dos anos 2000 inúmeras áreas restantes começaram a ser ocupadas pela construção de prédios residenciais de médio padrão (CARVALHO *apud* Silva Netto *et al.*, 2018).

De acordo com Aracaju (2016), o bairro Jabotiana é caracterizado pelo rápido crescimento impulsionado por programas habitacionais e de mercado imobiliário, somado a isso apresenta intensa concentração e fragilidade na infraestrutura de saneamento. Essas ligeiras transformações requerem atenção devido aos problemas de impactos ambientais e ao aumento da demanda dos sistemas de infraestrutura que compõem o bairro.

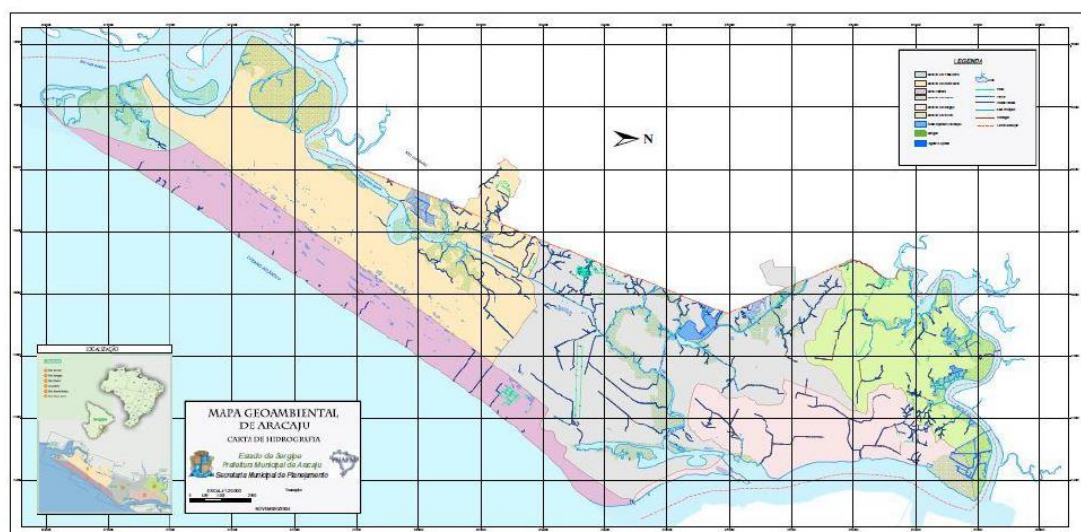
Segundo Nascimento (2014), as restrições impostas por lei em relação a construção de edificações na Zona de Expansão e em São Cristóvão, por conta da deficiência na infraestrutura de saneamento básico dessas regiões, foram o que motivaram o crescimento significativo do bairro Jabotiana desde 2010, onde a maioria dessas construções foram concentradas.

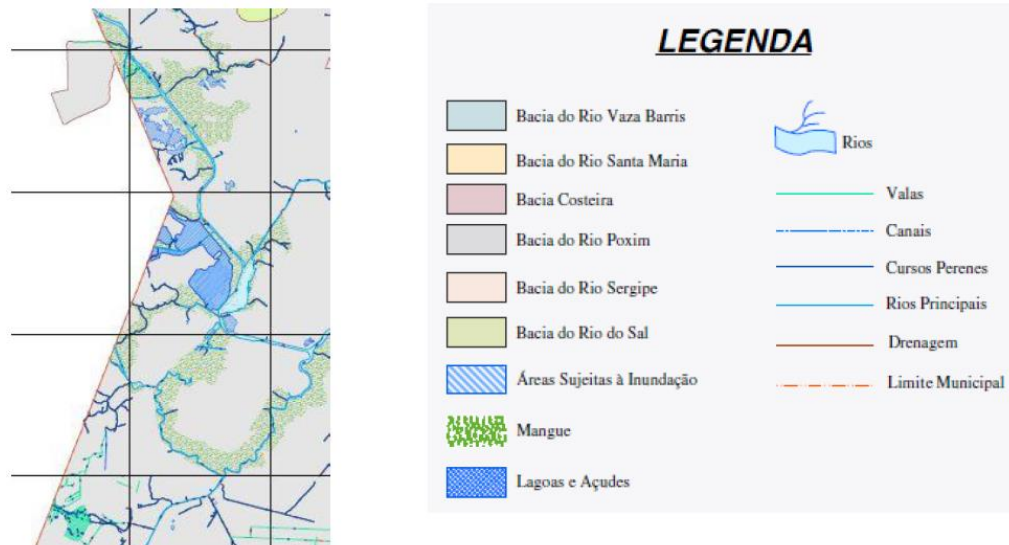
4.2. Caracterização ambiental e sanitária da área de estudo

4.2.1. Aspectos Hidrológicos

A área de estudo está totalmente inserida na Bacia do Rio Poxim, no qual o rio principal passa por toda a região (figura 13). A bacia é composta principalmente por riachos, cursos perenes e algumas lagoas e açudes. Em sua maior parte, o bairro é formado por mangues e existem concentrações de áreas que sofrem inundações, sobretudo na parte central do bairro.

Figura 13: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Hidrografia





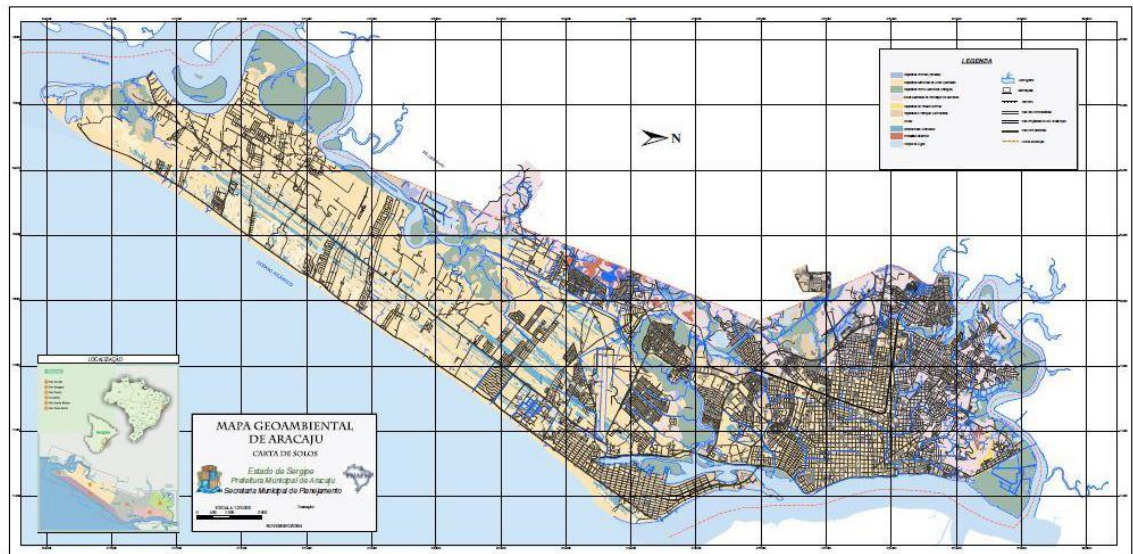
Fonte: Prefeitura Municipal de Aracaju (2016)

4.2.2. Características do solo

O bairro em estudo é caracterizado por apresentar diversas composições em relação ao solo, como é ilustrado no mapa abaixo (figura 14). É formado predominantemente por depósitos flúvios-marinhos, mais conhecidos como mangues, reunidos na parte norte do bairro. Há também a presença de solos residuais da formação de barreiras, conhecidos por serem de origem fluvial, concentrados na região sul da localidade. Além disso, pode-se destacar a existência de uma formação de depósitos marinhos de areia quartzosa no Norte, que é caracterizado pela suscetibilidade à erosão (Silva Netto et al., 2018).

A caracterização do solo apresenta-se importante para o desenvolvimento do trabalho, porque é necessário verificar a compatibilidade entre o tipo do mesmo e as tecnologias de sistemas descentralizados, além do fato de que o solo também pode ser uma opção de disposição para o esgoto tratado.

Figura 14: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Solos



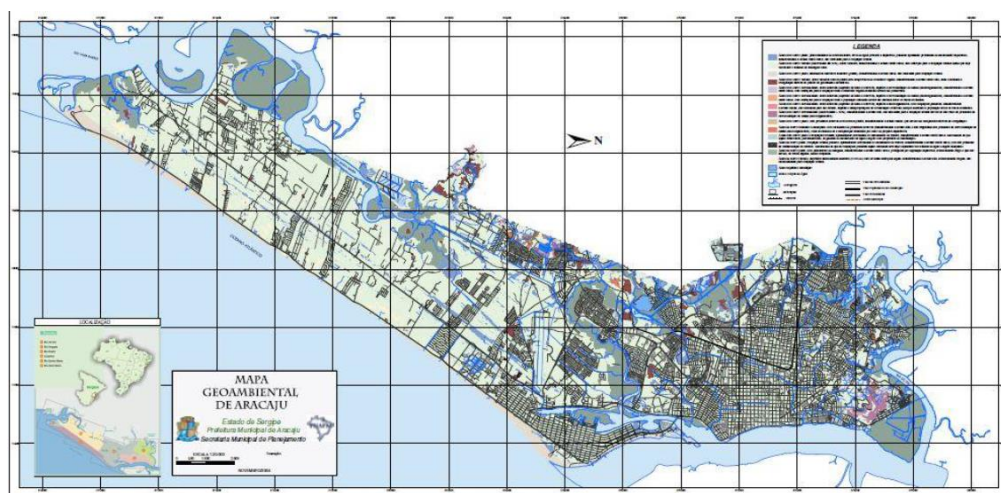
Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento (2004)

4.2.3. Características do Relevo

A maior parte do bairro Jabotiana caracteriza-se por ser uma área de relevo plano, com predominância de mangues, apresentando baixa suscetibilidade à erosão e que não devem de maneira nenhuma ser ocupadas, já que são áreas protegidas por legislação específica. Além disso, há pequenas áreas distribuídas pela região compostas por relevos variados, apresentando deposição de sedimentos arenosos mais conhecidos como dunas, com inúmeras restrições legais e alta suscetibilidade de erosão, ainda há áreas com relevo movimentado e solos instáveis, que apresentam risco de escorregamento e ambas também apresentam restrições quanto a ocupação. Portanto, a população fica concentrada em torno do centro do bairro, onde não existe estes tipos de relevos protegidos por lei.

Por conta da heterogeneidade e suscetibilidade do relevo da região, há diversas áreas que não podem ser ocupadas por qualquer tipo de empreendimento (Figura 15). Além disso, deve-se levar em conta os aspectos legais que identificam as regiões protegidas por lei e que não devem ser consideradas para implantação do sistema de tratamento descentralizado.

Figura 15: Mapa Geoambiental de Aracaju - Relevo



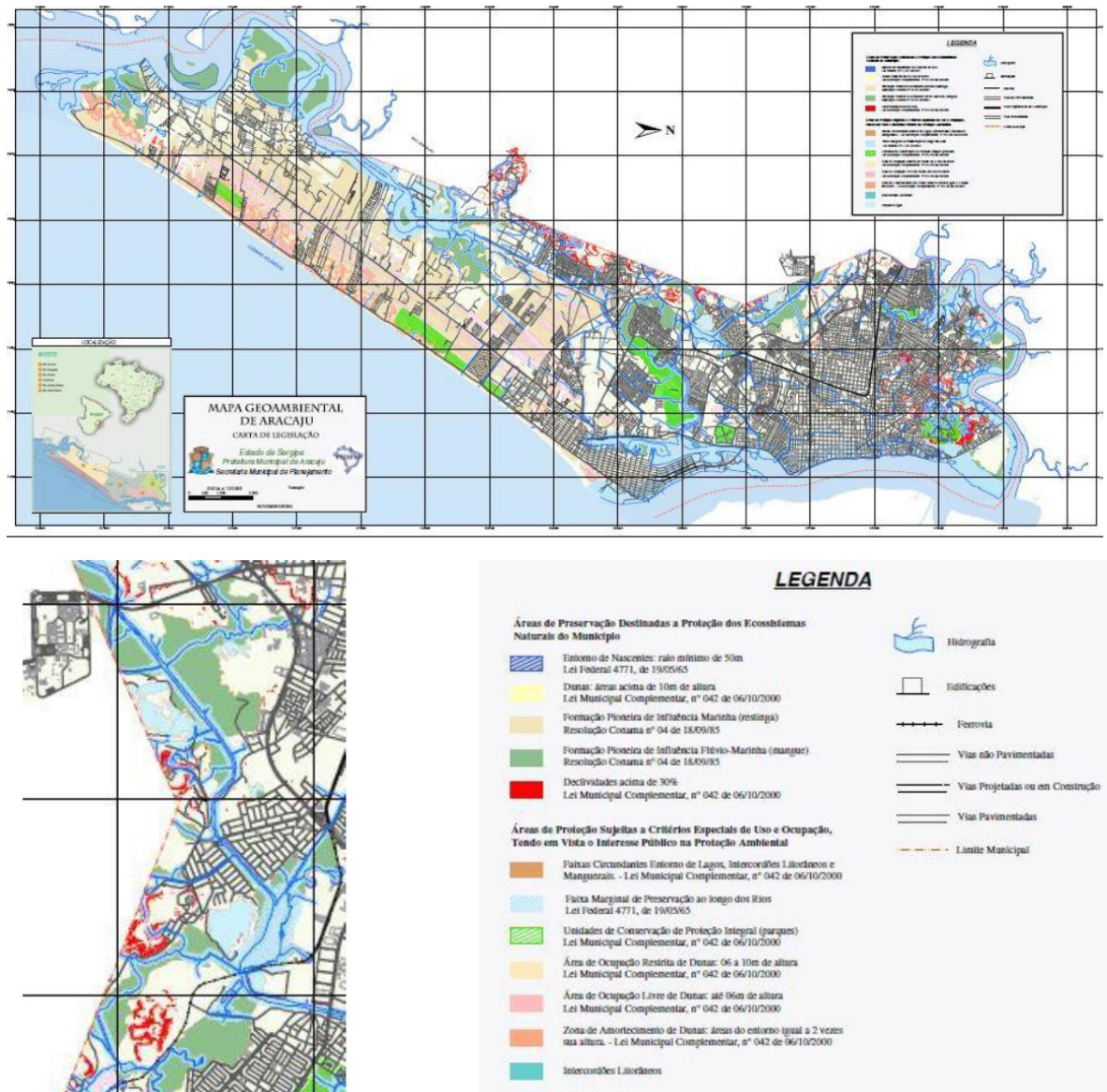
Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento (2004)

4.2.4. Aspectos Legais

Em Aracaju, há determinadas leis para a proteção de ecossistemas (Figura 16). Em relação ao bairro Jabotiana, destacam-se as leis na área de Preservação designadas a Proteção dos Ecossistemas Naturais do Município, sendo grande parte delas oriundas da resolução Conama nº 04 de 19/09/85 referente a Formação Pioneira de Influência Flúvio-Marinha (mangue), e declividade acima de 30% da Lei Municipal Complementar, nº 042 de

06/10/2000; e na Área de Proteção Sujeitas a Critérios Especiais de Uso e Ocupação, visando o interesse público na proteção ambiental, a Faixa Marginal de Preservação ao longo dos Rios que se refere a Lei Federal 4771 de 19/05/65.

Figura 16: Mapa Geoambiental de Aracaju - Carta de Legislação



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento (2004)

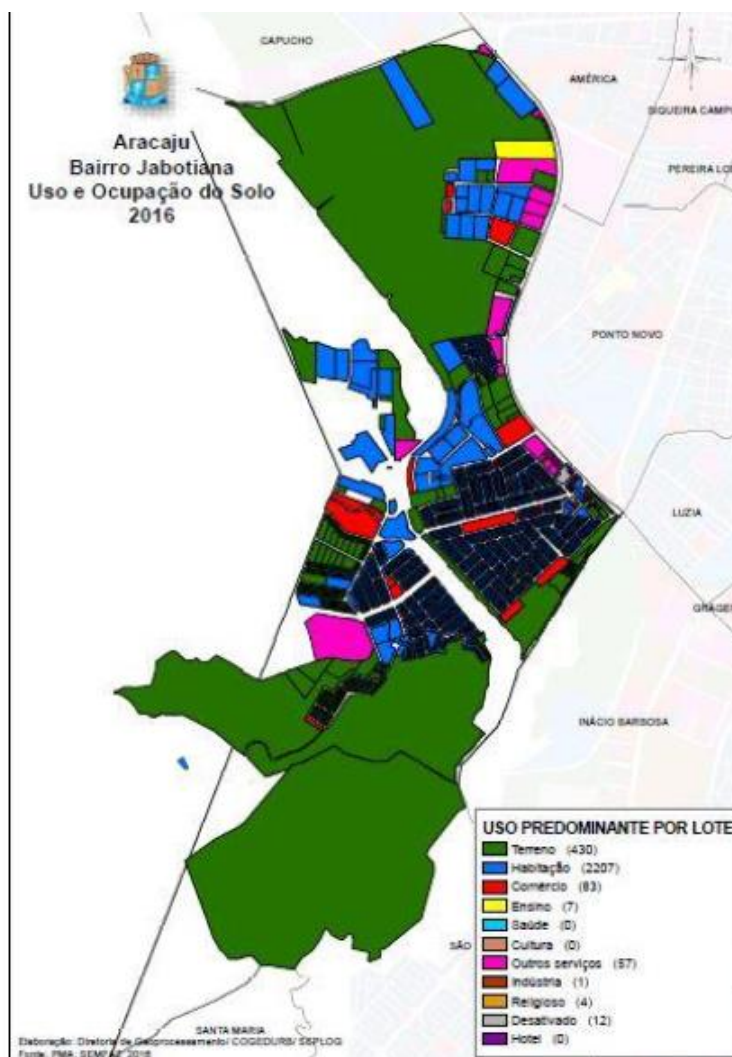
4.2.5. Uso e Ocupação do Solo

A região do Jabotiana é caracterizada por apresentar a maior parte do seu território formado por áreas verdes e naturais, mesmo com o processo de urbanização crescente no bairro promovido pelas construtoras.

Apesar de existir comunidades vulneráveis, elas estão localizadas em áreas em que o solo é valorizado, onde, cada vez mais, existe a tendência da instalação das construtoras através da aquisição de terrenos, por conta do crescimento do mercado imobiliário da região.

No mapa a seguir disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Aracaju (Figura 17), é possível identificar os pontos de uso e ocupação do solo no bairro Jabotiana no ano de 2016.

Figura 17: Uso e Ocupação do solo no bairro Jabotiana em 2016



Fonte: Prefeitura Municipal de Aracaju (2016)

Através da análise do mapa, é possível observar que a grande maioria dos terrenos estão desocupados, justamente pelo fato de serem protegidos por lei ou porque são de difícil acesso para ocupação. A urbanização fica concentrada no centro do bairro, onde a habitação é distribuída principalmente por lotes e condomínios.

4.2.6. Caracterização sanitária da área de estudo

Atualmente, a infraestrutura do bairro Jabotiana é caracterizada pela ineficiência na coleta e tratamento de esgoto. Segundo o estudo ambiental feito pela ENPRO (2015), verifica-se que o bairro possui apenas sistemas descentralizados do tipo fossas sépticas comuns, o que leva ao despejo de efluentes inadequados no sistema de drenagem da região e consequentemente no Rio Poxim. Dessa maneira, constata-se que o bairro necessita de um sistema centralizado que contemple grande parte da população, pois a falta de uma rede coletora e de um sistema de tratamento adequado leva a problemas ambientais, como a poluição dos corpos hídricos e do solo.

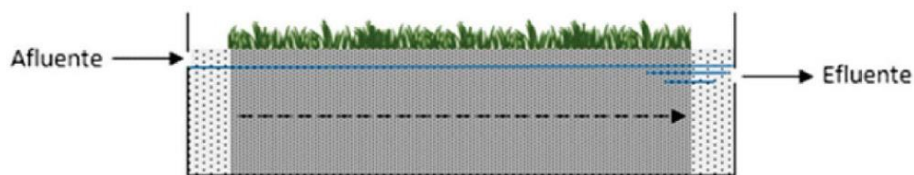
4.3. Caracterização dos módulos de tratamento

A partir do relatório de PIBIC de Silva Netto et al., (2018), decidiu-se expandir a solução proposta da comunidade existente no bairro, Largo da Aparecida, para toda a população do Jabotiana. De acordo com a pesquisa, os resultados encontrados foram que para uma população de 1.596 habitantes, seriam necessárias quatro unidades de tanques sépticos seguidos de quatro unidades de *wetlands* horizontais para realizar o tratamento do volume de esgoto de toda a área de estudo. A partir desses valores e conhecendo o número de habitantes atual do bairro Jabotiana, será possível determinar quantas unidades desse sistema descentralizado serão necessárias para atender toda a população da região.

Tendo em vista que os sistemas atualmente utilizados pela comunidade são basicamente compostos por fossas construídas de forma inadequada, a escolha da instalação de tanque sépticos como solução para o tratamento primário é a solução mais apropriada. Visto que, é um método parecido com o que já existe na região, o que pode gerar maior aceitação por parte da população e evitar maiores transtornos.

Além dessa solução para o tratamento primário, foi proposto também a implantação de um sistema de *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal para complementar o tratamento do efluente (Figura 18), visando obter um resíduo com menor impacto ambiental.

Logo, a solução final proposta é basicamente a combinação do tanque séptico como tratamento primário, seguido de sistemas de *wetlands* construídos de fluxo horizontal para o tratamento secundário.

Figura 18: Representação gráfica de *wetland* de fluxo horizontalFonte: Benassi *et al.* (2018)

4.3.1. Caracterização do Tanque Séptico

Os tanques sépticos caracterizam-se por ser uma excelente solução para o tratamento primário de esgoto doméstico por meio dos processos de sedimentação, flotação e digestão. Dessa maneira, justifica-se a escolha deste tipo de solução para o tratamento primário do sistema que será implantado na região. Somado a isso, foi estabelecido eficiência à remoção de DBO de 40%.

O dimensionamento foi retirado do relatório de Silva Netto *et al.*, (2018), no qual foi adotada uma contribuição diária de esgotos de $C = 100 \text{ L/pessoa}$ e de lodo fresco $L_f = 1\text{L/pessoa}$. Todas as considerações e cálculos realizados pelos autores na pesquisa seguiram as recomendações e considerações da norma ABNT NBR 7229:2013, conforme é apresentado na metodologia do trabalho deles. Os resultados para o dimensionamento de 01 tanque séptico são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Dimensões internas de uma unidade de tanque séptico

Volume útil (V)	43,8 m ³
Comprimento (L)	5,92 m
Largura (B)	2,96 m
Profundidade útil (h)	2,50 m

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

Além desses valores, ainda de acordo de com Silva Netto *et al.*, (2018) também foram adotados uma única câmara para cada tanque, já que a utilização de câmaras múltiplas em série é recomendada para os tanques de volume pequeno a médio. Em relação aos dispositivos de entrada e saída, manutenção, inspeção e limpeza, as considerações que se encontram na norma devem ser seguidas para conseguir obter o desempenho máximo do tanque séptico.

Quanto à disposição de lodo, a norma sugere que para situações em que a região não possui rede coletora de esgoto, deve-se consultar os órgãos responsáveis pelo saneamento básico, meio ambiente e saúde para decidir o tratamento e destinação final de todo o resíduo coletado, sem que ocorra maiores prejuízos à saúde e ao meio ambiente.

O croqui do sistema com as dimensões definidas e recomendadas por norma encontra-se no Anexo A.

4.3.2. Caracterização das *wetlands* horizontais

Esse tipo de sistema de tratamento é conhecido por apresentar um custo mais acessível, sem comprometer a eficácia. Somado a isso, essa tecnologia foi escolhida também devido a sua adaptação aos limites fisiográficos, como a necessidade de realizar apenas uma escavação superficial, já que se fosse necessário uma escavação mais profunda haveria grandes dificuldades devido ao elevado nível do lençol freático da região. Logo, essa foi a tecnologia adotada para realizar o tratamento secundário do esgoto da área de estudo.

Seguindo os critérios de dimensionamento propostos na pesquisa de Silva Netto *et al.*, (2018), a macrófita aquática que deve ser cultivada será a taboa (*Typha spp.*), onde adotou-se uma densidade de 8,5 plantas por metro quadrado, obtendo um total de 1169 unidades por tanque.

As dimensões finais adotadas estão de acordo com a metodologia e resultados apresentados por Silva Netto *et al.*, (2018) e os componentes para o sistema de *wetlands* estão resumidas nas Tabelas 2 e 3. O croqui da representação gráfica está no Anexo B.

Tabela 2: Dimensões internas de uma unidade *wetlands*

Volume útil (V)	110,05 m ³
Comprimento (L)	36,20 m
Largura (B)	3,80 m
Profundidade útil (h)	0,80 m

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

Tabela 3: Componentes de uma unidade *wetlands*

Brita nº 0	110,05 m ³
Brita nº 3	1,50 m ³
Macrófitas	1169 un

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

4.4. Estimativa da População

Para o cálculo de quantos módulos serão necessários para atender todo o bairro Jabotiana, foi necessário fazer uma estimativa da população atual da região. Visto que, foi feita uma proporção em cima dos valores apresentados na pesquisa de Silva Netto *et al.*, (2018).

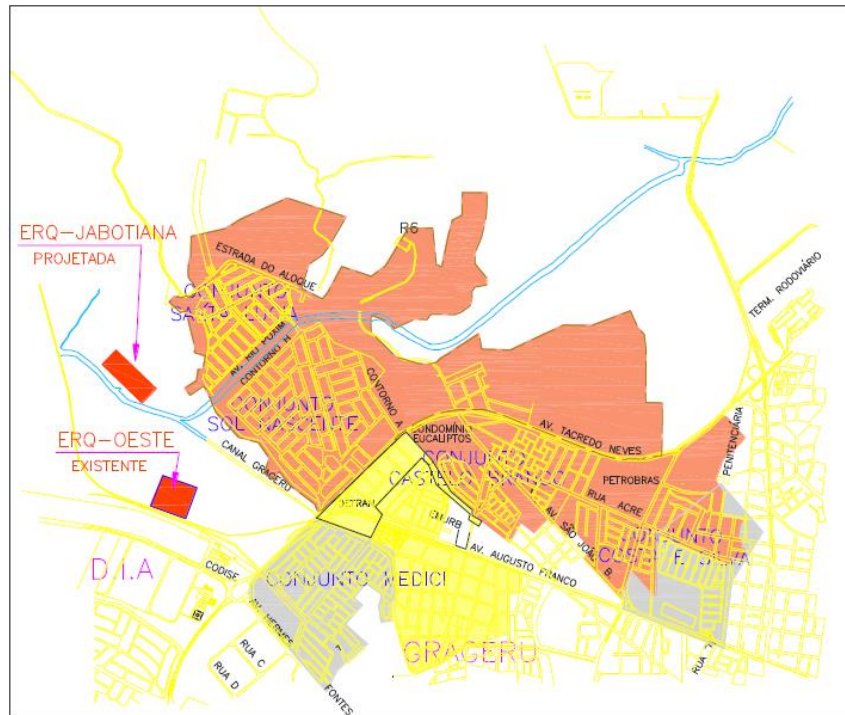
Dessa maneira, para realizar essa estimativa estabeleceu-se alguns critérios como a área média de uma casa sendo 160 m² e que em cada casa haviam 4 pessoas. Somado a isso, em relação aos prédios considerou-se uma aproximação onde alguns prédios da região possuíam 12 andares enquanto outros possuíam 4 andares, ambos com 4 apartamentos por pavimento e cada um com 3 habitantes.

A partir do levantamento do quantitativo de áreas habitacionais através do Google Earth, foi possível encontrar uma estimativa para a população da área de estudo.

4.5. Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema Centralizado

A DESO possui um projeto que consiste na implantação de um sistema centralizado de tratamento de esgoto a partir de 2023, o qual vai atender os bairros Jabotiana, América, Ponto Novo e Siqueira Campos incluindo ainda os conjuntos Castelo Branco, Costa e Silva, JK, Santa Lúcia, Sol Nascente, entre outros, conforme pode ser visto na Figura 19. O sistema proposto é composto por uma rede coletora, transporte dos efluentes até a ERQ e tratamento híbrido nessa estação, na qual a etapa anaeróbia será realizada por digestores anaeróbios de fluxo ascendente e a etapa aeróbia será feita pelos reatores de lodos ativados. Por fim, o corpo hídrico dos efluentes dessa ERQ será o rio Poxim, em uma região é que o mesmo é margeado por vegetação de mangue e Mata Atlântica.

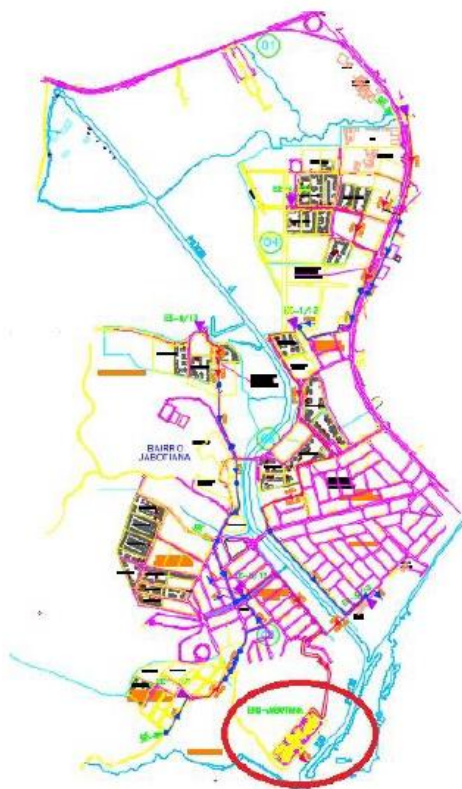
Figura 19: Áreas atendidas pelo novo sistema



Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

Segundo esse projeto, a ERQ – Jabotiana está prevista para ser instalada em uma região do bairro que não é por lei área de preservação ambiental e encontra-se distante da concentração urbana, localizando-se assim a margem direita do rio Poxim e ao sudeste do conjunto Santa Lúcia (Figura 20). Toda essa estrutura está dimensionada com o objetivo de abranger uma população de aproximadamente 100 mil habitantes, a qual deve ser alcançada em 2045.

Figura 20 - Localização da ERQ - Jabotiana



Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

A infraestrutura do sistema de esgotamento sanitário do bairro Jabotiana a ser instalada, possuirá coleta e transporte em 09 sub-bacias de esgotamento, com afastamento, 09 estações elevatórias e seus respectivos emissários por gravidade e/ou recalque e apresenta o sistema de tratamento híbrido, ou seja, há a etapa aeróbia e anaeróbia. As condições finais esperadas para o afluente estão indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características previstas dos efluentes a serem processados na ERQ - Jabotiana

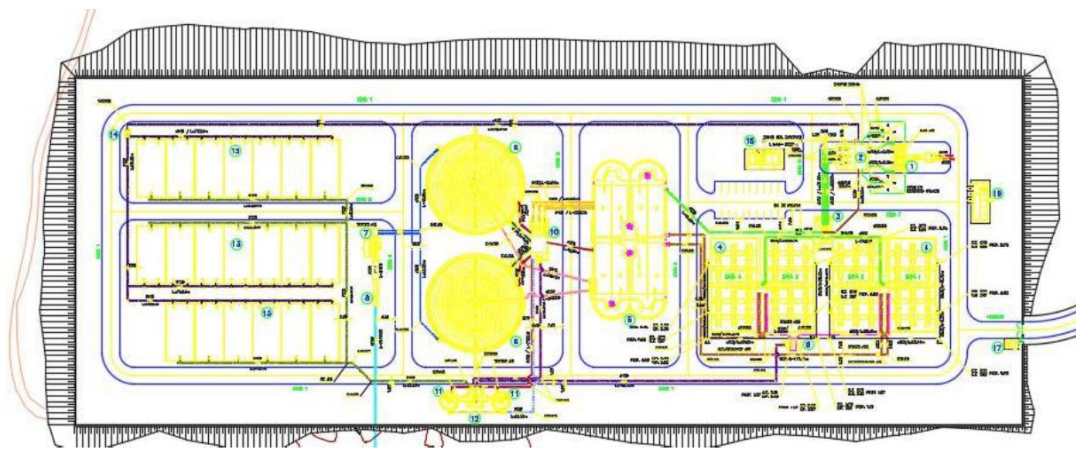
ANO	Vazões em L/s e m³/h			População (hab)	DBO	
	Qméd	Qmáx. diária	Qmáx. horária		Kg/d	Mg/d
2045	272,52	309,02	418,53	109.509	5913,49	221,48
	981,07	1.112,47	1.506,71			

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

A unidade de tratamento ERQ-Jabotiana possuirá um pré-tratamento composto por grades e estrutura desarenadora ambas mecanizadas, na fase líquida contará com DAFA's (Digestores Anaeróbios de Fluxo Ascendente) acompanhado de reatores de lodos ativados,

decantadores secundários, elevatória de recirculação e de excedente de lodo aeróbio e o processo de desinfecção por meio de sistema ultravioleta. Ao mesmo tempo que a fase sólida vai percorrer por elevatória de lodo aeróbio, adensador de lodo, elevatória de lodo adensado e leitos de secagem. A representação gráfica da Estação está detalhada na Figura 21.

Figura 21: ERQ - Jabotiana



Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

Tabela 5: Quantitativo dos componentes a serem instalados na ERQ-Jabotiana

Unidade da Fase Líquida	Quant.
Grade Mecanizada	2
Desarenador Mecanizado	2
Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (DAFA)	4
Reator de Lodos Ativos	2
Elevatória de Recirculação e de Excesso de Lodo	1
Decantador secundário	2
Unidade de Desinfecção	1
Unidades da Fase Sólida	
Elevatória de Lodo Anaeróbio	1
Elevatória de Lodo Adensado	1
Adensador	2
Leitos de secagem	20

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

4.5.1. Estimativas de Custo

Apesar do projeto da ERQ-Jabotiana ser para uma projeção de população em torno de 100 mil habitantes no ano de 2045, o número de habitantes a ser considerado para as estimativas de custo do sistema centralizado é da população atual. Tendo em vista que as

estimativas serão feitas para atender a população atual do bairro e somado a isso manter o mesmo valor resultará em uma comparação mais coerente.

Essa viabilidade técnica financeira inclui estimar os custos de implantação, operação e manutenção da estação de tratamento e da rede coletora. Sendo assim, a partir do número de habitantes e de Von Sperling (2005) foi possível estimar os custos de implantação, operação e manutenção da ERQ- Jabotiana.

Para estimativa da rede coletora, primeiramente foi realizado um esboço para determinar o comprimento total e consequentemente por onde ela passaria para conseguir atender toda a região (Figura 22). Todos os cálculos foram realizados de acordo com o roteiro apresentado por Pacheco *et al.*, (2015), indicado para tubulações PVC e foram considerados parâmetros como população, topografia e tipo solo.

Figura 22: Traçado da rede coletora centralizada



Fonte: Google Earth (2019)

Logo após, foi preciso determinar o diâmetro nominal do coletor que é definido em função do número de habitantes da região a ser atendida pela implantação da rede, conforme é mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Distribuição da composição dos diâmetros da rede de transporte de esgoto por faixas de população de saturação

População (hab)	Diâmetros Nominais (mm)						
	150	200	250	350	500	800	1000
1 – 5.000	100%						
5.001 – 10.000	80%	20%					
10.001 – 20.000	72,73%	18,18%	9,09%				
20.001 – 50.000	69,57%	17,39%	8,70%	4,35%			
50.001 – 100.000	68,09%	17,02%	8,51%	4,26%	2,13%		
100.001 – 200.000	67,37%	16,84%	8,42%	4,21%	2,11%	1,05%	
200.001 – 500.000	67,02%	16,75%	8,38%	4,19%	2,09%	1,05%	0,52%

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

O passo seguinte foi realizar a classificação do tipo de escoramento, o qual depende da profundidade de escavação (Tabela 7). Em seguida é feita a classificação do nível de declividade do terreno, onde o nível 1 representa um terreno com declividade mais acentuada e o nível 5 como um terreno plano, conforme é apresentado na Tabela 8.

Tabela 7: Tipo de escoramento por profundidade de escavação

Profundidade (m)	Tipo de Escoramento
Até 1,50	Sem escoramento
1,50 – 1,70	Pontalete
1,70 – 2,30	Descontínuo
2,30 – 3,00	Contínuo
3,00 – 4,00	Especial
4,00 – 10,00	Metálico e Madeira

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

Tabela 8: Distribuição da composição do tipo de escoramento por nível de declividade terreno

Nível de declividade	Sem escoramento	Pontalete	Descontínuo	Contínuo	Especial	Metálico e Madeira
1	81%	5%	11%	3%		
2	66%	8%	16%	9%	1%	0%
3	57%	7%	16%	14%	5%	1%
4	48%	6%	15%	15%	11%	5%
5	23%	3%	18%	21%	20%	15%

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

A partir da definição dos valores da declividade, tipo de solo e urbanização deve-se obter o custo da rede coletora por metro através da Tabela 9.

Tabela 9: Custo da rede coletora (R\$/m) para solo favorável e alta urbanização

Nível de declividade	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)
1	134,85	155,69	190,17	232,67	265,91
2	154,76	175,96	210,80	253,66	287,25
3	169,77	191,37	226,61	268,88	303,87
4	184,04	206,28	242,17	286,08	320,71
5	232,95	257,25	295,20	341,18	377,88

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

4.6. Viabilidade Técnica e Econômica do Sistema Descentralizado

Sabe-se que o sistema descentralizado é conhecido por apresentar um menor custo de implantação, esse valor pode ser estimado através da consulta de preço no Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE) e os valores de manutenção podem ser consultados em Von Sperling, (2005). Enquanto que, para os custos da rede coletora (Figura 23) foi necessário seguir o mesmo roteiro de cálculo apresentado na seção 4.5.1. Por fim, somou-se todos esses dados e definir um valor final para instalação, operação e manutenção de todo o sistema descentralizado proposto.

Figura 23: Traçado da rede coletora para o sistema descentralizado



Fonte: Google Earth (2019)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estimativa da população

Foi estabelecido alguns critérios para a estimativa da população, seguindo o que foi apresentado no item 4.4 da metodologia, foi possível estabelecer um valor médio final para o número de habitantes do bairro Jabotiana, que foi de 43.367.

5.2. Sistema Centralizado

5.2.1. Estimativa dos custos de Implantação, Manutenção e Operação do Sistema

De acordo com Von Sperling (2005), foi possível estimar os valores de implantação, manutenção e operação do sistema a partir do número de habitantes que foi de 43.367. Para os custos de implantação foi adotado o valor de R\$110/hab resultando em um custo final de R\$ 4.770.370, já para os custos de operação e manutenção foi considerado o valor de R\$7/hab.ano o que resultou em um valor final de R\$ 4.553.535. Todos os cálculos foram feitos considerando-se um horizonte de projeto de 15 anos.

5.2.2. Rede Coletora

A estimativa da rede coletora foi realizada para atender uma população de 43.367 habitantes. De acordo com o roteiro apresentados na seção 4.5.1 da metodologia, foi possível chegar aos resultados finais. Primeiramente, foi preciso definir o DN da tubulação através da Tabela 6, que indica que o sistema deverá ser composto por diversos DN conforme está demonstrado na Tabela 10.

Além disso, sabe-se também que o grau de urbanização e o tipo de solo influenciam diretamente no custo da rede coletora. O tipo de solo interfere nos custos com a execução das técnicas aplicadas para o assentamento das tubulações, já o grau de urbanização está relacionado com a quantidade de interferências que podem ocorrer como a presença de redes de drenagem, elétricas e telefônicas, entre outros.

Para o custo final estimado, foi considerado alta urbanização devido a densidade demográfica na maior parte do bairro e o solo favorável, já que conforme apresentado na metodologia a formação dele é predominantemente de barreira e arenoso, quase não apresentando formação rochosa.

Outra análise que precisou ser feita foi com relação a declividade do terreno, conforme dados apresentados anteriormente sobre o relevo, a área de estudo onde a população está concentrada é praticamente plana, ou seja, possui uma declividade pouco favorável e, portanto, a partir da Tabela 8 é considerado nível 5 para fins de projeto.

A dimensão final da rede coletora foi estimada através do programa Google Earth, sendo apenas considerada a extensão do coletor principal do sistema, que apresentou um valor final de 20.981,72 m. Portanto, considerando todos os parâmetros citados anteriormente, os custos finais são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Estimativa de custos da rede centralizada

ESTIMATIVA DE CUSTOS DA REDE CENTRALIZADA				
DN (mm)	%	Comprimento (m)	Custo (R\$/m)	Custo Final (R\$)
150	69,57%	14.595,522	R\$ 232,95	R\$ 3.400.026,76
200	17,39%	3.648,356	R\$ 257,25	R\$ 938.539,56
250	8,7%	1.825,227	R\$ 295,20	R\$ 538.806,99
350	4,35%	912,613	R\$ 377,88	R\$ 344.858,38
TOTAL		20.981,7180	-	R\$ 5.222.231,70

Fonte: A autora (2019)

5.2.3. Análise de Viabilidade Econômica

O resumo das estimativas dos custos necessários para implantar o sistema centralizados estão demonstrados na Tabela 11.

Tabela 11: Resumo dos custos do Sistema Centralizado

Partes do Sistema	Custo Final
Rede Coletora	R\$ 5.222.231,70
Implantação	R\$ 4.770.370
Operação/Manutenção	R\$ 4.553.535
Total	R\$14.546.136,7

Fonte: A autora (2019)

5.3. Sistema Descentralizado

Foi possível estimar a quantidade de módulos necessários do sistema para atender toda a região, com base no número de habitantes. Dessa maneira, a partir dos valores da pesquisa de Silva Netto *et al.*, (2018), que propôs 4 módulos (tanque séptico + *wetlands*) para uma população de 1.596 habitantes, estimou-se que seriam necessários 109 módulos para atender os 43.367 habitantes da área de estudo. O croqui de uma unidade desse sistema está apresentado no Anexo E.

Esses módulos foram distribuídos de acordo com a densidade populacional e o croqui das áreas onde serão implantados estão representados graficamente no Anexo D. Na Tabela 12, estão apresentados os valores das áreas em m² obtidos através da ferramenta Google Earth e a sua respectiva quantidade de módulos por área.

Tabela 12: Distribuição dos módulos do sistema descentralizado

Distribuição de Áreas	Área de Implantação (m²)	Quantidade de Módulos (unid.)
A1	3.545	11
A2	8.959	19
A3	9.143	18
A4	9.493	19
A5	9.103	22
A6	5.967	10
A7	5.286	10
TOTAL		109

Fonte: A autora (2019)

5.3.1. Custo do Sistema Tanque Séptico

Os custos do tanque séptico foram analisados por meio de uma orçamentação dos serviços que fazem parte da construção de fossa séptica com dimensões 3,0x6,0x2,0m, valores esses consultados na base de dados do ORSE, com referência de custos de Dezembro de 2018. Dessa maneira, os quantitativos de insumos e serviços foram adaptados conforme as dimensões e parâmetros adotados para a construção de uma unidade de tanque séptico e a partir desse resultado foi realizado um cálculo para o valor final de todo o sistema.

Todo o dimensionamento e considerações a respeito foram adotados da solução apresentada na pesquisa de Silva Netto *et al.*, (2018). Dessa maneira, o tanque séptico dimensionado apresenta comprimento de 5,92 m, largura de 2,96 m e altura total de 2,86 m, com laje de fundo de 10 cm. O material que será utilizado para a construção do mesmo é concreto armado moldado in loco. Somado a isso, adotou-se mais alguns parâmetros para o cálculo do quantitativo de insumo:

- 1 – Para o volume de escavação, deve ser acrescentada 5 cm de cada lado do volume real do tanque, devido ao deslocamento dos operários. Enquanto que para o volume de reaterro, adotou-se que a distância do nível de terreno para a tampa do tanque foi de 40 cm.
- 2 – Para o volume de concreto considerou-se as paredes, a laje de fundo, a tampa e as chicanas;
- 3 – Para o quantitativo de aço, foi adotada uma taxa de aço em relação ao volume de concreto por meio da tabela para construção de um tanque 3 x 6 x 2 m, sendo essa taxa com o valor de 80 kg/m³.

Todo o detalhamento desses custos está apresentado na Tabela 13 que apresenta o custo final para os 109 módulos.

Tabela 13: Orçamento de insumos e serviços para construção de 01 Tanque Séptico

Código	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
10040/OR SE	Coleta e carga manuais de entulho	m ³	70,84	R\$12,11	R\$857,87
00072/OR SE	Reaterro manual de valas, com compactação utilizando sepô, sem controle do grau de compactação	m ²	9,66	R\$24,24	R\$234,16
00110/OR SE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 12 mm, 01 uso, inclusive escoramento – Revisada 07.2015	m ²	74,19	R\$133,46	R\$9.901,4
00140/OR SE	Aço CA-50 6,3 mm a 12,5 mm, inclusive corte, dobração, montagem e coloração de ferragens nas formas, para superestruturas e fundações	kg	1133,6	R\$ 7,40	R\$8.388,64
02498/OR SE	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade entre 1,50 e 3,00m	m ³	59,47	R\$54,54	R\$3.243,5
03346/OR SE	Concreto simples usinado fck=30mpa, bombeado, lançado e adensado em superestrutura	m ³	14,17	R\$298,89	R\$4.235,27
SubTotal					R\$26.860,84
Total (Sistema)					R\$2.927.831,56

Fonte: Adaptado do ORSE (2019)

Os custos de operação e manutenção para remoção de lodo, foram estimados de acordo com Von Sperling (2005), adotando o custo de R\$5,0/hab, que foi obtido através de uma média entre as taxas de tanque séptico + filtro biológico e filtro biológico. Logo, ao multiplicar pela população atual de 43.367 habitantes e considerando o horizonte de projeto de 15 anos obteve-se o valor final para operação e manutenção de R\$3.252.525.

5.3.2. Custo do Sistema *Wetland* Horizontal

Adota-se um acréscimo de 0,2 m à profundidade útil para a área de impermeabilização e volume de escavação. Portanto, todo o custo de implantação do sistema *wetland* está especificado na Tabela 14.

Tabela 14: Orçamento para construção de 01 *Wetland* construída de fluxo horizontal

Código	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
10179/ ORSE	Lastro de Brita 0	m ³	110,05	R\$126,90	R\$13.965,35
<u>02658/ ORSE</u>	Lastro de Brita 3	m ³	1,50	R\$ 104,64	R\$156,96
740331/ SINAPI	Impermeabilização de superfície com geomembrana (manta termoplástica lisa) tipo pead, e=2mm.	m ²	205,24	R\$45,71	R\$9.381,52
02498/ ORSE	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade entre 1,50 e 3,00 m	m ³	140,03	R\$54,54	R\$7.637,24
Subtotal					R\$ 31.141,07
Total (Sistema)					R\$3.394.376,63

Fonte: Adaptado do ORSE (2019)

Em relação ao plantio das mudas Taboa (*Typha* spp), deve-se fazer a coleta de cerca de 127.421 unidades em algum local próximo a área de estudo. Além disso, deve-se realizar a colocação dos propágulos vegetativos no maciço filtrante. Logo, para executar essas atividades foi considerado um rendimento de 10 mudas por hora de trabalho. Todo o custo com mão de obra dessa parte do sistema teve seus valores retirados do ORSE, de acordo com o que está apresentado na Tabela 15.

Tabela 15: Estimativa de custo para o plantio de mudas de Taboa

Código	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unit.	Custo Total
06111/ SINAPI	Servente de obras	h	12742,1	R\$4,42	R\$56.320,1
25964/ SINAPI	Jardineiro	h	12742,1	R\$6,21	R\$79.128,44
10549/ ORSE	Encargo Complementares - Servente	h	12742,1	R\$2,62	R\$33.384,31
10581/ ORSE	Encargos Complementares – Jardineiro	h	12742,1	R\$2,62	R\$33.384,31
Total					R\$202.217,16

Fonte: Adaptado do ORSE (2019)

Além dos valores apresentados anteriormente, também foram realizadas as estimativas de custos para operação e manutenção dos *wetlands*, por meio da consulta a tabela apresentada no Anexo C. Considerando a taxa de R\$2,5/hab.ano e horizonte de projeto de 15 anos, obteve-se um valor final de R\$ 1.626.262,5.

5.3.3. Estimativa de custo da Rede Coletora para Sistema Descentralizado

Seguindo o mesmo roteiro de cálculo e critérios para a estimativa da rede coletora centralizada apresenta na seção 5.2.2. dos Resultados, foi possível dimensionar os custos para o sistema descentralizado.

A determinação da extensão dos coletores principais também foi feita através da ferramenta Google Earth e obteve-se um comprimento de aproximadamente 17.019,64 m. Todo o custo está detalhado na Tabela 16. Além disso, o croqui de todo o sistema encontra-se no Anexo E.

Tabela 16: Estimativa de custos para o sistema descentralizado

DN		Comprimento	Custo	Custo Final
(mm)	(%)	(m)	(R\$/m)	(R\$)
150	80	14.753,91	R\$ 232,95	R\$ 3.436.923,80
200	20	2.262,73	R\$ 257,25	R\$ 582.086,78
TOTAL		17.016,64		R\$ 4.019.010,58

Fonte: A autora (2019)

5.3.4. Análise de Viabilidade Econômica

Na Tabela 17, estão apresentados o resumo de todos os custos dos serviços necessários para a implantação e manutenção do sistema de tratamento de esgoto descentralizado proposto.

Tabela 17: Resumo dos Custos do Sistema de Coleta e Tratamento

Partes do Sistema	Custo Final
Rede Coletora	R\$ 4.019.010,58
Sistema de Tanque Séptico	R\$ 2.927.831,56
Sistema de <i>Wetlands</i> Horizontais	R\$ 3.596.593,79
Operação/Manutenção	R\$ 4.878.787,50
Total	R\$ 15.422.223,43

Fonte: A autora (2019)

É importante apontar que os custos com a rede coletora ainda são bastante onerosos, mesmo sendo um sistema descentralizado, devido a necessidade de atender a uma área muito extensa.

5.4. Comparação entre os sistemas

Atualmente, os sistemas de tratamento descentralizados são uma opção sustentável e econômica para o tratamento de esgotos domésticos, principalmente de comunidades rurais e áreas periurbanas, que geralmente são regiões que não tem acesso a rede centralizada de esgoto. Além disso, oferece as possibilidades de geração de bioenergia, reaproveitamento da água e de reutilização do efluente que é rico em nutrientes essenciais para a prática agrícola.

Por outro lado, os sistemas centralizados são implantados em regiões que apresentam elevada densidade populacional e são um conjunto de operações que tem por objetivo coletar, transportar, tratar e destinar de forma eficiente grandes quantidades de esgoto doméstico. Para tanto, eles demandam um alto custo com manutenção e operação, visto que são sistemas altamente dependentes de energia elétrica e da utilização de tecnologias de tratamento avançados. Além de apresentarem custos mais onerosos com a rede coletora, já que necessitam de um sistema de coleta mais complexo para o grande volume que devem atender.

Os resultados da estimativa de custos encontrados para os dois sistemas apresentam valores um pouco diferentes do esperado. Uma vez que, o sistema descentralizado foi implantado para uma área com densidade populacional elevada e apresentou custos onerosos nas estimativas realizadas. Os valores encontrados para operação e manutenção foram elevados por conta do grande volume de lodo que os tanques sépticos geram durante o processo de tratamento, outro problema do sistema seria o fato dos módulos não estarem localizados próximos uns aos outros o que dificultaria a logística de operação e manutenção. Os custos da rede coletora apresentaram-se bastante elevados, mesmo sendo menor que a do sistema centralizado, o que justifica o valor é o fato da área a ser atendida ser muito grande. Em compensação, é um sistema que se for bem estudado e executado pode gerar economias para comunidade local ou até mesmo renda, a partir de atividades como o reuso de água, geração de bioenergia e reaproveitamento do efluente.

Somado a isso, o fato das estações de tratamento serem instaladas próximo a população sem nenhum prejuízo a saúde delas, ajuda a desmistificar a ideia de que o esgoto deve ser apenas afastado e descartado o mais rápido possível. Dessa forma, através da instalação e aproveitamento do seu potencial, é possível também melhorar a consciência ambiental da população. O resumo de todos os custos estimados encontra-se na Tabela 18.

Tabela 18: Resumo dos custos finais de cada sistema

Partes do Sistema	Custo Final	
	Sistema Centralizado	Sistema Descentralizado
Rede Coletora	R\$ 5.222.231,70	R\$ 4.019.010,58
Manutenção/Operação	R\$ 4.770.370	R\$ 4.878.787,50
Implantação	R\$ 4.553.535	R\$ 6.524.425,35
Total	R\$ R\$14.546.136,7	R\$ 15.422.223,43

Fonte: A autora (2019)

6. CONCLUSÃO

O sistema de esgotamento sanitário presente no bairro Jabotiana não atende as necessidades da população, essa situação motiva o estudo de possíveis soluções para melhorar as condições sanitárias da região.

A pesquisa de Silva Netto *et al.* (2018), traz uma estimativa de uma sugestão de tratamento de esgoto para atender os 1.596 habitantes da comunidade Largo da Aparecida localizada no bairro Jabotiana. Essa proposta consistiu na combinação de tanque séptico seguido de *wetlands* construídos de fluxo horizontal, tal sistema foi escolhido por conta da eficiência apresentada e da sua boa adaptação às condições da região. Fundamentado nos dados encontrados por Silva Netto *et al.* (2018) e nas estimativas feitas a partir do valor da população atual do bairro equivalente a 43.367 habitantes, foi possível chegar à conclusão de que para atender todo o bairro seriam necessárias 109 unidades de tratamento do sistema. Cada unidade de tratamento é composta por um tanque séptico com dimensões externas de 6,32 x 3,35 x 2,96 m e um *wetland* com 36,80 x 3,8 x 1,30 m de dimensões externas.

Diante da realidade do bairro, a concessionária local (DESO), possui uma proposta de implantação de uma ERQ em 2023 para atender as necessidades sanitárias da área de estudo. Logo, também foram realizadas estimativas para os custos de implantação, operação, manutenção e rede coletora que apresentaram um valor final de R\$14.546.136,7.

Por fim, é possível inferir que o sistema descentralizado pode ser sim uma alternativa economicamente viável, mesmo com um investimento inicial maior, para resolver os problemas sanitários do bairro Jabotiana.

REFERÊNCIAS

ALEM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e transporte de esgoto sanitário** / Pedro Alem Sobrinho, Milton Tomoyuki 1 ed. São Paulo: DEH/ USP, 1999. 548p.

ANDREOLI, C. V., et al. **Lodo de Fossa e Tanque Séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 388 p. (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB).Disponível em:<https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_6.pdf>. Acesso em: 15/01/2019.

ARACAJU (SE). **Prefeitura Municipal. Mapa de uso e ocupação do solo**, 2016

ARACAJU (SE). **Secretaria Municipal de Planejamento**, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR – 12.218: **Elaboração de projetos hidráulicos de redes de distribuição de água potável para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tratamento e Disposição Final dos Efluentes Líquidos de Tanques Sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

BENASSI, R. F *et al.*. **Manual de sistemas de wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitários: implantação, operação e manutenção**. 1. ed. Santo André: UFABC, 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.220 p.:il.

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

COGEDURB – COORDENADORIA GERAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. **Planta dos Bairros – Jabotiana**. Aracaju, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre 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**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 17 de março. 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 13 de maio de 2011 **Classifica os recursos hídricos brasileiros em função de um conjunto de variáveis de qualidade da água e estabelece um referencial para enquadrar os corpos hídricos- CONAMA.**

DIEESE, **Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Visão geral dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil.** São Paulo, 2016.

DALTRO FILHO, J. **Saneamento ambiental: doença, saúde e o saneamento da água.** São Cristóvão: Editora UFS; Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 332p. 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População e Densidade demográfica.** Aracaju, 2010.

TREIN, C. N.; PELISSARI, C.; HOFFMANN, H.; PLATZER, C. J.; SEZERINO, P. H. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos *wetlands* construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 351-367, out./dez. 2015.

MENDONÇA, Sérgio Rolim: **Sistemas sustentáveis de esgoto:** orientações técnicas paraprojeto e dimensionamento de redes coletoras, emissários, canais, estações elevatórias, Paulo: Blucher, 2006. tratamento e reuso na agricultura / Sérgio Rolim Mendonça, Luciana Côelho Mendonça. São Paulo: Blucher, 2016.

NASCIMENTO, Manuela Maria Pereira do. **Habitação “popular” de mercado: relações com o ambiente urbano na região metropolitana de Aracaju (SE).** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2014.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto Sanitário:** coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2.ed. São Paulo, 2011. 565p

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. **Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social.** In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 213-232. ISBN 9788578792824.

Organização Mundial de Saúde - OMS. **UNICEF - Progresso on Sanitation and Drinking-Water2013UPDATE.** Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/en/> Acesso em: 24 jan. 2019.

–OPAS/OMS–Brasil– Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=384:esgotamento-sanitario&Itemid=685> Acesso em 24 jan 2019

PACHECO, R. P. *et al.* **Estimativas de custos visando orientar a tomada de decisão na implantação de redes, coletores e elevatórias de esgoto.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos vol. 20º nº 1. Porto Alegre, 2015, p. 73 – 81.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** p. 36, 2010.

SALATI, Eneas. **Controle de Qualidade da água através de sistemas de wetlands construídos. FBDS – Fundação Brasileira para o desenvolvimento Sustentável.**

SILVA NETTO, J. C. *et al.*, **Sistemas descentralizados de esgotamento sanitário no bairro jabotiana em aracaju, 2018** (no prelo).

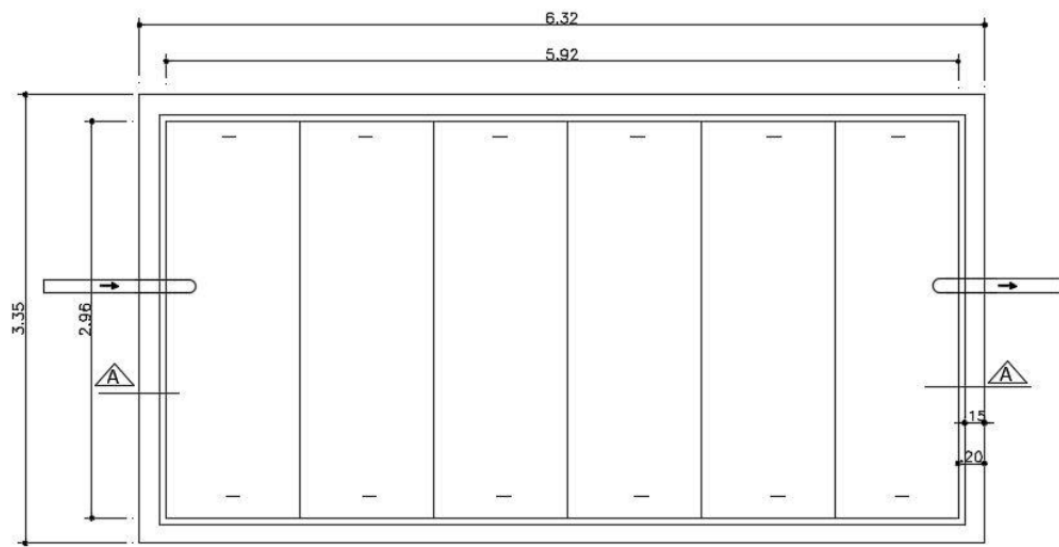
Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p. il.

TSUTYA, M. T. ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000.

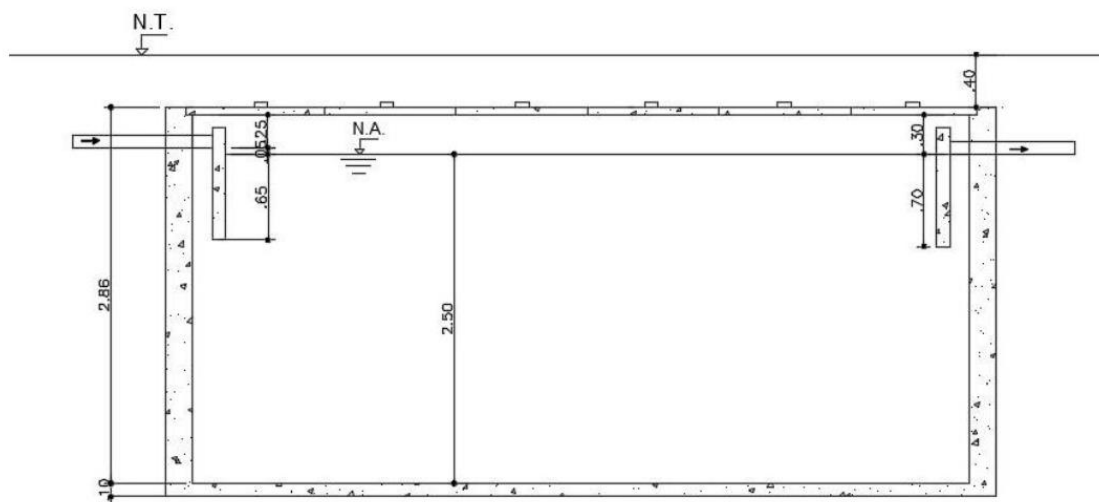
VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** Belo Horizonte, UFMG. v.2, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, v. 1, 2005. 452 p.

ANEXO A – CROQUI: TANQUE SÉPTICO



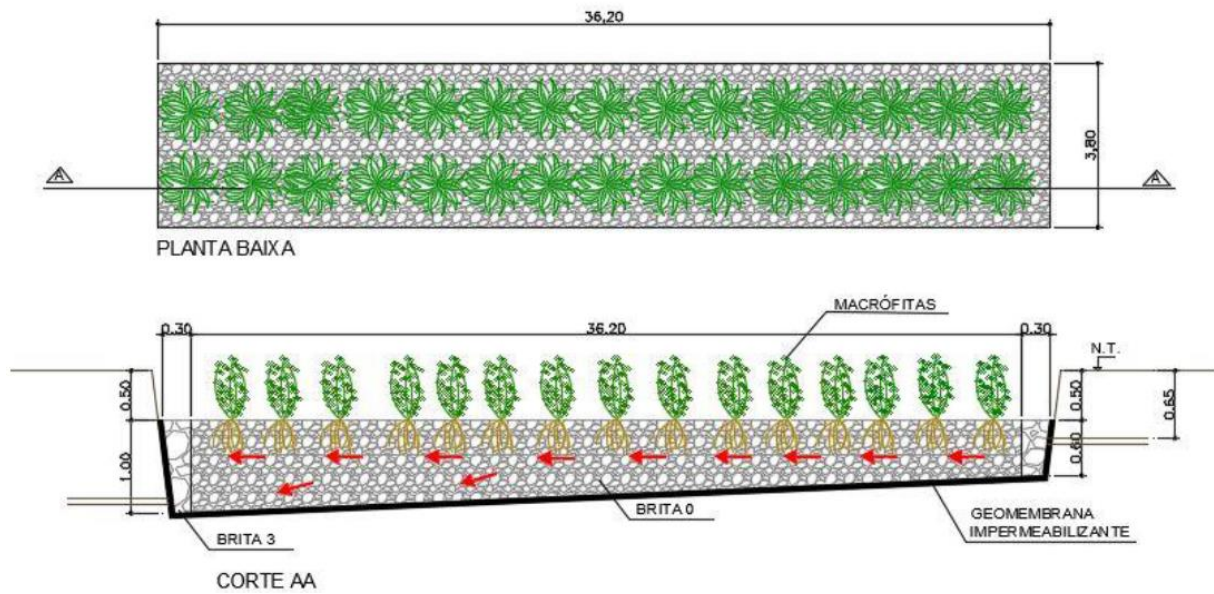
PLANTA



CORTE AA

Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

ANEXO B – CROQUI: WETLANDS HORIZONTAIS



Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)

ANEXO C – CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Características típicas dos principais sistemas de tratamento de esgotos

SISTEMA	DEMANDA DE ÁREA (m²/hab)	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO (R\$/hab)	CUSTOS 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
Lagoa aerada mistura completa + lagoa sedimentação	0,2-0,4	50-90	5,0-9,0
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	3,0-5,0	50-100	2,5-5,0
Escoamento superficial	2,0-3,5	40-80	2,0-4,0
Terras úmidas construídas (<i>wetlands</i>)	3,0-5,0	50-80	2,5-4,0
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0,2-0,35	80-130	6,0-10
Reator UASB	0,03-0,10	30-50	2,5-3,5
UASB + lodos ativados	0,08-0,2	70-110	7,0-12
UASB + biofiltro aerado submerso	0,05-0,15	65-100	7,0-12
UASB + filtro anaeróbio	0,05-0,15	45-70	3,5-5,5
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	0,1-0,2	60-90	5,0-7,5
UASB + flotação por ar dissolvido	0,05-0,15	60-90	6,0-9,0
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 + lagoa aerada mis. Compl. + lagoa decantação	0,1-0,3	40-90	5,0-9,0
UASB + escoamento superficial	1,5-3,0	50-90	5,0-7,0

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

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

Fonte: Von Sperling (2005)

ANEXO D – CROQUI DAS ÁREAS DE IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS

Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)

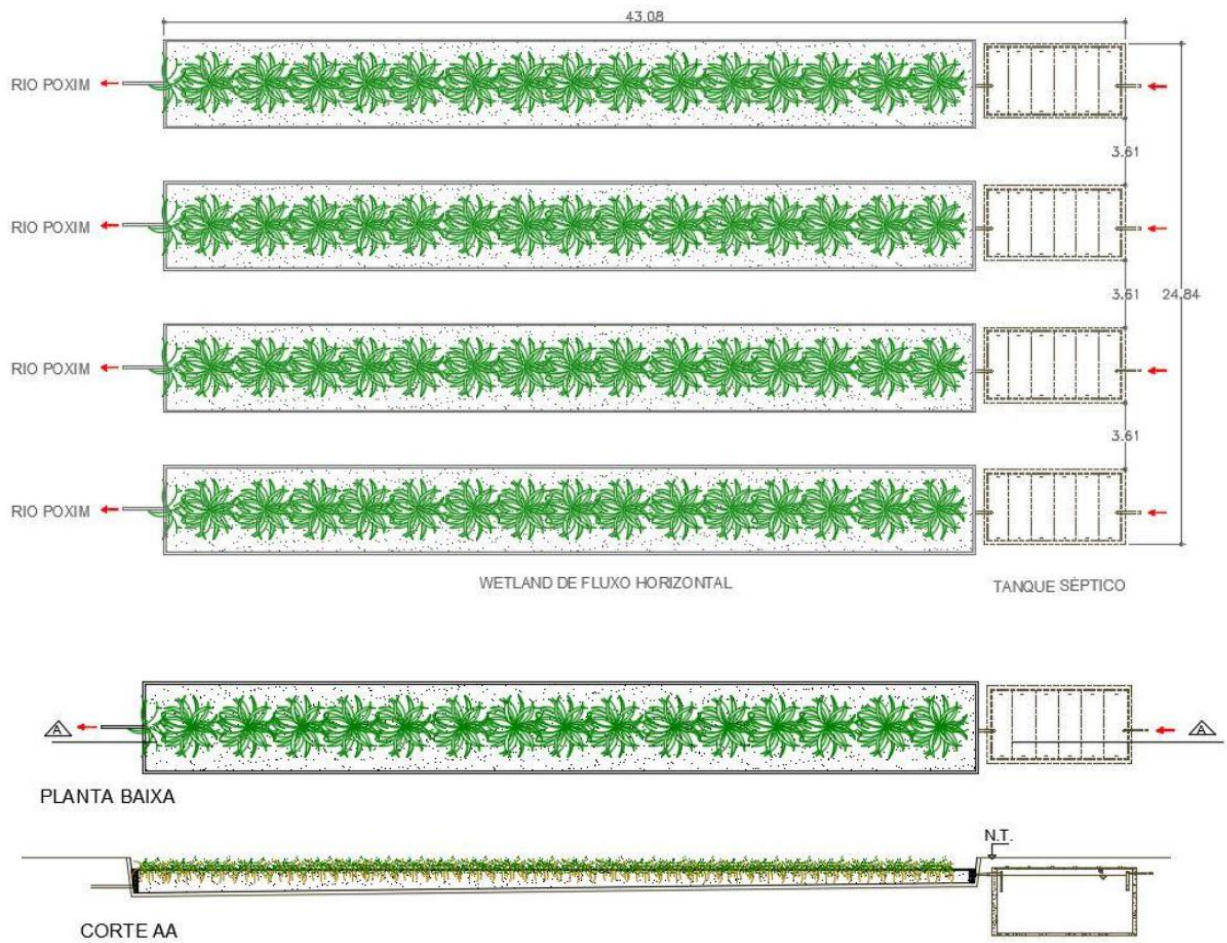


Fonte: Google Earth (2019)



Fonte: Google Earth (2019)

ANEXO E – CROQUI: SISTEMA DE TRATAMENTO



Fonte: Silva Netto *et al.*, (2018)