

EDMAR CIOLETTI JÚNIOR  
AUGUSTO BELOTO DO CARMO  
NATÁLIA CANCELA MOREIRA LEITE

SANEAMENTO BÁSICO RURAL - ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO PARA O ASSENTAMENTO DOM PEDRO  
CASALDÁLIGA, CAJAMAR.

Projeto de Formatura apresentado à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo, no  
âmbito do Curso de Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera

São Paulo

2018

Catálogo-na-publicação

CARMO, AUGUSTO

SANEAMENTO BÁSICO RURAL - ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA O ASSENTAMENTO DOM PEDRO CASALDÁLIGA, CAJAMAR / A. CARMO, E. CIOLETTI, N. LEITE, R. CONTRERA -- São Paulo, 2018.

144 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental.

1.SANEAMENTO AMBIENTAL 2.SANEAMENTO RURAL  
3.TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS I.Universidade de São Paulo.  
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental II.t.  
III.CIOLETTI, EDMAR IV.LEITE, NATÁLIA V.CONTRERA, RONAN

## AGRADECIMENTOS

*Ao nosso querido orientador, Professor Doutor Ronan Cleber Contrera pelo suporte, paciência, e exemplo de comprometimento com o desenvolvimento do Saneamento Básico no Brasil.*

*À Professora Doutora Dione Mari Marita, pela atenção, coordenação da disciplina e auxílio com questões fundamentais para o desenvolvimento do projeto.*

*Ao Professor Doutor Fernando Marinho, por ser tão solícito, fornecendo as instruções adequadas e o equipamento para medições em campo.*

*Ao Escritório Piloto e ao Núcleo de Estudos em Agroecologia pelos projetos que vêm desenvolvendo no assentamento Dom Pedro Casaldáliga, que serviram de inspiração e suporte para este presente trabalho.*

*Aos assentados do Dom Pedro Casaldáliga, por terem nos recepcionado e acolhido, pela ajuda no reconhecimento da área e definição do problema, pelo envolvimento nos trabalhos e por tantos ensinamentos.*

*Gratidão à todos os amigos, familiares e namorado, que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho, suprimindo os membros de apoio emocional, reflexões e idéias.*

## ÍNDICE

<b>RESUMO EXECUTIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE SIGLAS e abreviações .....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 O saneamento básico no Brasil .....	13
1.2 O Periurbano.....	15
1.3 A importância do periurbano .....	17
1.4 Saneamento ecológico: um novo paradigma .....	21
1.5 Sistemas centralizados x descentralizados .....	24
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3 ÁREA DE ESTUDOS .....</b>	<b>25</b>
3.1 Caracterização do local .....	25
3.2 Atividades Econômicas .....	27
3.3 Uso e ocupação do Solo .....	28
3.4 Topografia.....	29
3.5 Geologia.....	30
3.6 Solo: Permeabilidade e composição .....	32
3.7 Hidrografia .....	32
3.8 Clima.....	34
3.9 Vegetação .....	35
3.10 Soluções de esgoto atualmente utilizadas .....	38
3.10.1 Possíveis fontes de contaminação .....	39
3.11 Situação frente ao Licenciamento Ambiental.....	40
<b>4 LEVANTAMENTO DOS DADOS, PROJETOS E ESTUDOS PRÉVIOS .....</b>	<b>42</b>
4.1 Extensão universitária no Dom Pedro Casaldáliga.....	42
4.1.1 Escritório Piloto – Núcleo de Agroecologia e Tecnologias Sociais .....	42



<b>4.2</b>	<b>Estudos de qualidade da água .....</b>	<b>46</b>
4.2.1	Conceitos .....	46
<b>4.3</b>	<b>Legislação pertinente.....</b>	<b>49</b>
4.3.1	Área de Proteção Ambiental Cajamar: Lei Estadual No 4.055 .....	50
4.3.2	Disposição Final de Efluentes de Esgoto .....	50
4.3.3	Análise da legislação aplicada ao Assentamento Dom Pedro Casaldáliga .....	52
<b>4.4</b>	<b>Abastecimento de água no assentamento .....</b>	<b>53</b>
4.4.1	Estudo de crescimento populacional .....	53
4.4.2	Fontes de abastecimento .....	55
4.4.3	Consumo de água .....	58
4.4.4	Análise do abastecimento de água.....	61
<b>4.5</b>	<b>Caracterização do esgoto produzido.....</b>	<b>62</b>
4.5.1	Produção de esgoto.....	62
4.5.2	Parâmetros de qualidade .....	62
4.5.3	Modificações nas características dos efluentes .....	66
4.5.4	Análise dos dados .....	67
<b>4.6</b>	<b>Ensaio de permeabilidade do solo .....</b>	<b>69</b>
4.6.1	Análise dos dados .....	75
<b>4.7</b>	<b>Nível do lençol freático .....</b>	<b>76</b>
4.7.1	Análise dos Dados.....	76
<b>5</b>	<b>PROPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE sistemas de TRATAMENTO DE ESGOTO .....</b>	<b>77</b>
<b>5.1</b>	<b>Tecnologias selecionadas .....</b>	<b>77</b>
5.1.1	Tecnologias de tratamento do efluente.....	77
5.1.2	Alternativas de disposição do efluente .....	84
5.1.3	Alternativas para tratamento e disposição final do lodo de tanques sépticos.....	87
<b>5.2</b>	<b>Alternativas de Sistemas de Tratamento de Esgoto propostas .....</b>	<b>88</b>
5.2.1	Sistemas Individuais (unifamiliares) .....	89
5.2.2	Sistema Modular .....	90

<b>6</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTO DOS SISTEMAS.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1</b>	<b>Sistemas Individuais .....</b>	<b>93</b>
6.1.1	ALTERNATIVA 1: Banheiro seco (individual).....	93
6.1.2	ALTERNATIVA 2: Fossa-Filtro (individual).....	95
6.1.3	Disposição final do efluente do sistema individual.....	103
<b>6.2</b>	<b>Sistema modular .....</b>	<b>105</b>
6.2.1	ALTERNATIVA 3: Fossa Séptica seguida de Wetland (modular).....	105
6.2.2	Rede de coleta.....	115
6.2.3	Disposição final do efluente do sistema modular.....	123
<b>6.3</b>	<b>Tratamento de águas cinzas dos sistemas.....</b>	<b>125</b>
<b>6.4</b>	<b>Tratamento do lodo gerado no assentamento .....</b>	<b>129</b>
<b>7</b>	<b>ESCOLHA DA SOLUÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO .....</b>	<b>132</b>
7.1	Matriz de decisão .....	132
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>136</b>
8.1	Análise do resultado e recomendações .....	137
<b>9</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>10</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>145</b>
	Anexo I - Mapa do Macrozoneamento do Plano Diretor Municipal de Cajamar - SP.....	1
	Anexo II - Recorte da carta topográfica da área do Assentamento Dom Pedro Casaldáliga..	1
	Anexo III - Desenho técnico do sistema da Alternativa 2: Fossa-Filtro Individual.....	2
	Anexo IV - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 1.3	
	Anexo V - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 2..	6
	Anexo VI - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 3..	7

## RESUMO EXECUTIVO

O acesso ao tratamento e a disposição final adequada de esgoto por parte da população ainda apresenta um déficit relevante no Brasil, principalmente nas áreas mais remotas e em regiões precárias com difícil acesso ao sistema público de coleta e tratamento do esgoto. Este fato representa uma ameaça à qualidade da água dos corpos hídricos e do solo e, conseqüentemente, à saúde pública e a disponibilidade hídrica para a população não atendida por soluções de tratamento de esgoto. Para explorar a problemática do saneamento básico no Brasil, este trabalho apresenta alternativas de sistemas de tratamento de esgoto descentralizados, bem como a análise de viabilidade financeira para a implantação dos sistemas por meio de um estudo de caso do Assentamento Rural Dom Pedro Casaldáliga, localizado na zona rural do Município de Cajamar, que faz parte da Região Metropolitana de São Paulo-SP. O caso apresenta complexidades comuns a outras áreas rurais e interioranas por se tratar de um assentamento isolado localizado em uma região com topografia acidentada e formado por uma comunidade limitada de recursos financeiros composta por cerca de 120 habitantes. Além disso, o objeto de estudo está situado em uma Área de Preservação Ambiental (APA), o que requer a implantação de medidas que não ameacem a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais, dificultando a aplicação de uma solução técnica e economicamente viável. Espera-se que o presente estudo sirva como base para a instalação de um sistema de tratamento e disposição final de esgoto no assentamento, além de servir como base para futuros estudos em áreas remotas com características semelhantes às aqui apresentadas.

**Palavras Chaves:** Saneamento Básico Rural, Saneamento Ecológico, Tratamento Descentralizado de esgoto, Fossas sépticas, Filtros Anaeróbios, Wetland, Perirubano.

## ABSTRACT

The access to the adequate treatment and final disposal of the sewage by the population still presents a relevant deficit in Brazil, especially in remote areas and precarious regions with difficult access to the public sewage collection and treatment system. This fact poses a threat to the water quality of water resources and the soil and, consequently, to the public health and to the water availability for the population not served by sewage treatment solutions. In order to explore the problem of basic sanitation in Brazil, this paper presents alternatives for decentralized sewage treatment systems, as well as the financial feasibility analysis for the implementation of the systems through a case study of the Dom Pedro Casaldáliga Rural Settlement located in the rural zone of the city of Cajamar, which is part of the Metropolitan Region of São Paulo. The case presents complexities common to other rural and inland areas because it is an isolated settlement located in a region with rugged topography and formed by a community with limited financial resources composed by 120 inhabitants. In addition, the object of study is located in an Environmental Preservation Area (APA), which requires the implementation of actions that do not threaten the sustainability and preservation of natural resources, making it difficult to apply a technically and economically feasible solution. It is expected that the present study can serve as a basis for the installation of a treatment and final disposal system for sewage in the settlement, as well as a reference for future studies in remote areas with characteristics similar to those presented here.

**Key words:** Rural Sanitation, Ecologic Sanitation, Decentralized Sewage Treatment, Septic Tanks, Anaerobic Filters, Wetland, Peri-ruban.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - percentual das áreas de cultura e de pastagem nas unidades de produção agrícola RMSP .....	20
Figura 2 - Desvantagens da abordagem convencional no saneamento.....	22
Figura 3 - Vantagens da aplicação do saneamento ecológico .....	23
Figura 4 - Localização da Serra do Japi no estado de São Paulo.....	26
Figura 5 – Mapeamento dos lotes do Assentamento Dom Pedro Casaldáliga e suas respectivas famílias.....	27
Figura 6 - Divisão Geomorfológica de São Paulo, com destaque para a localização aproximada do assentamento. ....	31
Figura 7 - Hidrografia do Estado de São Paulo e recorte com o município de Cajamar.....	33
Figura 8 - Limite do Assentamento e Mananciais da região.....	33
Figura 9 - Cartograma de Classificação Climática no Estado de São Paulo.....	34
Figura 10 - Cobertura Vegetal da Serra do Japi.....	36
Figura 11 – Vegetação no assentamento.....	37
Figura 12 – Vegetação no assentamento, com Serra do Japi ao fundo. ....	37
Figura 13 – Sistema de tanque séptico entupido. ....	38
Figura 14 – Impactos relacionados ao uso de tanques sépticos.....	39
Figura 15 – Implementação de poço de sucção para sistema de irrigação.....	43
Figura 16 - Implementação de sistema de tratamento de esgoto doméstico .....	44
Figura 17 – Construção do sistema.....	44
Figura 18 - Manutenção do Tanque Séptico .....	45
Figura 19 - Hidrografia e localização dos poços caipiras e artesanais construídos atualmente no assentamento .....	55
Figura 20 - Medição da profundidade da água no poço 1 com auxílio de uma vara de bambu. ....	57
Figura 21 - Medição da profundidade da água no poço 1 com auxílio de uma vara de bambu. ....	57

Figura 22 - Parte interna do poço 3 de maior profundidade e a mangueira utilizada para o bombeamento. ....	58
Figura 23 - Efeito da redução de vazão na concentração de poluentes.....	67
Figura 24 - Infiltrômetro MiniDisk.....	70
Figura 25 - Preparação do solo para ensaio .....	71
Figura 26 - Grupo se locomovendo entre os ensaios.....	71
Figura 27 - Ensaio de permeabilidade do solo in-situ.....	72
Figura 28 - Localização dos pontos de ensaio de permeabilidade.....	74
Figura 29 - Funcionamento geral de um tanque séptico .....	78
<b>Figura 30 - Esquema de um filtro biológico anaeróbio.</b> .....	79
Figura 31 – Esquema de um alagado construído.....	80
Figura 32 - Banheiro seco com balde para transporte das fezes .....	82
Figura 33 - Banheiro seco com duas câmaras fixas e estrutura de ventilação.....	83
Figura 34 - Esquema representativo de uma vala de infiltração.....	85
Figura 35 - Perfil esquemático do sumidouro .....	86
<b>Figura 36 - Esquema de um leito de secagem</b> .....	88
Figura 37 - Mapa de divisão dos módulos, pontos de disposição final e topografia..	91
Figura 38 - Taxa máxima de aplicação diária.....	103
Figura 39 - Vista superior e em corte do sumidouro.....	104
Figura 40 - – Elementos atuantes no alagado construído. ....	108
Figura 41 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 1 .....	119
Figura 42 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 2.....	121
Figura 43 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 3.....	122
Figura 42 - Vista superior e em corte da vala de infiltração .....	124
Figura 43 - Esquema do sistema de tratamento de águas cinzas.....	127
Figura 44 - Dimensões do sistema de tratamento de águas cinzas. Camadas de substrato: pedrisco (1) e brita zero (2) .....	128
Figura 47 - Vista em corte do tanque de evapotranspiração (TEvap) .....	138

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Níveis de atendimento com água e esgoto dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, segundo região geográfica e Brasil.....	14
Tabela 2 - Esgotamento sanitário na área rural por região .....	15
Tabela 3 - Número de integrantes por família registrada no assentamento.....	54
Tabela 4 - Descrição dos poços caipiras existentes no assentamento. ....	56
Tabela 5 – Populações abastecidas com ligações domiciliares .....	59
Tabela 6 – Indicadores de consumo de água em regiões de baixa renda no Brasil. ....	59
Tabela 7 – Quantidade mínima de água de acordo com o uso .....	60
Tabela 8 – Comparação dos perfis de uso da água em regiões de baixa renda.....	60
Tabela 9 - Consumo de água por finalidade.....	61
Tabela 10 – Parâmetros medidos do esgoto sanitário na zona rural de Espírito Santo do Pinhal. ....	63
Tabela 11 - Características físico-químicas dos esgotos sanitários.....	64
Tabela 12 - Características típicas de esgoto doméstico .....	65
Tabela 13 - Concentração de poluentes das principais frações de esgoto doméstico (mg/L) .....	66
Tabela 14 - Parâmetros de projeto dos sistemas de tratamento .....	69
Tabela 15 - Coeficientes de Permeabilidade para quatro diferentes pontos .....	74
Tabela 16 – Valores típicos de permeabilidade.....	75
Tabela 17 - Pontos de despejo de cada módulo .....	91
Tabela 18 - Alternativas propostas como sistemas de tratamento do esgoto para o assentamento.....	92
Tabela 19 – Dimensões do Banheiro Seco .....	94
Tabela 20 - Orçamento banheiro seco .....	95
Tabela 21 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante U .....	97
Tabela 22 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária .....	98

Tabela 23 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	98
Tabela 24 – Dimensões máximas e mínimas dos tanques sépticos e filtros anaeróbios individuais.....	100
Tabela 25 – Dimensões dos tanques sépticos e filtros anaeróbios do sistema individual.....	101
Tabela 26 - Orçamento do sistema da Alternativa 1: Fossa-Filtro Individual segundo a Tabela da SINAPI desonerada de SP de 04/2018.....	102
Tabela 27 - Dimensões dos sumidouros do sistema de tratamento individual.....	105
Tabela 28 - Orçamento Sumidouro.....	105
Tabela 29 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 1.....	109
Tabela 30 - Orçamento Sistema Modular – módulo 1.....	110
Tabela 31 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 2.....	111
Tabela 32 - Orçamento Sistema Modular – módulo 2.....	112
Tabela 33 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 3.....	114
Tabela 34 - Orçamento Sistema Modular – Módulo 3.....	114
Tabela 35 - Resumo das dimensões dos sistemas de tratamento de esgoto modulares.....	115
Tabela 34 - Orçamento da rede do módulo 1.....	120
Tabela 35 - Orçamento da rede do Módulo 2.....	121
Tabela 36 - Orçamento da rede do Módulo 3.....	123
Tabela 37 - Dimensões das valas de infiltração dos sistemas de tratamento modulares.....	124
Tabela 38 - Orçamentos Valas de Infiltração.....	125
Tabela 39 - Principais fontes dos componentes da água cinza.....	126
Tabela 40 - Orçamento Sistema para Águas Cinzas.....	129
Tabela 41 – Dimensões do leito de secagem.....	130
Tabela 42 - Resumo das dimensões dos leitos de secagem módulos.....	131
Tabela 43 - Orçamento Leito de Secagem.....	131
Tabela 44 - Critérios escolhidos, justificativas e respectivos pesos.....	133



Tabela 45 - Critérios e respectivas pontuações .....	134
Tabela 46 - Matriz de Decisão final .....	134
Tabela 47 - Comparação de Custos Totais .....	135

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- APA – Área de Proteção Ambiental
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CP – Caixa de Passagem
- CWFH – Wetland Construída de fluxo subsuperficial Horizontal
- CWFV - Wetland Construída de fluxo subsuperficial Vertical
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio (parâmetro de qualidade da água)
- DBO<sub>5</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio após cinco dias a partir da coleta
- DQO – Demanda Química de Oxigênio
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
- EP – Escritório Piloto
- FAU-USP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
- hab – Abreviação para habitantes
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IGC - Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo.
- INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- K - Capacidade de Infiltração do solo.
- NBR – Norma Brasileira
- PAA – Programa de Aquisição de Alimentos
- PDS – Projeto de Desenvolvimento Sustentável
- PNAE - Política Nacional de Alimentação Escolar
- PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
- PV – Poço de Visita
- RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
- SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
- TAS – Taxa de Aplicação Superficial
- TL – Terminal de Limpeza
- TS – Tanque de Sedimentação
- TU – Tanque de União
- UFC - Unidade formadora de colônia
- UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
- UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 O saneamento básico no Brasil

Saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorando a qualidade de vida da população, de acordo com a Lei 11.445. Como exemplo de medidas, pode-se citar: abastecimento de água potável, o manejo de água pluvial, a coleta e tratamento de esgoto, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

O saneamento básico possui tal denominação devido ao seu caráter de base para o desenrolar das atividades humanas. Sem ele, há consequências em todas as esferas da vida do indivíduo. Primeiramente, em aspectos de saúde. A ausência de saneamento pode levar à liberação de patógenos e poluentes nos corpos hídricos e no solo, culminando na contaminação deles. Isso impulsiona a chance de contato dos seres humanos e animais com tais agentes responsáveis por várias doenças, como a diarreia. Estes impactos sobre a saúde se desdobram, podendo levar a uma queda na produtividade do indivíduo, dificultando a atividade econômica na comunidade, reduzindo o aprendizado das crianças. A falta de saneamento também gera outros problemas sobre a atividade turística, industrial, valorização do terreno, fatores que atuam restando o desenvolvimento local (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Em 2017 a Lei 11.445 completa 10 anos. Esta lei, conhecida como Lei do Saneamento Básico, prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água e de tratamento de esgoto no país, estabelecendo as respectivas competências para as esferas federal, estadual e municipal, bem como as diretrizes para a participação de empresas privadas no serviço. Um dos pilares da Lei é a elaboração de planos municipais das cidades, que prevejam o fornecimento dos serviços supracitados. Desde então, segundo os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) divulgados em janeiro de 2017, mas referentes à 2015, a população atendida por coleta de esgoto passou de 42% para 50,3% no território nacional, e o percentual de esgoto tratado foi de 32,5% para 42,7% (SNIS, 2017). Observa-se um pequeno avanço nos percentuais, o que explicita que esta questão, mesmo se tratando de uma discussão perpetuada desde

o século 19 nas grandes cidades, ainda mostra-se como merecedora de prioridade por parte do governo. A Lei do Saneamento Básico previa a universalização até 2033, mas de acordo com o relatório do Instituto Trata Brasil, seguindo o ritmo atual de liberação de recursos, esta meta será atingida apenas em 2054 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

O Instituto estabeleceu um ranking do saneamento no Brasil, com base no Índice de Desenvolvimento do Saneamento, que leva em conta a cobertura atual e a evolução nos últimos anos. O resultado do Brasil foi de 0,581, por que obteve nota baixa nos dois quesitos, enquanto que o pior índice foi o da Região Norte (0,373) e o melhor, Centro-Oeste (0,660). Esta desigualdade de acordo com as diferentes regiões do Brasil fica ilustrada, mais uma vez, pela **Tabela 1**, que traz os níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, segundo região geográfica e Brasil.

**Tabela 1 –Níveis de atendimento com água e esgoto dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, segundo região geográfica e Brasil.**

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
	(IN <sub>055</sub> )	(IN <sub>023</sub> )	(IN <sub>056</sub> )	(IN <sub>024</sub> )	(IN <sub>046</sub> )	(IN <sub>016</sub> )
Norte	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
Nordeste	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
Sudeste	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
Sul	89,4	98,1	41,0	47,5	41,4	94,3
Centro-Oeste	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
Brasil	83,3	93,1	50,3	58,0	42,7	74,0

Fonte: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2015, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do Ministério das Cidades.

Pode-se observar que o índice de coleta e tratamento de esgotos gerados é maior para as regiões mais ricas do país - Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Além disso, observa-se também uma desigualdade em uma esfera posterior; dentro de cada região há uma maior presença destes serviços no meio urbano, do que no meio rural.

Acerca da lentidão do avanço da instalação de sistemas de saneamento básico, pode-se dizer que deve-se às dificuldades relativas, primeiramente, à baixa adesão das cidades a Lei e a elaboração do Plano Municipal. Segundamente, muitas cidades carecem do entendimento da importância de serem alocados recursos para o saneamento básico e carecem do corpo técnico especializado exigido, devido ao alto grau de complexidade das obras. Já as desigualdades geográficas mostradas devem-se à priorização por parte do governo e das empresas privadas em atenderem primeiro a população de maior renda, seja porque pode-se cobrar uma tarifa maior, sendo um investimento de menor risco, ou seja, porque as regiões mais desassistidas são, em sua maioria, terrenos irregulares e de difícil instalação dos sistemas.

Acerca da problemática do saneamento no meio rural, observa-se na **Tabela 2**, que, em 2007, a maioria das casas no Brasil não dispunham de sistema de tratamento adequado. A tecnologia mais utilizada era a fossa rudimentar e em segundo lugar, a maior fração refere-se à ausência total de sistema.

**Tabela 2 - Esgotamento sanitário na área rural por região**

Esgotamento Sanitário – Área Rural							
Região	Rede coletora	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Direto para rio, lago ou mar	Outro tipo	Não tinham
Norte	1,79	19,21	51,91	3,93	0,91	0,00	22,26
Nordeste	2,23	12,26	40,95	6,78	0,85	0,42	36,50
Sudeste	17,89	15,84	43,97	3,89	11,72	0,85	5,84
Sul	1,86	44,94	42,53	4,78	2,28	0,21	3,40
Centro-Oeste	1,49	6,37	80,60	1,62	0,37	1,04	8,53
Brasil	5,30	18,40	45,32	5,26	3,28	0,46	21,99

Fonte: Transversal - Saneamento Básico Integrado às Comunidades Rurais e Populações Tradicionais - Nível 2 (PNAD 2007)

## 1.2 O Periurbano

Urbanização é o processo no qual há o crescimento das cidades e das populações nelas residentes. As cidades são, portanto, centros político-administrativos organizados, mas não necessariamente planejados. No Brasil a urbanização é um processo recente, iniciado na década de 30 e somente em 1970

dados do IBGE trazem que a população urbana ultrapassou a rural. Este processo foi fruto dos avanços de transporte, meios de comunicação, especulação imobiliária e da chamada “Revolução Verde”, que promoveu a modernização do campo, com a introdução de máquinas que ocuparam os existentes postos de trabalho e a instalação de monoculturas, o que culminou no êxodo rural de trabalhadores do campo (FIXEL, 2012).

Com o aporte de imigrantes nas cidades, houve um inchaço populacional e um crescimento desordenado, o que causou pressão nos serviços públicos e especulação imobiliária, resultando em muitas pessoas, de baixa renda, impedidas de terem seus direitos básicos atendidos, como educação, saúde, moradia digna. Em consequência, as cidades observaram o processo de favelização, o aumento da violência urbana e a deterioração dos ambientes naturais, entre outros impactos.

Neste cenário de urbanização há a centralidade da organização das sociedades em torno dos centros urbanos, e há a subordinação das áreas limítrofes, periurbanas e rurais, a eles. Segundo Souza (2008), as cidades não existem isoladamente, mas sim, baseadas em sistemas de trocas com seus entornos. Entre essas trocas, a captação e extração dos excedentes agrícolas produzidos no meio rural, que tornam possível a existência das cidades (FIXEL, 2012).

No contexto da urbanização ocorre uma expansão do meio urbano sobre o rural, de forma que desenvolveu-se uma região de transição entre estes dois meios, conhecida como “periurbano”. Trata-se de uma área dotada de características próprias, produto das interações das outras duas áreas que a circundam, culminando em um espaço dinâmico de constante transformação, heterogêneo, com características do meio natural, rural e urbano.

Por sua localização estratégica, próxima aos centros urbanos, às vias de acesso, dotada de infra-estrutura urbana e com disponibilidade de áreas sujeitas a menor especulação imobiliária, o periurbano é um território que interessa a diferentes setores da sociedade. Encontram-se nele ocupações rurais, como atividades agropecuárias produtivas, de pequenos lotes até grandes latifúndios de eucalipto, ou improdutivas, como pesque-pagues e ecoturismo. Há também ocupações urbanas, indústrias, galpões, ocupações irregulares (favelas), condomínios de luxo e chácaras de veraneio.

Em se tratando especificamente de São Paulo, segundo Lucia Sousa e Silva (2013), a expansão urbana da cidade se iniciou em cerca de 1930, quando até 1970 a densidade demográfica permaneceu a mesma, porém a população aumentou e os limites da cidade expandiram-se, ocupando os ambientes naturais ao redor. Nas décadas de 80 e 90, devido a densificação da cidade e a especulação imobiliária, a atividade industrial se viu com dificuldades para manter-se localizada no centro, sendo compelida a procurar terrenos nas margens da cidade de São Paulo (LEITE, 2012).

Com isso, o periurbano passou a ser procurado pela atividade industrial, atraindo um cada vez maior contingente populacional (fator também impulsionado pela especulação imobiliária e pelo aumento das redes de transporte), de forma que a cidade de São Paulo expandiu-se gradualmente, conurbando e urbanizando os municípios limítrofes, que desenvolveram ocupações sem planejamento e com características periféricas.

### **1.3 A importância do periurbano**

Na lógica da expansão urbana de São Paulo descrita acima, os municípios limítrofes não eram dotados de um poder público forte, nem de investimentos públicos ou privados. Isso resultou na ausência de planejamento, de políticas públicas, de controle sobre o uso e ocupação do solo e de diretrizes sobre as atividades econômicas. Houve, portanto, uma urbanização sem cidade (SILVA, 2013). Hoje a região conta com 39 municípios, totalizando cerca de 20 milhões de pessoas, que convivem com a disputa pelo periurbano, almejado por diferentes setores para estabelecerem nele atividades econômicas de agropecuária ou indústria, obras de infra-estrutura, especulação imobiliária ou moradia, submetidas à lógica de concentração de renda, sem levar em conta a necessidade de superar as desigualdades sociais. Nesta lógica, a desigualdade é apenas retro-alimentada e acirrada, fomentando ocupações e assentamentos irregulares (VARINER; MARICATO, 2000).

Tais interesses em disputa, se promovidos sem planejamento e de forma predatória, podem promover consequências nefastas ao meio ambiente, ainda mais em se tratando de áreas importantes ecologicamente. É o caso do periurbano, que mostra-se de suma importância ambiental, pois por ele ser a transição ao ambiente

natural, nele encontra-se a presença de capitais naturais, já quase totalmente extinguidos nas cidades, e que atuam beneficiando-a. Capitais naturais podem ser entendidos como os benefícios tangíveis ou intangíveis, advindos de recursos naturais e que podem ser, direta ou indiretamente, apropriados pelo homem, nas dimensões ecológica, econômica ou sócio-cultural. (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

Ao fluxo de benefícios promovido pelo estoque dos capitais naturais é chamado de serviços ecossistêmicos, que são as contribuições dos capitais naturais à economia, através do aproveitamento de funções desempenhadas pela natureza. Com este conceito o que se busca é estimar a valoração deste serviço, através da simulação de quanto seria gasto em termos monetários para substituí-lo, com capital físico e humano. Para Andrade e Romeiro (2009) tal substituição não é perfeita, e, se fosse, significaria que o capital natural também é substituto perfeito para o humano e físico, resultando na não necessidade de substituir o primeiro, já que ele já está lá. Porém, ao capital físico é dada outra importância, acima dos outros dois capitais, o que sugere que eles não são substituíveis entre si, mas sim complementares. E de fato, levando ao extremo, há que se notar que existem alguns serviços ecossistêmicos insubstituíveis por definição, pois gerariam perdas irreversíveis.

De acordo com a Avaliação do Milênio sobre Serviços Ecossistêmicos, existem quatro categorias:

- Provisão: fornecimento de alimentos, lenha, água, fármacos
- Regulação: manutenção de ciclos bioquímicos, regulação do clima, controle de enchente e de erosão, retenção de poluentes atmosféricos
- Suporte: polinização, ciclagem de nutrientes, produção primária, formação do solo
- Cultural: promoção de beleza cênica, ecoturismo, desenvolvimento de crenças

O correto entendimento da origem de cada serviço ecossistêmico se faz essencial para que seja pensada a sua preservação. Em se tratando do periurbano, estão presentes as quatro categorias, indispensáveis para a reprodução da vida urbana, atuando na retenção dos poluentes atmosféricos, na regulação do microclima, na manutenção da disponibilidade hídrica, na promoção da



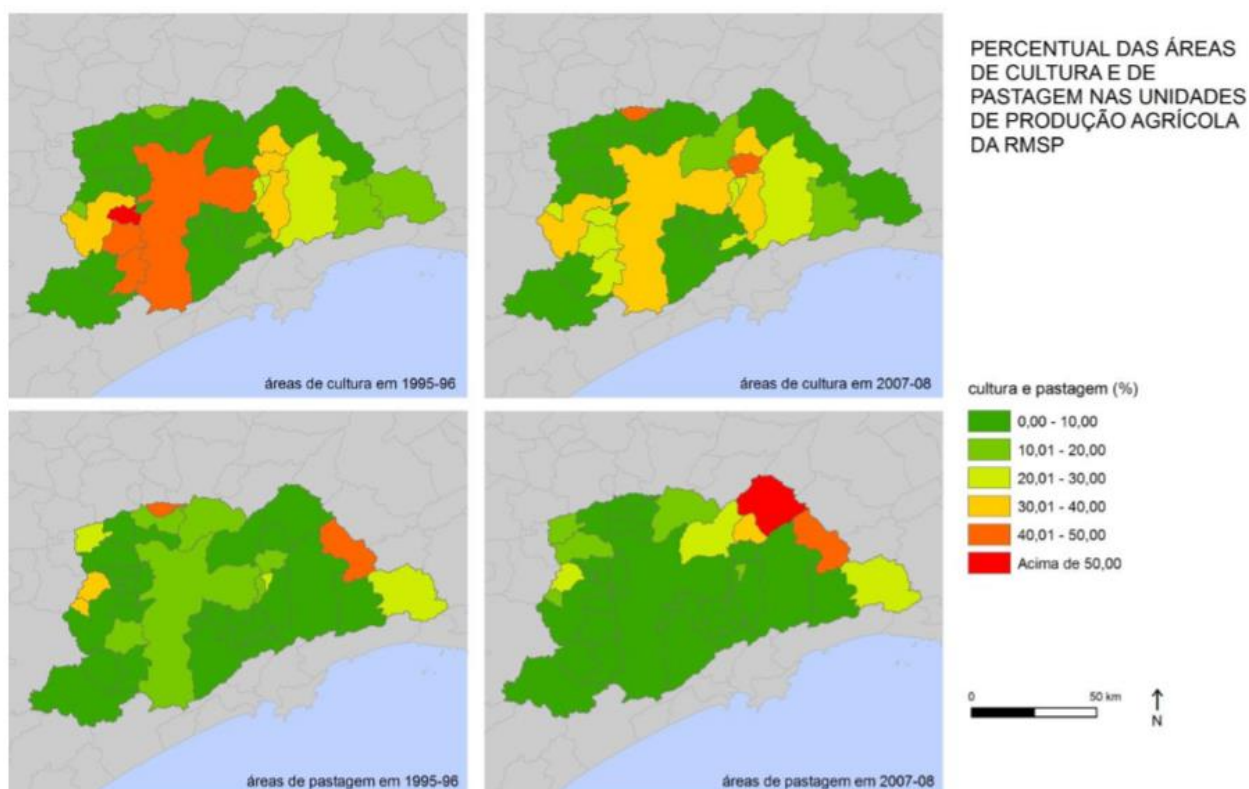
biodiversidade, entre outros, reduzindo os impactos causados pelas características das cidades, como o solo impermeabilizado, construção em encostas, retificação de rios, emissão de poluentes, supressão vegetal.

Sendo assim, faz-se óbvia a importância do periurbano com relação à promoção e manutenção da qualidade de vida nos centros urbanos. Tendo em vista essa importância, foi criada a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde, com base na metodologia proposta pelo Programa Homem e Biosfera, da UNESCO. Esta Reserva foi criada em 1994, englobando 78 municípios, diversos instrumentos de preservação previstos pela Lei SNUC (Lei n 9.985 2000), como Unidades de Conservação de Proteção Integral, Unidades de conservação de Uso Sustentável, Áreas Naturais Tombadas, Áreas de Preservação Permanente, entre outras. Sendo composta pelos biomas Mata Atlântica e Cerrado, visa garantir a existência de corredores verdes, que promovam a conservação de tais ecossistemas, por meio da gestão integrada e participativa dos instrumentos que a compõe, buscando, como previsto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a “preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações”.

Tendo em mente o processo de urbanização da região metropolitana de São Paulo, que exerce pressão sobre os serviços ecossistêmicos do periurbano, trataremos em especial do serviço de provisão de gêneros alimentícios. Segundo o mapa da

**Figura 1**, pode-se perceber tal pressão, ilustrada pela diminuição das áreas de cultivos agrícolas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (SILVA, 2013).

**Figura 1 - percentual das áreas de cultura e de pastagem nas unidades de produção agrícola RMSP**



Fonte: Lucia Sousa e Silva, 2013

O Cinturão Verde da RMSP tem grande potencial em relação a este serviço, pelas suas características rurais remanescentes, por ser caracterizado por pequenas propriedades, pela proximidade a grandes centros consumidores e pela presença de inúmeras famílias rurais. Essa importância foi reconhecida e tratada no conceito acadêmico “Agricultura Urbana e Periurbana”, tratado por Lovo e Santandreu (2007), que trazem que este tipo de prática deve ser integrado às gestões territorial e ambiental das cidades, objetivando:

1. Melhorar a gestão ambiental.
2. Melhorar a gestão territorial.
3. Promover a equidade de gênero e respeito às condições étnicas e sócio-culturais.
4. Combater a pobreza.
5. Promover a Segurança Alimentar e Nutricional e combate à fome.
6. Promover a inclusão social e a governabilidade participativa.

A Agricultura Urbana e Periurbana caracteriza-se por ser de origem familiar. No Brasil, segundo dados do último Censo Agropecuário feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2006, a agricultura familiar é a maior responsável pela produção de produtos alimentares (87% da mandioca, 70% do feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do arroz, 58% do leite). Além disso, eram 84,4% dos estabelecimentos rurais brasileiros, porém, paradoxalmente, ocupavam apenas 24,3% das áreas agropecuárias brasileiras. Temos, portanto, a importância da manutenção do Cinturão Verde na garantia do fornecimento de gêneros cultiváveis para os centros urbanos, atuando diretamente na promoção de uma vida mais saudável aos seus habitantes.

Porém, para que tal agricultura familiar possa ser desenvolvida é fundamental reverter o cenário da falta de saneamento básico nas zonas periurbanas e rurais, garantindo acesso a abastecimento de água limpa, crucial para a agricultura, e garantindo o tratamento de esgoto, o que promove a salubridade do ambiente e das águas onde se dão os cultivos, impedindo a contaminação dos alimentos.

#### **1.4 Saneamento ecológico: um novo paradigma**

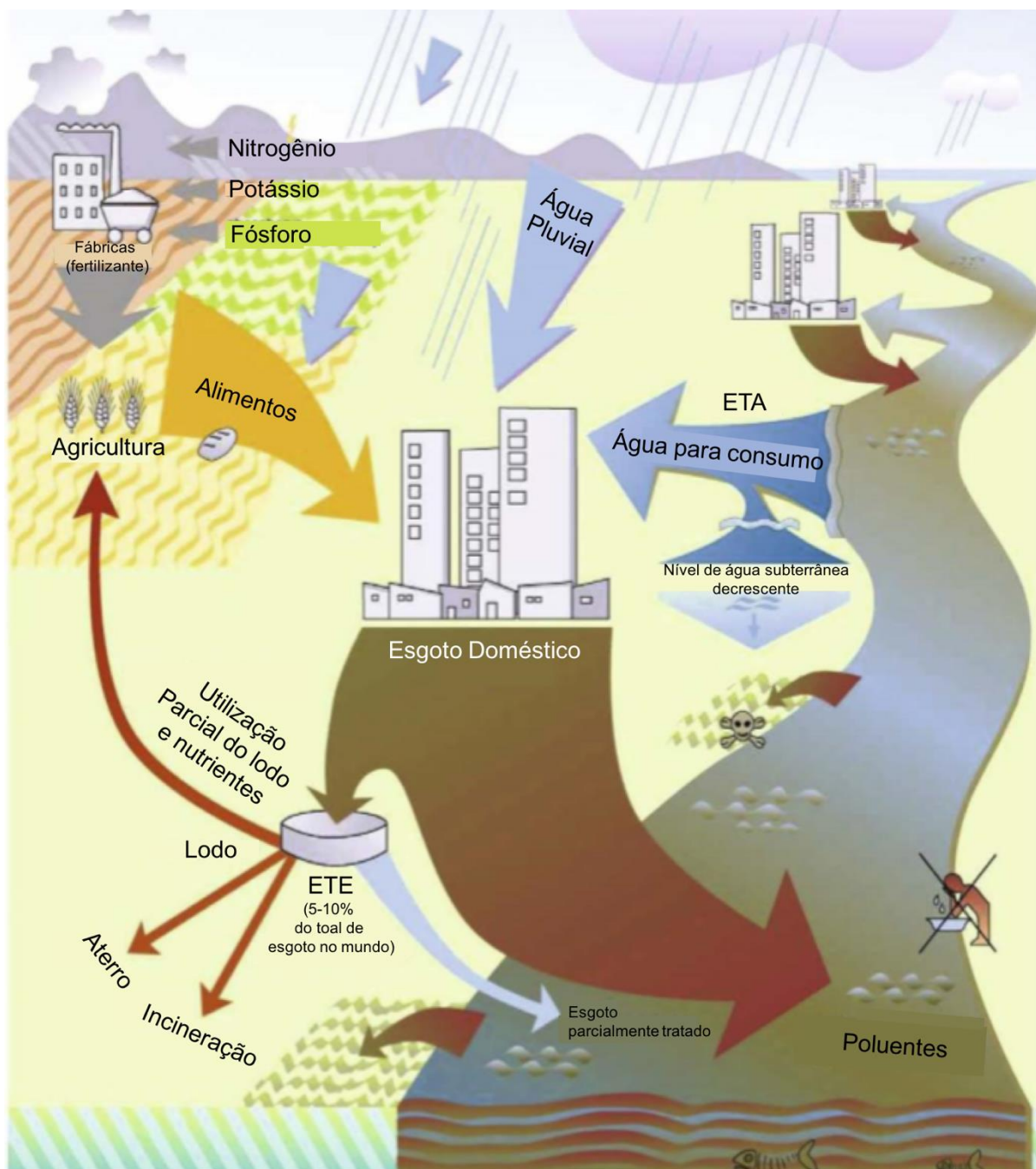
A abordagem convencional para o gerenciamento de águas residuais baseia-se no conceito de que essas águas são resíduos inservíveis, devendo ser coletadas para disposição. No entanto, muitos anos de experiência demonstraram que essa abordagem não consegue impactar de fato no atraso sanitário de quase metade da população mundial. (WERNER *et al.*, 2009)

Dentre as desvantagens desse modelo destacam-se: tratamento insuficiente ou descarga descontrolada de mais de 90% das águas residuais em todo o mundo; poluição de corpos d'água por nutrientes, substâncias perigosas, patógenos, hormônios, etc.; consumo excessivo de água para o transporte de resíduos; altos investimentos, além dos custos operacionais e de manutenção; perdas de nutrientes valiosos contidos nos excrementos e predominância de sistemas centralizados que, combinados, resultam em problemas com lodo gerado (WERNER *et al.*, 2009). As desvantagens são ilustradas na **Figura 2**.

Considerando os danos ambientais, os riscos para a saúde e as crises de águas geradas por nossos atuais hábitos sanitários, é necessário um novo

paradigma no saneamento, baseado em uma abordagem ecossistêmica em que as excretas humanas não são vistas como um resíduo, mas como um recurso a ser disponibilizado para reuso (WERNER *et al.*, 2009).

**Figura 2 - Desvantagens da abordagem convencional no saneamento**

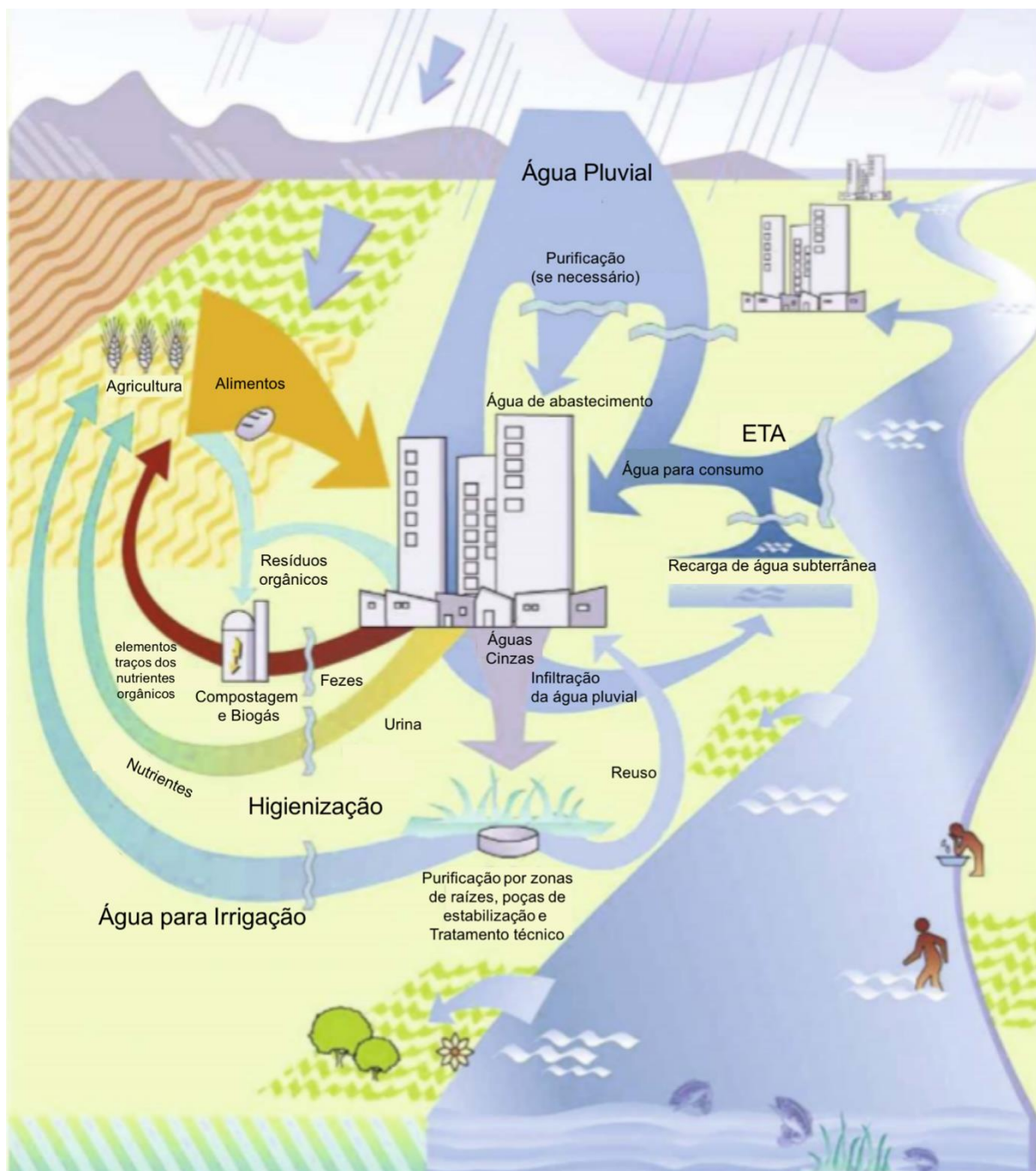


Fonte: Adaptado de GTZ

O saneamento ecológico (ecosan) introduz o conceito de gestão integrada das águas e recursos naturais. Caracteriza-se pelos processos de desinfecção e reciclagem, visando o aproveitamento de nutrientes para produção de alimentos. Não favorece um tipo de tecnologia em especial, mas fornece a base conceitual para

projetos de sistemas que atendam usuários e condições locais específicas. Enfim, o saneamento ecológico é tido como um sistema de ciclo-fechado capaz de preencher a lacuna existente entre o saneamento e a agricultura (HAQ e CAMBRIDGE, 2012; LANGERGRABER e MUELLEGGGER, 2005; WERNER *et al.*, 2009; WINBLAD e SIMPSON-HEBERT, 2004). A **Figura 3** ilustra essa nova abordagem.

**Figura 3 - Vantagens da aplicação do saneamento ecológico**



Fonte: Adaptado de GTZ



## 1.5 Sistemas centralizados x descentralizados

Como se expôs acima, o paradigma convencional tende a adotar modelos centralizados de gerenciamento das águas residuárias. Segundo Massoud *et al.* (2009), os sistemas centralizados de coleta e tratamento de águas residuais são dispendiosos para construir e operar, especialmente em áreas com baixas densidades populacionais e moradias dispersas. Os países em desenvolvimento, em geral, não têm tanto o financiamento para construir as instalações centralizadas quanto os conhecimentos técnicos para gerenciá-las e operá-las.

Os autores pontuam, ainda, que a abordagem descentralizada permite a flexibilidade no gerenciamento e na escolha das tecnologias. Emprega-se, dessa perspectiva, uma combinação de sistemas locais (individualizados) ou modulares (aglomerados). Massoud *et al.* (2009, p.658) pontua a necessidade da gestão centralizada desse tipo de tecnologia para “garantir que sejam inspecionadas e mantidas regularmente. As estratégias de gerenciamento devem ser específicas para as condições sociais, culturais, ambientais e econômicas na área-alvo.”

Ainda sobre esta questão, a necessidade de se criar programas de manutenção e gestão adequados pode ser visto como um obstáculo para as tecnologias de caráter descentralizado. Segundo Parkinson e Tayler (2003, *apud* CHAVES e CONTRERA, 2017) é essencial que a concepção dos sistemas descentralizados considere tecnologias que sejam compatíveis com o conhecimento local, bem como com as características socioculturais e econômicas da comunidade, para que assim, a operação, a manutenção e o gestão dos sistemas possam ser apropriados pela população.

Enfim, a abordagem do saneamento ecológico aliada à concepção descentralizada dos sistemas de tratamento de águas residuais pode se constituir em uma robusta matriz tecnológica para a superação do atraso e das desigualdades no setor sanitário de países em desenvolvimento. Contudo, para além dos aspectos técnicos, se faz necessário integrar os aspectos socioculturais e políticos para que, de fato, um novo paradigma no saneamento se estabeleça (CHAVES e CONTRERA, 2017; MADRI *et al.*, 2015; MASSOUD *et al.*, 2009).

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho é estudar possíveis alternativas de esgotamento sanitário para o Assentamento Dom Pedro Casaldáliga, visando promover o desenvolvimento pleno da agricultura familiar sem riscos de contaminação tanto aos produtos quanto aos trabalhadores.

As alternativas serão dimensionadas e orçadas com a finalidade de embasar a matriz de decisão, levando-se em conta critérios ambientais, econômicos e sociais para que seja identificada a melhor solução.

## **3 ÁREA DE ESTUDOS**

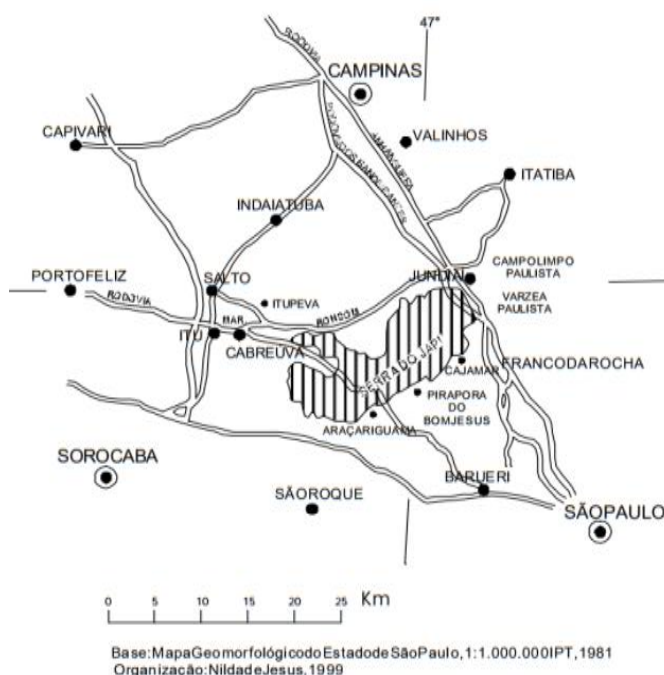
### **3.1 Caracterização do local**

O objeto de estudo do presente trabalho é o assentamento D. Pedro Casaldáliga, localizado no município de Cajamar, na Região Metropolitana de São Paulo, na Latitude 23°18'35 "S e Longitude 46°55'18 "W. Os limites do assentamento correspondem a chácaras privadas, galpões, indústrias, área urbana periférica de Cajamar, com ocupação de população de baixa renda, áreas de plantio de eucalipto e fragmentos da Serra do Japi, incluindo aqui estabelecimentos de turismo e restaurantes. A



**Figura 4**, a seguir, apresenta a localização da Serra do Japi no Estado de São Paulo.

**Figura 4 - Localização da Serra do Japi no estado de São Paulo**

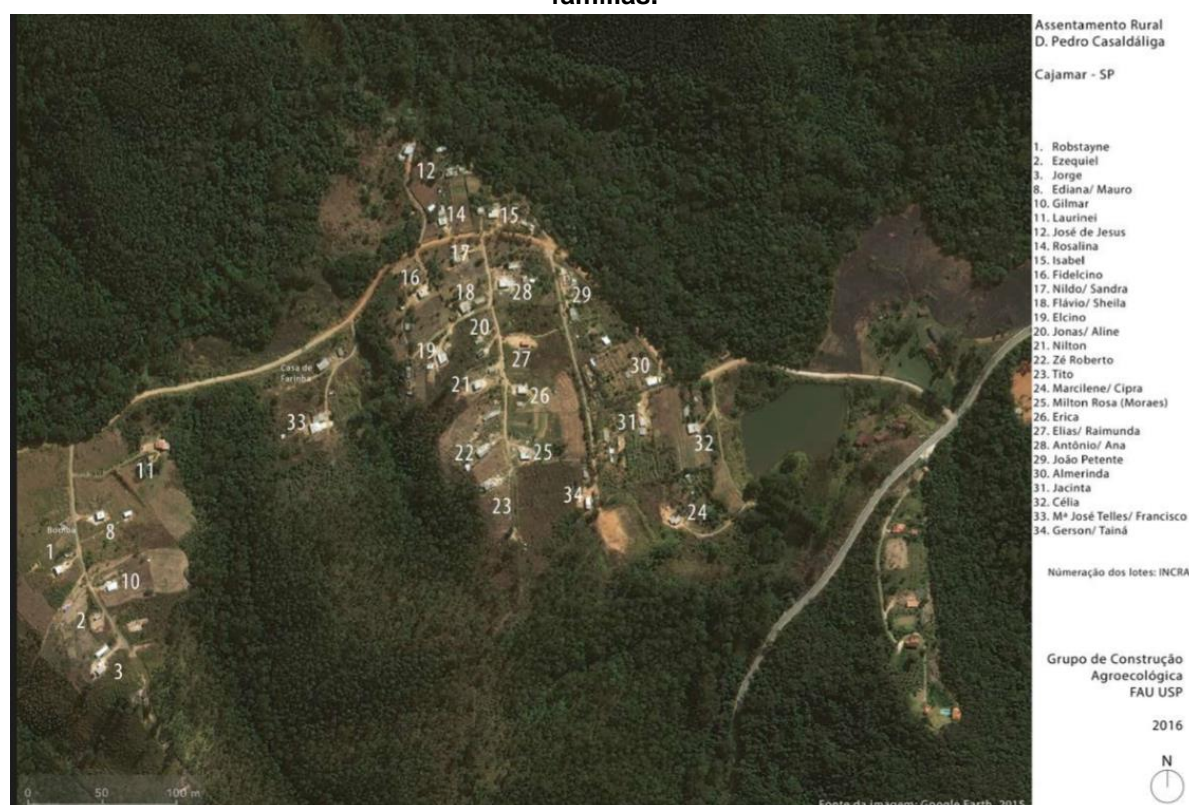


Fonte: Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo, 1:1.000.000, IPT: 1981

O assentamento está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) de Cajamar. Sua área é de 123,07 ha, abrigando 32 famílias, e é da modalidade de Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS), estabelecido pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). De toda esta área, possui 31,31 ha de vegetação nativa, sendo 17,77 ha de APP e 13,54 ha em RL, em processo de averbação. Nas áreas degradadas em APP e RL, estão sendo desenvolvidos projetos de restauração florestal estando em conformidade com o estabelecido pelo Código Florestal.

O Grupo de Construção Agroecológica, projeto de extensão da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP), realizou um trabalho prévio de mapeamento no local que permite descrever a distribuição espacial de cada uma das famílias em seus respectivos lotes no Assentamento Dom Pedro Casaldáliga. O resultado do estudo é apresentado na **Figura 5**.

**Figura 5 – Mapeamento dos lotes do Assentamento Dom Pedro Casaldáliga e suas respectivas famílias.**



Fonte: Grupo de Construção Agroecológica – FAU-USP

### 3.2 Atividades Econômicas

O assentamento é dividido em lotes familiares de meio a um hectare de área verde, além das áreas construídas. Devido a questões burocráticas ligadas ao Licenciamento Ambiental as áreas coletivas, que representam a maior parte do assentamento, ainda não são utilizadas para fins agrícolas.

Contudo, a principal atividade econômica do assentamento é a produção agrícola e a criação de animais voltadas, em geral, para subsistência e, quando possível, a venda do excedente. Algumas famílias, com a produção já estruturada, buscam canais de comercialização no mercado local, seja através de feiras ou pelos programas governamentais de apoio a agricultura familiar.

Os principais canais de compras públicas são pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), através da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) que é pautado em grandes compras, principalmente de hortaliças, com preço e qualidade baixos. O PAA vem sofrendo grandes cortes orçamentários e já não representa um canal de vendas tão importante. E há, ainda, a Política Nacional de Alimentação

Escolar (PNAE), que estabelece que as prefeituras devem comprar pelo menos 30% da agricultura familiar, com maiores preços e valorização da produção orgânica.

É importante destacar que dada a realidade do assentamento, seu processo de formação através da luta social, o relativo abandono perante as políticas públicas e consequente carência infraestrutural, a grande maioria das famílias não conseguem sobreviver apenas da produção agrícola. Em geral, alguns membros dos núcleos familiares prestam serviços informais nas cidades vizinhas, muitas vezes ligados à construção civil, para complementar a renda.

Para além disso, a comunidade vive um processo de estruturação do assentamento como um todo, passando pela regularização ambiental, que implica na liberação de uma vasta área que será destinada à produção agroecológica; a organização da Cooperativa de Comercialização, que se responsabiliza pelo escoamento dessa; e as iniciativas locais dos coletivos de trabalho que buscam explorar as atividades de Turismo Rural e Educação Ambiental.

### **3.3 Uso e ocupação do Solo**

A modalidade PDS foi criada pelo INCRA, em 4 de novembro de 1999, por meio da Portaria Nº 477, que estabelece que um PDS, que possui interesse social e ecológico, deve ser um projeto pensado para o desenvolvimento de populações que vivam de atividades extrativistas, de agricultura familiar, ou de outras atividades de baixo impacto ambiental. O objetivo esta modalidade é promover o desenvolvimento de tais comunidades, oferecendo-lhes meios para que se sustentem em suas atividades, e garantir a preservação do meio.

Nesta modalidade, cabe ao INCRA as seguintes atividades: obtenção da terra, criação do Projeto, a seleção dos beneficiários, aporte de recursos de crédito, de instalação e de produção (pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)); infraestrutura básica (estradas de acesso, água e energia elétrica) e a titulação (concessão de uso/título de propriedade). As terras são dadas mediante concessão de uso, e sua divisão é decidida pela comunidade.

Outras legislações referentes ao assentamento são: Resolução CONDEPHAAT Nº 011, de 1983, que tomba a região da Serra do Japi, abarcando e reconhecendo a existência do assentamento e colocando a permissão do uso

racional dos recursos naturais para agricultura, e a Lei Estadual nº 4.055, de 1984, que estabelece a Área de Proteção Ambiental de Cajamar, que abrange parte da Serra do Japi e da Serra dos Cristais.

Acerca do Plano Diretor Municipal de Cajamar (Lei Complementar Nº095/07), o assentamento é enquadrado em uma Zona de Interesse Ambiental, que restringe o uso e ocupação do solo a fim de garantir a preservação ou recuperação de áreas de interesse histórico, ambiental, cultural ou paisagístico. Este enquadramento também abrange os condomínios de alto padrão, as favelas, os galpões e as indústrias que localizados no entorno do assentamento.

Observa-se, portanto, uma diversidade de atividades, que são contrastantes entre si, por demandarem diversas condições do meio ambiente e por pressionarem diferentemente. Além disso, tais atividades estão em dissonância com o preconizado pelo Zoneamento municipal, o que se mostra prejudicial para a região devido a ausência de um norteamento para o desenvolvimento. Em consequência, observa-se conflitos de uso de terra, que no assentamento traduzem-se em: ocorrência de casos de criminalidade no assentamento, contaminação dos corpos d'água devido ao despejo de resíduos industriais ou de esgoto doméstico, descartes clandestinos de lixo, dificuldade de acesso à serviços públicos e falta de transporte urbano.

O **Anexo I** apresenta o mapa de Macrozoneamento do Plano Diretor Municipal de Cajamar de 2007 obtido através do Cadastro Técnico do portal de transparência da Prefeitura Municipal de Cajamar.

### **3.4 Topografia**

O assentamento é situado na Serra do Japi, possuindo, portanto, relevo significativamente acidentado, o que dificulta o plantio e a construção no local. Por isso, o detalhamento preciso da topografia do assentamento é de extrema importância para a caracterização do local, sendo essencial para que a rede de coleta de esgoto seja dimensionada, além de fornecer informação importante sobre como ocorre o escoamento da água superficial no local. Contudo, o grupo encontrou bastante dificuldade para encontrar folhas topográficas da região, principalmente por conta de se tratar de um assentamento rural relativamente recente com baixo número de famílias e poucas intervenções construtivas. O fato do objeto ser situado

em uma zona rural também dificultou a obtenção de dados topográficos, uma vez que há maior disponibilidade de cartas em áreas urbanas.

A norma técnica NBR 9.649 dispõe sobre as condições básicas exigíveis para a elaboração de projetos hidráulico-sanitários, especificando que o levantamento planialtimétrico da área de projeto e de suas zonas de expansão deva possuir uma escala mínima de 1:2.000 com curvas de nível equidistantes de 1 metro. No entanto, diante da escassez de dados, o grupo se viu obrigado a utilizar a base cartográfica do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), elaborada entre 1978 e 2006 com escala 1:10.000, disponibilizada gratuitamente na plataforma DataGeo, sendo a carta topográfica de maior precisão encontrada. Assim, a utilização desta carta é justificada pela falta de dados e pelo fim acadêmico que o presente projeto possui. No entanto, está previsto no cronograma das próximas etapas, a busca por cartas mais precisas ou o levantamento *in situ* para que a precisão adequada seja alcançada (SÃO PAULO (ESTADO), 2017).

O mapa contendo o recorte da carta sobre a área do assentamento é apresentado no **Anexo II**.

### **3.5 Geologia**

A região do assentamento encontra-se sobre o Aquífero Cristalino, que cobre boa parte da região sudeste do Estado de São Paulo. De acordo com Iritani & Ezaki (2008), o Cristalino é um aquífero composto por rochas fraturadas, predominantemente de origem ígnea e metamórfica. No contexto do relevo do Estado de São Paulo, de acordo com a divisão proposta por Almeida (1964), que apresenta cinco províncias geomórficas (Planalto Atlântico; Província Costeira; Depressão Periférica; Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental) a região do assentamento está inserida no Planalto Atlântico, próxima à Depressão Periférica Paulista e situada Serrania de São Roque (JESUS, 2004).





### 3.6 Solo: Permeabilidade e composição

Referente à Serra do Japi, nas áreas mais baixas, com declividade crescente ao longo da vertente, aparecem solos com predomínio de Nitossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho Amarelo Argilúvico e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (JESUS, 2004). Segundo informações fornecidas pela EMBRAPA (s.d.), os dois primeiros solos são bastante argilosos, com aspecto ceroso e alto potencial agrícola.

Já o argissolo distrófico apresenta baixa saturação das bases e portanto, baixa fertilidade. Já nas áreas mais elevadas, com alta declividade (acima dos 40%), onde ocorrem solos pouco desenvolvidos de granulação grossa e composta majoritariamente de quartizitos, como Neossolo Lítico/Regolítico, que apresenta baixa fertilidade e alta suscetibilidade à erosão, e também Argissolo Vermelho distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, que, além da baixa fertilidade, apresentam baixo potencial agrícola devido à baixa permeabilidade e alta susceptibilidade a erosão.

### 3.7 Hidrografia

A maior parte do Município de Cajamar está contido na Sub-bacia do Alto Tietê, sendo o rio Juqueri o principal corpo hídrico que cruza a cidade. Já a menor parte restante, localizada no extremo noroeste, onde o objeto de estudo é localizado, faz parte da sub bacia do rio Jundiaí, a qual se encontra inserida na bacia do Médio Tietê (CAJAMAR, 2011).

A bacia do Médio Tietê é abrangida pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos número 10 do Estado de São Paulo (UGRHI-10), contígua à bacia do Alto Tietê e compreende o trecho do Rio Tietê à jusante do Reservatório de Pirapora do Bom Jesus até a Barragem de Barra Bonita. Os principais Afluentes dessa bacia são os rios Jundiaí, Capivari, Piracicaba e Sorocaba. A

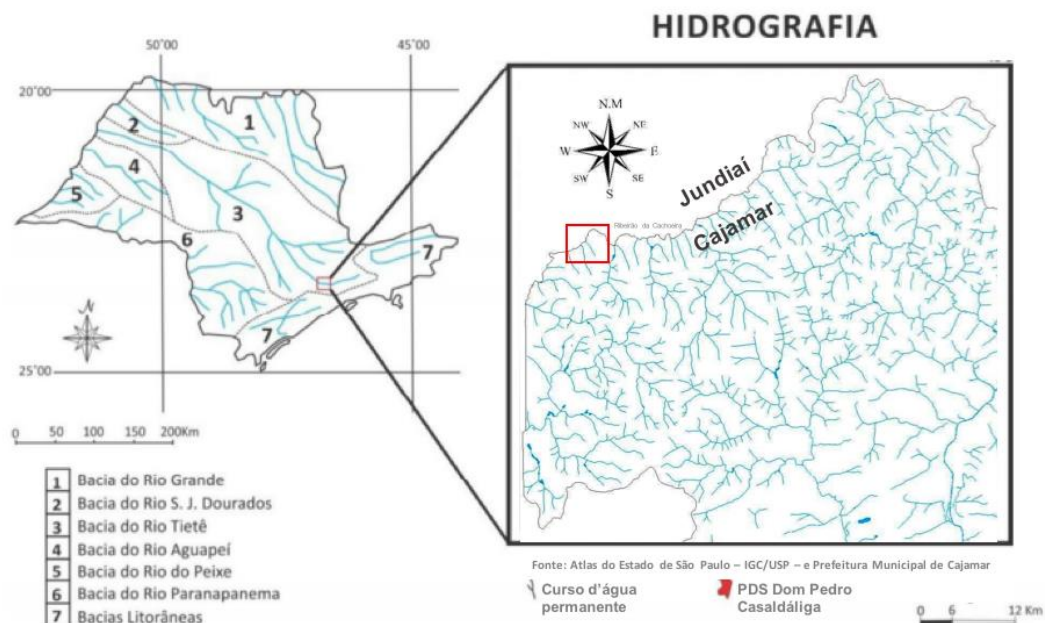
**Figura 7** apresenta a hidrografia geral do Estado de São Paulo e o recorte da hidrografia da região noroeste do Município de Cajamar.

Em relação aos mananciais mais próximos à área do assentamento, o principal curso d'água da região é o ribeirão da Cachoeira, que delimita a área do assentamento em sua parte mais baixa, ao norte. Além deste ribeirão, há pequenos



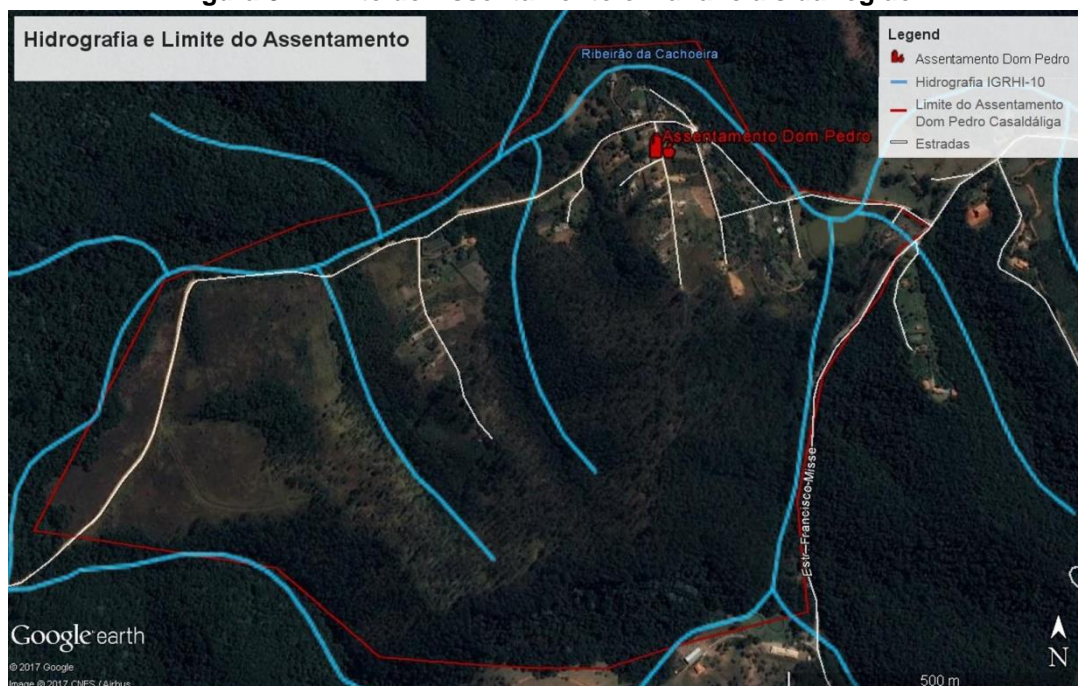
mananciais afluentes que são utilizados para captação de água de irrigação e uso doméstico. A **Figura 8** ilustra o limite do assentamento e a hidrografia da região.

**Figura 7 - Hidrografia do Estado de São Paulo e recorte com o município de Cajamar.**



Fonte: Adaptado de Catarucci (2014) e da Hidrografia obtida da Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Prefeitura Municipal de Cajamar.

**Figura 8 - Limite do Assentamento e Mananciais da região.**



Fonte: Google earth pro, 2017 e DataGEO: IDEA-SP, 2017

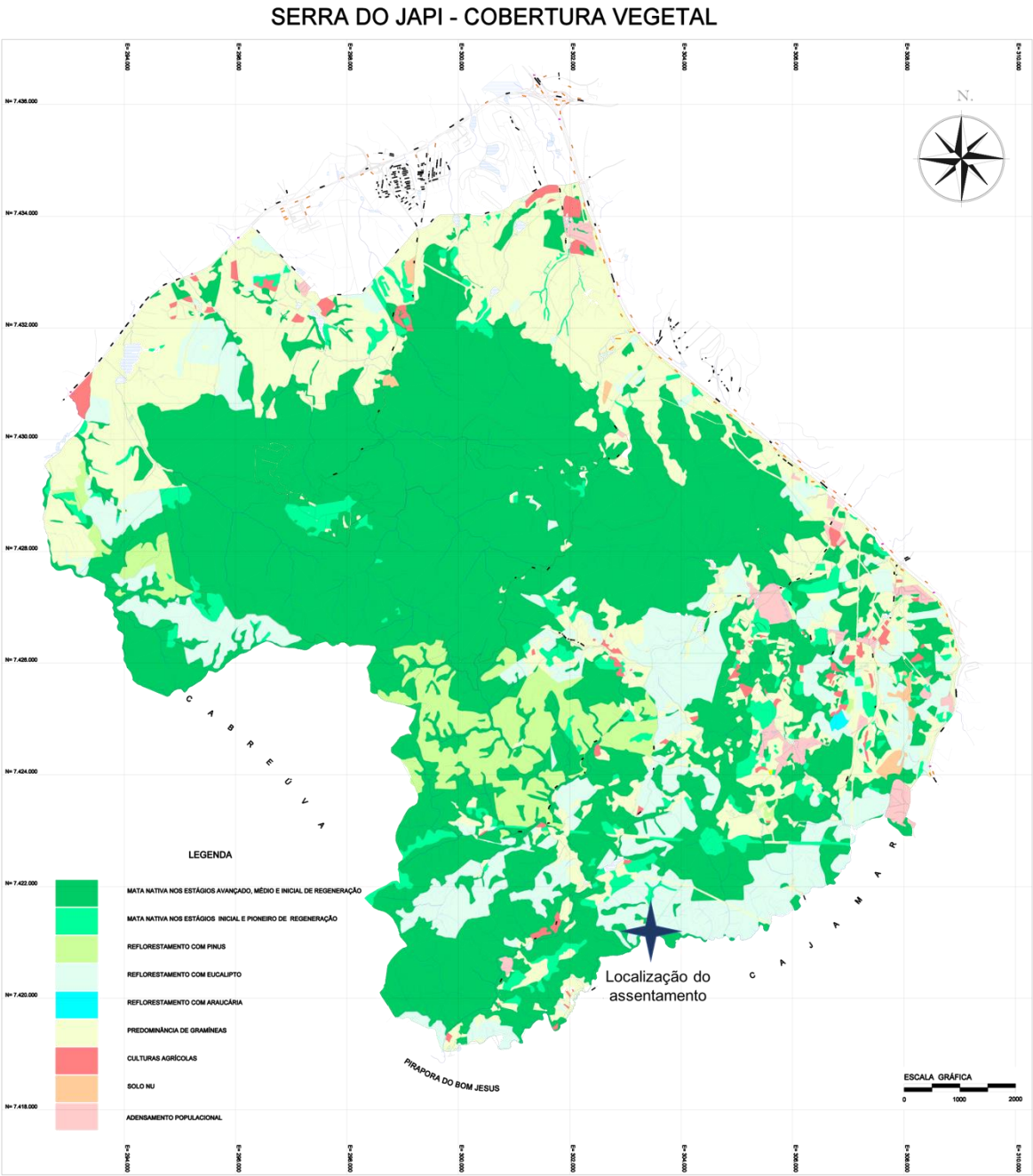


### **3.9 Vegetação**

A Serra do Japi apresenta uma grande heterogeneidade ambiental fruto da sua complexidade geológica, geomorfológica e pedológica e das diferentes condições micro-climáticas. Sendo assim, observam-se na área diversos tipos de habitats, com suas respectivas comunidades ecológicas e zonas de transição de ecossistemas. Além da grande biodiversidade, a região abriga um dos maiores fragmentos no sudeste brasileiro de floresta estacional semidecidual, ou floresta mesófila (na qual 20 a 50% dos indivíduos arbóreos são caducifólios, isto é, perdem suas folhas na estação seca), nos estágios mais e menos avançados do desenvolvimento sucessional. Ela é dotada de vegetação de médio a alto porte, sub-bosque denso e dossel fechado, estando ligada à estacionalidade climática tropical, com temperaturas altas, grande precipitação e poucos períodos de seca (MORELLATO, 1992).



Figura 10 - Cobertura Vegetal da Serra do Japi



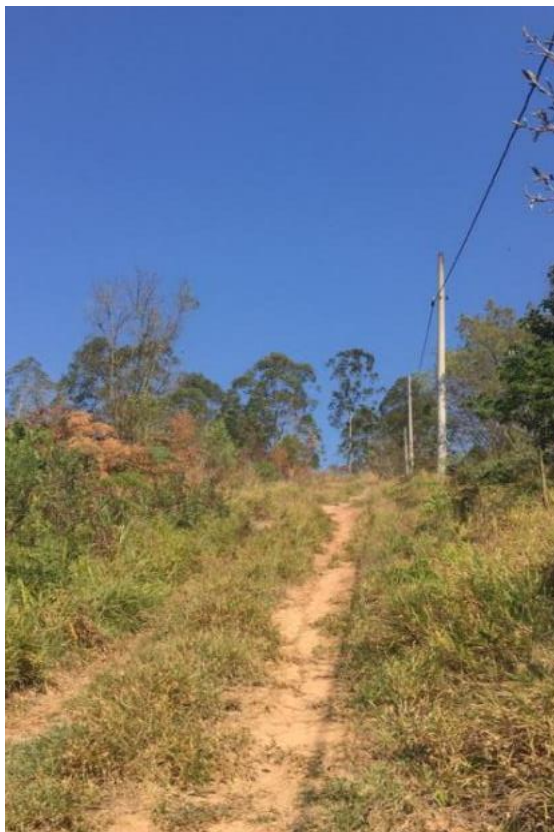
Fonte: Fundação Serra do Japi

Na



Figura 10 está destacada a localização do assentamento em relação à Serra do Japi, permitindo observar sua localização em mata nativa nos estágios avançado, médio e inicial de regeneração e em reflorestamento com eucalipto. Tal designação é confirmada ao visitar o assentamento, como pode se observar na **Figura 11**, com a presença de eucaliptos, e na **Figura 12**, com vista para a densa vegetação da Serra do Japi:

**Figura 11 – Vegetação no assentamento**



Fonte: acervo Escritório Piloto

**Figura 12 – Vegetação no assentamento, com Serra do Japi ao fundo.**



Fonte: acervo Escritório Piloto

### 3.10 Soluções de esgoto atualmente utilizadas

A maioria das famílias, hoje, possuem sistema de tratamento por tanques sépticos. Alguns destes foram implantados recentemente em projeto de extensão universitária junto a estudantes da Escola Politécnica, todavia esse assunto será tratado no tópico 4.1. Extensão Universitária no Assentamento Dom Pedro Casaldáliga. Entretanto, muitos desses sistemas estão em funcionamento há mais de cinco anos e a grande maioria nunca recebeu manutenção. A **Figura 13** ilustra um tanque séptico em uso há oito anos, notadamente entupido.

**Figura 13 – Sistema de tanque séptico entupido.**



Fonte: acervo Escritório Piloto

### 3.10.1 Possíveis fontes de contaminação

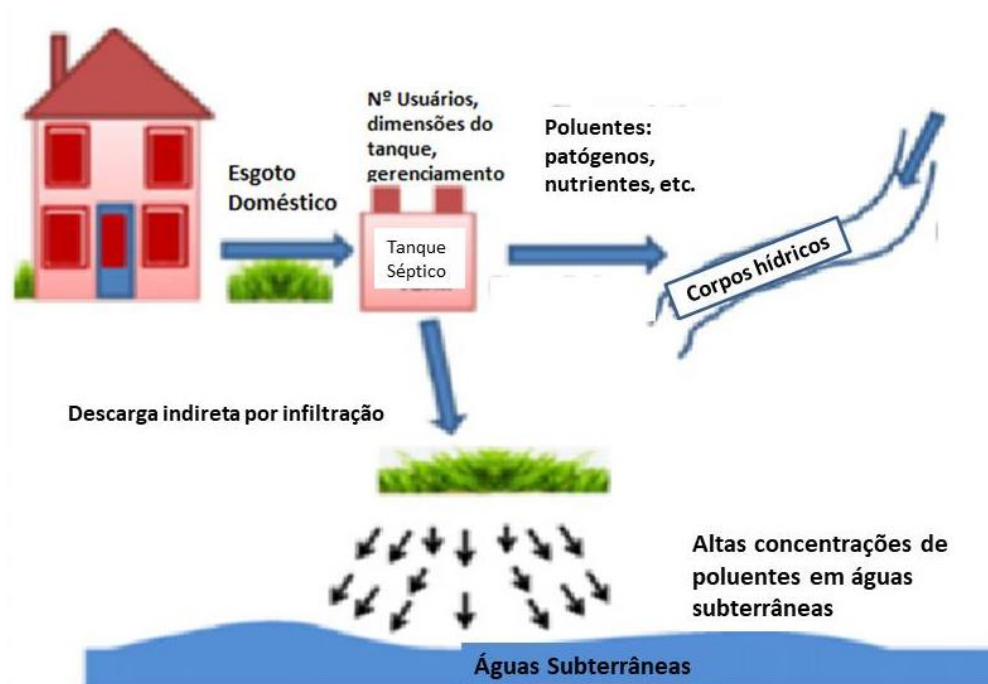
Tendo em vista o panorama apresentado, pode-se inferir que os sistemas de tratamento atualmente utilizados, os tanques sépticos, representam um risco ambiental. Esses sistemas têm sido reconhecidos com fontes pontuais de poluição de corpos hídricos superficiais e subsuperficiais (ver **Figura 14**). As características dos tanques, o número excessivo de usuários e a manutenção inadequada são apontados como as principais causas do risco (RICHARDS et al., 2016).

Sabe-se que devido à falta de fiscalização ou por não se ter local estabelecido para destinação final, geralmente ocorre lançamento indevido de lodo de tanque séptico no meio ambiente, o que implica na contaminação do solo e dos corpos hídricos, visto que esse lodo possui significativas concentrações de nutrientes, matéria orgânica e organismos patogênicos. Esta contaminação, além dos prejuízos ambientais, favorece a criação de locais adequados para proliferação de vetores e consequente disseminação de doenças (ANDREOLI, 2009).

Sendo assim, é clara a necessidade de se estudar alternativas para o tratamento do lodo de tanques sépticos, visando evitar os crimes ambientais relacionados ao descarte desse material. Quando possível, deve-se tentar o reaproveitamento deste, que de resíduo pode se tornar um produto aplicado em diversas atividades, dentre elas a agricultura (ANDREOLI, 2009).

**Figura 14 – Impactos relacionados ao uso de tanques sépticos**





Fonte: adaptado de Richads et al., 2016

### 3.11 Situação frente ao Licenciamento Ambiental

No Brasil, o licenciamento ambiental é previsto pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6938/81) e pela Lei Complementar 140/11. A obrigatoriedade do licenciamento ambiental fica definida em: “a construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.”, trecho extraído da resolução CONAMA 237/97 (BRASIL, 1997), que dispõe as diretrizes acerca do licenciamento ambiental. Segundo esta resolução, existem três tipos de Licença Ambiental a serem obtidas pelos empreendimentos:

“I - Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II - Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos

aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III - Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.” (BRASIL, 1997)

Sendo assim, os assentamentos têm a obrigatoriedade de serem licenciados estabelecida por lei, e também como condição para que os seus assentados possam acessar políticas microcrédito rural, que são concedidas pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf.

Adicionalmente, a legislação brasileira conta com a Resolução CONAMA 387/06, que traz as diretrizes para a realização do licenciamento ambiental em assentamentos de reforma agrária, estabelecidos pelo INCRA. Ela facilita e reduz a demanda de licenças ambientais para duas (BRASIL, 2006):

“I- Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento dos Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária aprovando sua localização e concepção, sua viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos a serem atendidos na próxima fase do licenciamento;

II- Licença de Instalação e Operação (LIO): licença que autoriza a implantação e operação dos Projetos de Assentamentos de Reforma Agrária, observadas a viabilidade técnica das atividades propostas, as medidas de controle ambiental e demais condicionantes determinadas para sua operação.” (BRASIL, 2006)

No assentamento em questão, o Dom Pedro Casaldáliga, apesar de ser um Assentamento de Reforma Agrária estabelecido pelo INCRA, a CONAMA 387/06 não está em vigor, pois, no Estado de São Paulo o processo de licenciamento é regido pela CETESB, que baseia-se na CONAMA 237/97. Sendo assim, a localidade de interesse tem a obrigatoriedade de obter as três licenças separadamente.

Anteriormente à este presente trabalho a área de interesse era dotada da Licença Prévia e da Licença de Instalação, estando faltante a Licença de Operação. No decorrer da história do assentamento, um bloqueio do uso da terra ocorreu devido às brigas na Justiça entre as partes interessadas na área e, para garantir que a

Reserva da Serra do Japi não teria sua conservação prejudicada pela presença do assentamento, um juiz decidiu, em 2006, embargar uma área de 100 ha do Assentamento Dom Pedro, de um total de 123 ha, até que o INCRA obtivesse a Licença de Operação. Concomitante com a elaboração deste presente trabalho tal Licença foi obtida, com o prazo de dois anos para o cumprimento das condicionantes estipuladas. Foram estas: construção de sistema de tratamento de esgoto em todas as casas, outorga d'água e Plano de Manejo e Educação Ambiental.

É na primeira condição que se encontra este presente trabalho, com o objetivo de auxiliar o cumprimento das condicionantes da Licença para que o Assentamento esteja em conformidade com a legislação, podendo acessar e utilizar a área bloqueada, colocando-a apta à produção e outras atividades econômicas.

## **4 LEVANTAMENTO DOS DADOS, PROJETOS E ESTUDOS PRÉVIOS**

### **4.1 Extensão universitária no Dom Pedro Casaldáliga**

O assentamento objeto do presente estudo possui um histórico de ações desenvolvidas junto a grupos de Extensão da Universidade de São Paulo. Entende-se por Extensão Universitária a “ação institucional voltada para o atendimento das organizações e populações, com um sentido de retroalimentação e troca de saberes acadêmico e popular” (FORPROEX, 2012, p.7). A Extensão permite a construção de um canal de diálogo permanente entre a universidade e a sociedade, que é necessário para a consolidação dos saberes construídos de forma coletiva. Como Fraga (2007) *apud* POMPEU e CHAVES (2017) postula através da prática extensionista o engenheiro é capaz de refletir sobre o caráter do conhecimento que recebe, adaptá-los a partir das demandas concretas da realidade e envolver os atores sociais na concepção das soluções tecnológicas.

#### **4.1.1 Escritório Piloto – Núcleo de Agroecologia e Tecnologias Sociais**

O Núcleo de Tecnologias Sociais e Agroecologia do Escritório Piloto é um grupo que realiza projetos de extensão em assentamentos de reforma agrária há mais de cinco anos. Neste grupo, majoritariamente formado por alunos dos cursos de engenharia, são desenvolvidas ações a partir de metodologias de educação popular, mobilização social e do princípio de tecnologias sociais. Dentre o histórico

de atuação do grupo destacam-se os projetos desenvolvidos com o assentamento Dom Pedro Casaldáliga – Cajamar, objeto de estudo deste trabalho. São três os exemplos mais importantes: (i) a implementação de estação de recalque para sistema de irrigação (**Figura 15**); (ii) as tecnologias sociais de saneamento ecológico (**Figura 16 e**

**Figura 17**); e (iii) a formação de grupos de consumo responsável. Esses exemplos de ações realizadas pelo grupo trazem ensinamentos sobre a prática da extensão e como esta pode ser estabelecida com o intuito de atender às demandas concretas da sociedade.

O presente trabalho dialoga com o projeto no qual o grupo está atualmente envolvido. Trata-se da construção de um sistema *ecosan*, que objetiva garantir que todas as casas do assentamento tenham tratamento de esgoto. Este objetivo é impulsionado pela demanda burocrática do Licenciamento (vide **item 3.1**), e por questões de saúde pública e conservação do meio ambiente.

A tecnologia escolhida consiste em quatro estágios: dois tanques sépticos seguidos de dois filtros anaeróbios, preenchidos com brita. Esta tecnologia foi escolhida por já ser familiar ao assentamento; muitas casas já o tinham instalado, ou parcialmente instalado, como visto no **item 3.10** (Soluções de esgoto atualmente utilizadas). Portanto, o grupo focou sua atuação em terminar os sistemas incompletos e construir os restantes, além de contribuir na manutenção dos sistemas antigos, através da contratação de serviço especializado (**Figura 18**)

As construções foram feitas em conjunto com os assentados, o que possibilitou vasta troca de experiências e saberes. Também possibilitou, ainda, a conscientização da comunidade para o tema do saneamento básico, fator decisivo para que se continuassem os trabalhos na área, inclusive motivando o presente trabalho acadêmico.

**Figura 15 – Implementação de poço de sucção para sistema de irrigação**





Fonte: acervo Escritório Piloto

**Figura 16 - Implementação de sistema de tratamento de esgoto doméstico**



Fonte: acervo Escritório Piloto

**Figura 17 – Construção do sistema**





Fonte: acervo Escritório Piloto

**Figura 18 - Manutenção do Tanque Séptico**



Fonte: acervo Escritório Piloto

## 4.2 Estudos de qualidade da água

### 4.2.1 Conceitos

A água, ao passar pelos vários estágios do ciclo hidrológico, entra em contato com diversas substâncias presentes no ar e no solo, dissolvendo-as e incorporando-as em seu meio. Estas substâncias podem ter sido liberadas por atividades humanas, como indústrias, queima de combustíveis fósseis, deposição de resíduos sólidos, ou mesmo por atividades naturais, como reações químicas., e uma vez presentes na água trazem diversas alterações de cor, turbidez, dureza, entre outros aspectos.

Quando ao utilizar uma fonte de água para alguma atividade, é fundamental estudar a presença de tais compostos e seu comportamento. Para isso, existem alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos, e alguns métodos de análise laboratorial para detectá-los. No escopo deste trabalho, estudou-se tais parâmetros, a origem e consequência da presença deles na água, para posteriormente analisar o que pode ser feito com os efluentes finais dos sistemas de tratamento.

#### 4.2.1.1 Parâmetros Físicos

- **Cor:** associada à presença de sólidos dissolvidos na água e diz respeito ao grau de redução da intensidade da luz ao atravessá-la. Não indica, necessariamente, a presença de contaminação, sendo um parâmetro estético. Oriunda do despejo de esgotos domésticos, partículas desprendidas do solo na erosão, excesso de atividade anaeróbia e resíduos de indústrias, principalmente têxteis, de pigmentos, de celulose e papel. (PIVELI, s.d.)
- **Turbidez:** associada à interferência na intensidade da luz ao atravessar a água, por espalhamento, é devida a presença de sólidos, por exemplo em suspensão coloidal. Também não indica contaminação por si só mas trata-se de um parâmetro estético. (PIVELI, s.d.)
- **Sólidos nas águas:** podem estar sob diversas frações: dissolvidos, coloidais, ou em suspensão, fixos ou voláteis. Podem ser orgânicos ou inorgânicos.
- **Temperatura:** presente na água pelos processos de radiação, convecção ou condução, que podem ser deflagrados por processos naturais ou por

atividades humanas que aqueçam a água. Influencia na taxa das reações, na solubilidade dos gases na água, nas velocidades das reações. Também impacta a vida dos organismos presentes na água, dado que eles têm uma temperatura ótima para seu metabolismo.

- **Sabor e odor:** oriundos principalmente da decomposição de matéria orgânica na atividade anaeróbia, de cianobactérias e da presença de fenóis. Tampouco indicam necessariamente a contaminação da água, mas podem ser oriundos da presença de substâncias tóxicas. Muito detectáveis pelos sentidos humanos, não devem estar presentes na água potável. (PIVELI, s.d.)

#### 4.2.1.2 Parâmetros Químicos

- **pH:** diz respeito à dissociação de moléculas tanto da água quanto de ácidos orgânicos, que liberem íons  $H^+$ . Alterações de pH podem ser promovidas pelo despejo de efluentes industriais, pela decomposição de matéria orgânica, pela presença de gás carbônico.
- **Dureza:** é tida como a incapacidade da água de solubilizar e precipitar sabão e ocorre devido à presença de cátions como o cálcio e magnésio. Como consequência, há o aumento da utilização de sabão por parte da população afetada.
- **Sulfato:** um dos estados de oxidação do enxofre,  $SO_4^{2-}$ , é um dos íons mais abundantes na natureza. Sua origem é a dissolução de rochas, efluentes industriais, esgotos domésticos. No abastecimento público pode causar efeitos laxativos e problemas no sistema de tubulações, por efeitos de corrosão de toxicidade aos trabalhadores.
- **Cloreto:** advindos do esgoto, de efluentes industriais, da irrigação na agricultura ou da intrusão salina em ambientes marinhos. É importante pois confere sabor salgado, corrosão de estruturas e inibição de processos anaeróbios (alteração na pressão osmótica das células). É usado como indicador para a presença de esgoto na água.
- **Ferro:** advindo da dissolução de seus minerais, da erosão das margens, de efluentes industriais. Não é tóxico, mas confere cor e sabor às águas, provocando manchas nas roupas.



- **Nitrogênio:** quando nas águas, o nitrogênio pode ter diversas fontes, advindo da fixação do  $N_2$  atmosférico (biológica, transformando em nitrogênio orgânico, ou química, transformando em amônia e nitrato), dos esgotos sanitários, de efluentes industriais ou do escoamento superficial em áreas urbanas e agrícolas (fertilizantes e pesticidas). O nitrogênio é importante pois suas formas estão associadas a diversos efeitos. Segundo Von Sperling (2005) o nitrato é relacionado a doenças como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul), e a amônia livre é tóxica aos peixes. Além disso, o nitrogênio é um dos responsáveis pela eutrofização de corpos hídricos, quando presente em excesso. O processo de redução da amônia a nitrato e, posteriormente, a nitrito, influencia no oxigênio dissolvido na água, impactando significativamente processos de tratamento de esgoto, como nos reatores biológicos. (PIVELI, s.d.)
- **Fósforo:** advindo do despejo de esgotos sanitários, de detergentes, de efluentes industriais e da drenagem de águas pluviais urbanas e rurais, que carregam fertilizantes. Em excesso na água ele pode gerar eutrofização, por ser um macro-nutriente para processos biológicos. (PIVELI, s.d.)
- **DBO:** demanda bioquímica de oxigênio refere-se ao consumo de oxigênio por bactérias aeróbias para degradação de compostos orgânicos, em determinada temperatura, ao longo de um período. É utilizada para aferir sobre a fração biodegradável dos compostos presentes na água, sendo, portanto, de ampla aplicação para projetos e controle operacional de ETEs, classificação de corpos hídricos e um parâmetro de índice de qualidade da água. (Piveli, s.d.)
- **DQO:** demanda química de oxigênio, medida da quantidade de oxigênio necessário para a oxidação matéria orgânica pelo dicromato de potássio, em uma reação catalisada (Piveli, s.d.). Assim como a DBO, também é utilizado para estudar a presença de matéria orgânica na água, sendo muito utilizada no tratamento de efluentes, para projeto e controle dos reatores e para classificação da água.

#### 4.2.1.3 Parâmetros Biológicos

Segundo Von Sperling (2005), a atividade biológica animal e humana pode lançar diversos organismos patogênicos nas águas residuárias, como bactérias,

vírus, protozoários e helmintos. Como eles são de difícil detecção direta, utiliza-se alguns organismos específicos como indicadores da contaminação fecal em um corpo d'água, assumindo que a presença deles indica a presença de despejo de esgoto. Como indicador biológico, é mais utilizado o grupo de bactérias coliformes.

- **Coliformes totais:** não são necessariamente patogênicas, mas são tidas como um padrão de potabilidade pois indicam ineficiência no tratamento da água (VON SPERLING, 2005).
- **Escherichia Coli:** é a principal bactéria coliforme fecal, sendo abundante nas fezes humanas e animais (VON SPERLING, 2005). Indica, sem dúvida, a contaminação fecal.

### 4.3 Legislação pertinente

No que diz respeito à legislação acerca da qualidade das águas, o Brasil conta com a Lei Nº 9.433/97, que traz a Política Nacional de Recursos Hídricos, também conhecida como a Lei da Água (BRASIL, 1997). Segundo esta política, deve-se “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e, para isso, a Lei traz recursos e diretrizes sobre temas como outorga, cobrança, padrões de qualidade, classificação segundo uso e sistema de informações.

Também é importante a Portaria 2.914, de 2011, do Ministério da Saúde. Ela estabelece as competências e responsabilidades da União, dos Estados e dos municípios, trazendo diretrizes para as amostragens e análises feitas em laboratório, além de listar os padrões de potabilidade para substâncias consideradas potencialmente perigosas à saúde humana.

Além disso, a resolução CONAMA 357 também “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”. Ela classifica as águas de acordo com sua salinidade, e para cada classificação traz diferentes classes de uso e os parâmetros e seus respectivos limites que devem ser observados para cada classe. (BRASIL, 2005)

#### **4.3.1 Área de Proteção Ambiental Cajamar: Lei Estadual No 4.055**

Como mencionado anteriormente, o assentamento está situado em uma região definida como Área de Proteção Ambiental (APA) de acordo com a Lei Estadual N° 4.055 (SÃO PAULO (ESTADO), 1984). Apesar deste fato não impedir o uso do solo para atividades agrícolas, já que tal uso está previsto na Resolução CONAMA N° 10, de 1988, que estabelece legalmente a APA, o uso do solo passa ser mais restrito, implicando em práticas ambientalmente adequadas e a proibição e regulação de qualquer uso capaz de causar danos sensíveis ao meio ambiente (BRASIL, 1988).

A Lei Estadual N° 4.055 também prevê limitações para as atividades realizadas nas limitações da APA Cajamar, conforme seu artigo 3º, a seguir:

Art. 3o - Na implantação da área de proteção ambiental, serão aplicadas as medidas previstas na legislação e poderão ser celebrados convênios visando a evitar ou a impedir o exercício de atividades causadoras de degradação da qualidade ambiental. Parágrafo único - Tais medidas procurarão impedir especialmente:

I - a implantação de atividades potencialmente poluidoras, capazes de afetar mananciais de águas, o solo e o ar;

#### **4.3.2 Disposição Final de Efluentes de Esgoto**

Como se trata de uma área isolada contida em uma APA, é imprescindível que haja alguma forma de tratamento e disposição final do esgoto adequados para que não haja degradação da qualidade da água dos mananciais e do aquífero, que afetaria diretamente não só a qualidade da água captada para consumo e irrigação como, também pode causar alterações na fauna e flora da região. Por esses motivos, e também por se tratar de uma área com poucos habitantes, convém estudar a viabilidade legal em se aplicar sistemas de vala de infiltração ou sumidouro como método de disposição final do esgoto dos domicílios.

A Lei N° 6.134, de 2 de junho de 1988, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, determina, em seu artigo 5º, que os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, provenientes de atividades agropecuárias, só poderão ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas. (SÃO PAULO (ESTADO), 1988).

Também torna-se necessária a análise de dois outros instrumentos de regulação, a Resolução CONAMA 430, especialmente o Capítulo II, que trata das condições e padrões de lançamento de efluentes, e o Decreto Estadual Nº 8.468, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente, possuindo uma seção específica (Seção II) que trata dos padrões de emissão. (BRASIL, 2011; SÃO PAULO (ESTADO), 1978)

Se tratando da Resolução CONAMA 430, apesar do capítulo II especificar padrões de lançamento de esgoto bem específicos e detalhados, o artigo 2º exclui a obrigatoriedade de observância destes parâmetros se tratando da disposição de efluentes no solo:

Art. 2º - A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Já a sessão II do Decreto Estadual Nº 8.468 inclui as águas subterrâneas na obrigatoriedade de atendimento dos parâmetros e condições especificadas no artigo 18º dessa mesma lei. Entre os parâmetros e condições, são citadas limitações de pH e temperatura do efluente, além de limites de concentração de Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cianeta, entre muitos outros. Vale ressaltar que a amostragem do efluente e a posterior análise desses parâmetros se torna muito complexa e praticamente inviável se tratando de um sistema de tratamento individual, dada a inconstância da vazão efluente.

Finalmente, a Lei Federal Nº 4.150, de 21 de novembro de 1962, institui a obrigatoriedade da observância das normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nos contratos de compras, execução direta, concessão autárquica ou de economia mista de serviço público. Como se trata de uma área não atendida pelo serviço público de coleta, tratamento e disposição final de esgoto, e considerando sistemas de vala de infiltração ou sumidouro como disposição final para o assentamento, a norma NBR13.969 de 1997 se torna de extrema relevância para a questão, fornecendo diretrizes para o projeto, construção e operação de unidades de tratamentos de efluentes líquidos, bem como sua disposição final. (BRASIL, 1962)

### 4.3.3 Análise da legislação aplicada ao Assentamento Dom Pedro Casaldáliga

Atualmente, parte das casas do assentamento não possui qualquer forma de tratamento, lançando seu esgoto em fossas negras. Além de ameaçar a qualidade da água subterrânea e a saúde da população local, a situação se encontra em desacordo com a legislação apresentada, tornando importante a realização de estudos na região e a consequente implantação de unidades de tratamento de esgoto, caso seja necessário.

Mesmo o efluente das fossas sépticas existentes no assentamento, são lançados no solo após tratamento individual primário para cada residência, o que pode não ser adequado do ponto de vista da legislação.

Se tratando dos padrões de emissão, a interpretação da resolução CONAMA 430 citada no **item 4.3.2** permite concluir que essa resolução não se aplica ao presente projeto. Por outro lado, o Decreto Estadual N° 8.468 especifica padrões de lançamento de esgoto específicos que merecem atenção. Contudo, no contexto do presente o estudo, como mencionado, a amostragem e análise do efluente se torna inviável, servindo como recomendação para trabalhos futuros mais focados na análise qualitativa do esgoto. (BRASIL, 2011; SÃO PAULO (ESTADO), 1978)

Por isso, esse projeto busca atender às recomendações da NBR13.969, que sugere, para sumidouros, que o solo onde a instalação estaria localizada apresente valores de capacidade de infiltração (K) superiores a 500 min/m e uma altura útil de 1,50 m entre o fundo da vala e o nível do aquífero para que se evite a contaminação da água subterrânea. Já para valas de infiltração, a norma determina que os seguintes parâmetros devam ser observados:

- a) características do solo onde a vala de infiltração será instalada;
- b) nível máximo do aquífero e a distância vertical mínima deste, que deve respeitar um limite mínimo de 1,50 m;
- c) manutenção da condição aeróbia no interior da vala;
- d) distância mínima do poço de captação de água;
- e) processo construtivo;
- f) alternância;

g) índice pluviométrico.

Por fim, a partir da análise da legislação vigente para o Brasil e o Estado de São Paulo acerca da disposição de efluentes de esgoto e a Área de Proteção Ambiental onde o objeto de estudo se encontra, é possível concluir que o estudo de alternativas de soluções de esgoto para a região é imprescindível, bem como a caracterização do solo e o nível do aquífero nos locais onde seriam lançados os efluentes de esgoto para que as exigências estabelecidas nas leis sejam cumpridas.

#### **4.4 Abastecimento de água no assentamento**

##### **4.4.1 Estudo de crescimento populacional**

O assentamento em questão foi regularizado pelo INCRA em 2006 com um número de 28 famílias registradas. Um estudo prévio realizado no assentamento pelo Grupo de Construção Agroecológico levantou o número de moradores de cada uma das residências das 28 famílias, bem como o número de lotes no assentamento, que são apresentados na **Figura 5**. Já a **Tabela 3** apresenta o número atual de integrantes de cada uma das famílias residentes do assentamento, além do número de integrantes médio por residência na situação atual.

Tabela 3 - Número de integrantes por família registrada no assentamento.

Lote	Família	Número de Moradores
1	Fidel	1
2	João Petente e Nadir	2
3	Jacinta e Jucilândio	4
4	Nilton Nogueira e Maria Aparecida	5
5	Flavio Lima e Sheila	5
6	Gilmar	1
7	Antônio e Ana Maria	3
8	Celia Sabino Rodrigues e Edson	5
9	Milton Rosa Moraes	3
10	Rosalina Patera e Alois	7
11	Sebastião Tito e Rosa	2
12	Jorge Moreira da Silva	3
13	Elcino e Maria Izabel	3
14	Almerinda e José Carlos	4
15	Izabel e Claudio	5
16	José Roberto e Josefa	4
17	Mauro e Ediana	2
18	Francisco Telles e Maria José	5
19	José Souza da Costa	2
20	Gerson e Tainá	3
21	Erica e Adilson	7
22	Sandra Felix e Nildo	3
23	Robstayne	1
24	Marcilene e Cipra	2
25	Elias e Raimunda	5
26	Jonas e Aline	4
27	Laurinei (Nei) e Maria Aparecida	5
28	Ezequiel e Débora	4
Média de Integrantes por família		3,57

Fonte: os autores.

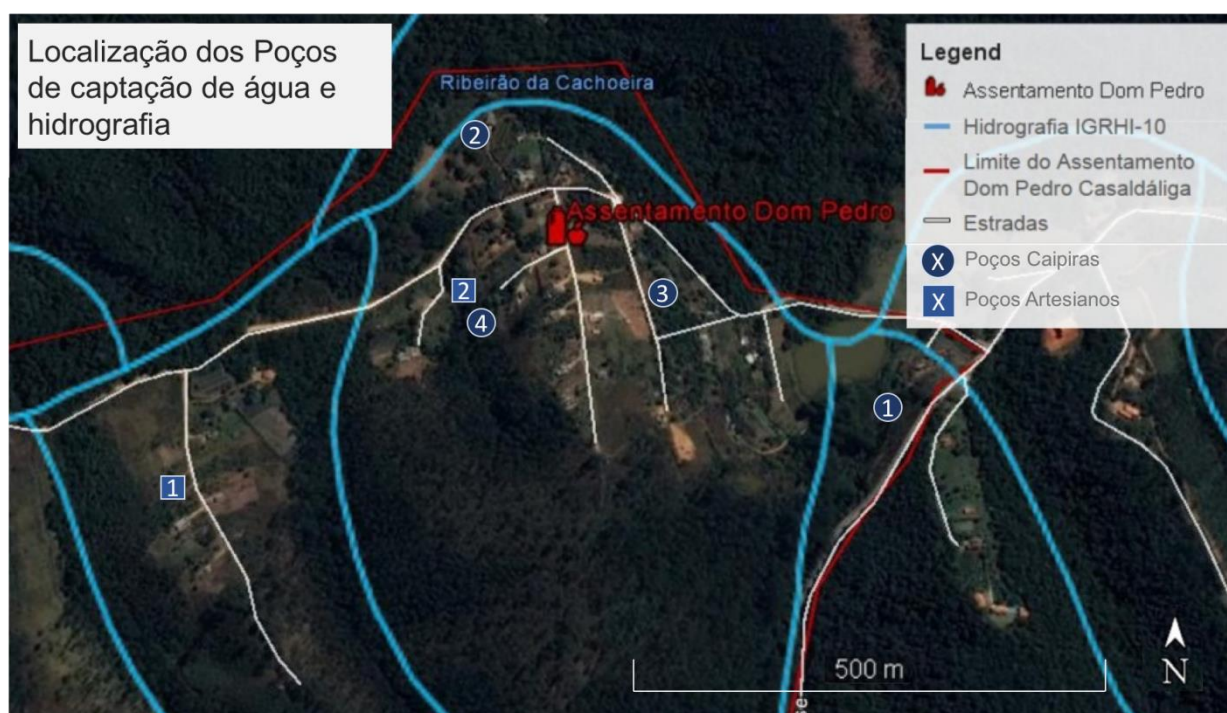
Por se tratar de um assentamento regularizado pelo INCRA, sabe-se que mesmo que as áreas não produtivas do assentamento sejam ocupadas, o número de famílias tende-se a se manter igual a 28, que foi o número de famílias para o qual o assentamento foi regularizado. Assim, para se estimar o número de integrantes do assentamento em situação futura, a média de integrantes por família foi arredondada para 4 pessoas e, além disso, levou-se em conta a possibilidade das famílias se dividirem, crescerem, e ocuparem os demais lotes que constam na **Figura 5**.

Portanto, o número de integrantes do assentamento considerado para o futuro é o de 34 famílias contendo 4 integrantes, ou seja, 136 pessoas. Este é o número a ser considerado para as próximas etapas do projeto.

#### 4.4.2 Fontes de abastecimento

As principais fontes de abastecimento do assentamento atualmente são o represamento de água dos corpos hídricos superficiais localizados próximos a algumas casas e os poços caipiras construídos por alguns moradores. Vale observar que há no assentamento dois poços artesianos construídos pelo INCRA, porém os dois se encontram fora de funcionamento devido à falta de manutenção e falhas nas bombas de sucção. Além disso, algumas casas também contavam com o abastecimento por caminhão pipa, serviço prestado pela prefeitura. Porém, tal serviço foi suspenso durante a concepção deste trabalho ao trocar a gestão municipal. A **Figura 19**, apresenta a localização dos poços artesianos e caipiras no assentamento, bem como a hidrografia local.

**Figura 19 - Hidrografia e localização dos poços caipiras e artesianos construídos atualmente no assentamento**



Fonte: os autores.

Com base em visitas e conversas com líderes da comunidade, foi constatado que, no geral, os moradores da rua de extremo oeste, localizada próxima ao poço artesiano 1, captam água por bombeamento de um pequeno reservatório construído pelos próprios assentados no pequeno ribeirão a oeste desta rua. Além disso, há um outro represamento de água superficial no ribeirão a leste dessa rua, também construído pelos próprios assentados, sendo responsável pelo abastecimento de praticamente todos os outros assentados.



Contudo, vale ressaltar que alguns moradores possuem poços caipiras próprios que são eventualmente compartilhados com outros assentados, identificados na **Figura 19** com os números 2, 3 e 4. Também há um poço caipira comunitário (poço 1), o qual é o mais antigo dentre os demais, sendo pouco utilizado pelos assentados. A seguir, são apresentadas as profundidades do nível da água obtidos por meio de medições nos poços.

**Tabela 4 - Descrição dos poços caipiras existentes no assentamento.**

Poço	Profundidade média do NA	Método de Retirada de água
1	$3,0 \pm 0,1$ m	Balde e corda (manual).
2	$7,0 \pm 0,5$ m	Balde e corda (manivela).
3	$10,0 \pm 0,5$ m	Bombeamento.
4	$0,5 \pm 0,1$ m	Bombeamento ou Balde (manual).

Fonte: os autores.

Nos poços mais profundos, a profundidade foi determinada por meio da contagem do número de manilhas visíveis. Assim, como cada manilha possui 0,5 m de altura, é possível estimar a altura do NA com uma precisão de 0,5 m simplesmente contando-as. Já nos poços mais rasos (1 e 4), a profundidade foi medida com o auxílio de uma vara de bambu reta e uma trena, o que possibilitou uma medição mais precisa (ver

Figura 20).

**Figura 20 - Medição da profundidade da água no poço 1 com auxílio de uma vara de bambu.**



Fonte: os autores.

**Figura 21 - Medição da profundidade da água no poço 1 com auxílio de uma vara de bambu.**



Fonte: os autores

**Figura 22 - Parte interna do poço 3 de maior profundidade e a mangueira utilizada para o bombeamento.**



Fonte: os autores

#### 4.4.3 Consumo de água

Os estudos do consumo de água *per capita* para regiões periurbanas são escassos. É comum se utilizar dados obtidos em campo, dado as peculiaridades e variações de acordo com cada comunidade estudada. Para dimensionamento de projetos, a recomendação da Sabesp (2000) é de 120 (L/hab.dia) para casas populares ou rurais. A Organização das Nações Unidas indica que cada pessoa necessita de 110 litros de água por dia. O manual de saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) de 2004 apresenta os valores apresentados na

**Tabela 5.**



**Tabela 5 – Populações abastecidas com ligações domiciliares**

População de fim de plano (Habitantes)	Per capita (Litros/habitante/dia)
Até 6.000	De 100 a 150
De 6.000 até 30.000	De 150 a 200
De 30.000 até 100.000	De 200 a 250
Acima de 100.000	De 250 a 300

Fonte: FUNASA (2004)

Ribeiro (2010, apud CUNHA, 2013) apresenta, na **Tabela 6**, valores de consumo *per capita* em diferentes localidades de baixa renda do país, explicitando que esses se mantêm abaixo da média regional.

**Tabela 6 – Indicadores de consumo de água em regiões de baixa renda no Brasil.**

Indicador médio do consumo de água em habitação de baixa renda (l/hab.dia)	Média regional do consumo de água medido na rede de distribuição (l/hab.dia)	Local	Fonte
48	120,3	Salvador – BA	Moraes (1995)
79	147,0	Belo Horizonte – MG	Vimiero (2005)
80	120,3	Simões Filho – BA	Cohim et al. (2009)
86	137,9	Goiânia – GO	Carvalho et al. (2005)
95	137,9	Goiânia – GO	Oliveira et al. (2006)
109	184,7	São Paulo – SP	Rocha et al. (1998)
113	184,7	Paulínia – SP	Ywashima et al. (2006)
117	147,0	Itajubá – MG	Dantas et al. (2006)

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2010).

Em estudo realizado por Cunha (2013), em que se monitorou o consumo de água de 30 habitações de interesse social (HIS), se verificou um consumo médio de 97,4 (L/hab.dia). E ainda, uma estimativa feita por metodologia de entrevistas em comunidade rural com características muito semelhantes a do presente estudo indica um consumo médio de 89,8 (L/hab.dia) (TANAKA et al., 2014).

Considera-se, então, que a literatura aplicada às condições de São Paulo aponta consumos entre 109 e 120 (L/hab.dia), e os estudos específicos de

comunidades com características socioeconômicas próximas as da comunidade estudada indicam consumos em torno de 90 a 100 (L/hab.dia). E ainda, destaca-se que superestimar o consumo de água deriva em superestimativa da produção de esgoto, afetando o dimensionamento dos sistemas de tratamento.

#### 4.4.3.1 Consumo de água por finalidade

Gleick (1999, *apud* CUNHA, 2013) sugere consumo *per capita* mínimo de 50 litros por habitante por dia, segundo os usos apresentados na **Tabela 7**.

**Tabela 7 – Quantidade mínima de água de acordo com o uso**

Atividade	Uso mínimo de água (l/hab.dia)
Água Potável	5
Serviços Sanitários	20
Banho	15
Preparo de Alimentos	10

Fonte: Gleick, 1999

Em pesquisa, citada anteriormente, direcionada a áreas de baixa renda, Cunha (2013) faz um comparativo dos consumos de água segundo os usos, apresentados na **Tabela 8**.

**Tabela 8 – Comparação dos perfis de uso da água em regiões de baixa renda**

Uso	CUNHA	COHIM <i>et al</i>	SABESP
Chuveiro	13%	21%	55%
Lavatório	7%	10%	8%
Tanque	9%	17%	3%
Máquina	34%		11%
Cx de Descarga	11%	23%	5%
Mangueira	8%	-	-
Pia de cozinha	18%	29%	18%

Fonte: adaptado de Cunha (2013)

Por fim, tem-se a recomendação da FUNASA (2004) dos usos por destino, apresentada na **Tabela 9**.

**Tabela 9 - Consumo de água por finalidade**

Destinação da água	Volume (Litros/hab/dia)
Beber	02
Alimentos e cozinha	06
Lavagens de utensílios	09
Lavagens de roupas	15
Higienizações diárias	05
Banho de chuveiro	30
Aparelhos sanitários	10
TOTAL	77 = Cerca de 80 (Litros/hab/dia)

Fonte: adaptado de FUNASA (2004)

#### **4.4.4 Análise do abastecimento de água**

Dois fatos são bastante relevantes e merecem destaques. O primeiro é a falta de manutenção dada aos poços artesianos construídos pelo INCRA, que deveriam ser a fonte de água mais segura e capaz de atender toda a população. O segundo, que é consequência do primeiro, é a utilização de meios próprios para obtenção de água, o que não é adequado tanto do ponto de vista ambiental quanto da saúde dos assentados, uma vez que a qualidade da água obtida pelas águas superficiais dos ribeirões e dos próprios poços caipiras é duvidosa.

Além disso, o fato da prefeitura ter deixado de atender o assentamento com o caminhão pipa dificulta ainda mais a situação dos assentados frente ao abastecimento. Assim, resume-se que há a necessidade de melhorias no sistema de abastecimento do assentamento como um todo.

Quanto ao consumo de água, levando-se em consideração as condições socioeconômicas da comunidade objeto deste estudo, pode-se dizer que há grande variabilidade entre as famílias, tanto em quantidade quanto em uso por finalidade.

## 4.5 Caracterização do esgoto produzido

### 4.5.1 Produção de esgoto

A produção de esgoto sanitário está intrinsecamente relacionada ao consumo de água de uma determinada região, estabelecendo-se assim o coeficiente de retorno, razão entre o volume de esgoto produzido e a água utilizada. A variabilidade do consumo per capita de água devido aos hábitos higiênicos e culturais das comunidades, instalações e equipamentos sanitários nos imóveis, refletem oscilações na produção de efluente sanitário (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000 apud CUNHA, 2013). Devido à dificuldade de se medir esse parâmetro em campo, recomenda-se seguir a normativa para tanques sépticos (NBR 7229/93) e adotar coeficiente de retorno 0,8. No entanto, tendo em vista que a comunidade objeto do estudo está localizada na zona rural, esse valor tende a ser menor.

### 4.5.2 Parâmetros de qualidade

Segundo Dacach (1982, *apud* TANAKA, 2014), o esgoto sanitário é constituído de aproximadamente de 99,9% de água e 0,1% de material sólido. A água se comporta como veículo para as substâncias orgânicas e inorgânicas presentes, que podem estar dissolvidas ou em suspensão, denominadas sólidos totais, que variam de 600 a 1200 mg/l. Os sólidos em suspensão representam 40 a 45% dos sólidos totais, e os dissolvidos, 55 a 60%.

A variabilidade quantitativa do consumo de água e, consequentemente, da produção de esgoto de acordo com as especificidades socioeconômicas de cada comunidade se refletem nos parâmetros qualitativos. Os principais parâmetros físico-químicos que caracterizam os esgotos são: sólidos (totais, em suspensão e dissolvidos), matéria orgânica (DBO, DQO), nitrogênio (total, orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato), fósforo (orgânico e inorgânico) e pH. Além dos parâmetros biológicos (e.g. coliformes).

Segundo Von Sperling (1998), uma contribuição de 120 litros por pessoa por dia de esgoto apresenta valores típicos de  $DBO_5$ , OD e coliformes fecais, respectivamente, de 350 ( $mg.L^{-1}$ ), 0 ( $mg.L^{-1}$ ) e  $10^8$ . Entretanto, como aponta Da Silva (2011, *apud* COSTA e GUILHOTO, 2014), para volume menores de despejo, em



especial no caso de se ter contribuição única do vaso sanitário, um volume de 30 litro por pessoa por dia apresenta  $\text{DBO}_5$  entre 600 e 800 ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

Em estudo realizado na zona rural de Espírito Santo do Pinhal, Peres et al. (2010) analisou amostras de esgoto bruto coletadas da entrada de fossa séptica pelos parâmetros DQO, turbidez e pH, obtendo os valores apresentados na **Tabela 10**.

**Tabela 10 – Parâmetros medidos do esgoto sanitário na zona rural de Espírito Santo do Pinhal.**

Período	267 dias	274 dias	281 dias
<b>DQO</b>			
<b>Afluente (<math>\text{mg.L}^{-1}</math>)</b>	1086	1373	1427
<b>Turbidez</b>			
<b>Afluente (UNT)</b>	84,6	79,5	84
<b>pH</b>			
<b>Afluente</b>	7,4	7,1	7,3

Fonte: Adaptado de Peres et al. (2010)

Von Sperling (1995) traz, ainda, referências de valores típicos dos principais parâmetros para esgotos domésticos, apresentados na

**Tabela 11.**

Tabela 11 - Características físico-químicas dos esgotos sanitários.

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.d)		Unidade	Concentração	
	Faixa	Típico		Faixa	Típico
<b>Sólidos Totais</b>	120 - 220	180	mg/L	700 - 1350	1100
<b>Em Suspensão</b>	35 - 70	60	mg/L	200 - 450	350
Fixos	7 - 14	10	mg/L	40 - 100	80
Voláteis	25 - 60	50	mg/L	165 - 350	320
<b>Dissolvidos</b>	85 - 150	120	mg/L	600 - 900	700
Fixos	60 - 90	70	mg/L	300 - 550	400
Voláteis	35 - 60	50	mg/L	200 - 350	300
<b>Sedimentáveis</b>	-	-	mg/L	Oct-20	15
<b>Matéria Orgânica</b>					
DBO <sub>5</sub>	40 - 60	50	mg/L	250 - 400	300
DQO	80 - 120	100	mg/L	450 - 600	500
DBO última	60 - 90	75	mg/L	250 - 600	450
<b>Nitrogênio Total</b>	6,0 - 10,0	8,0	mgN/L	35 - 60	45
Nitrogênio Orgânico	2,5 - 4,0	3,5	mgN/L	15 - 25	20
Amônia	3,5 - 6,0	4,5	mgNH <sub>3</sub> -N/L	20 - 35	25
Nitrito	≈ 0	≈ 0	mgNO <sub>2</sub> -N/L	≈ 0	≈ 0
Nitrato	0,0 - 0,2	≈ 0	mgNO <sub>3</sub> -N/L	0 - 1	≈ 0
<b>Fósforo</b>	0,7 - 2,5	1,0	mgP/L	4 - 15	7
Fósforo Orgânico	0,2 - 1,0	0,3	mgP/L	1 - 6	2
Fósforo Inorgânico	0,5 - 1,5	0,7	mgP/L	3 - 9	6
<b>pH</b>	-	-	-	6,7 - 8,0	7
<b>Alcalinidade</b>	20 - 40	30	mgCaCO <sub>3</sub> /L	100 - 250	200
<b>Metais Pesados</b>	≈ 0	≈ 0	mg/L	traços	traços

Fonte: Von Sperling (1995)

Na literatura internacional tem-se a referência trazida pela USEPA (1980) caracterizando o esgoto tipicamente doméstico considerando uma vazão de 170 litros por habitante por dia. Os valores são apresentados na

**Tabela 12.**

Tabela 12 - Características típicas de esgoto doméstico

Parâmetro	Carga (g/hab/dia)	Concentração (mg/l)
<b>Sólidos Totais</b>	115 - 170	680 - 1000
<b>Sólidos Voláteis</b>	65 - 85	380 - 500
<b>Sólidos Suspensos</b>	35 - 50	200 - 290
<b>Sólidos Suspensos Voláteis</b>	25 - 40	150 - 240
<b>DBO<sub>5</sub></b>	35 - 50	200 - 290
<b>DQO</b>	115 - 125	680 - 730
<b>Nitrogênio Total</b>	6 - 17	35 - 100
<b>Amônia</b>	1 - 3	6 - 18
<b>Nitritos e Nitratos</b>	< 1	< 1
<b>Fósforo Total</b>	3 - 5	18 - 29
<b>Fosfato</b>	1 - 4	6 - 24
<b>Coliformes Totais</b>	-	$10^{10} - 10^{12}$
<b>Coliformes Fecais</b>	-	$10^8 - 10^{10}$

Fonte: adaptado de USEPA (1980)

A USEPA (1980) fornece ainda valores de referência para os parâmetros de qualidade do esgoto considerando suas frações e as seguintes vazões: disposição de lixo - 8 litros por habitante por dia; banheiro - 61 litros por habitante por dia; pias e eletrodomésticos - 110 litros por habitante por dia; total - 178 litros por habitante por dia.

**Tabela 13 - Concentração de poluentes das principais frações de esgoto doméstico (mg/L)**

Parâmetro	Disposição de lixo	Banheiro	Pias, eletrodomésticos	Esgoto combinado
<b>DBO<sub>5</sub></b>	2380	280	260	360
<b>Sólidos Suspensos</b>	3500	450	160	400
<b>Nitrogênio</b>	79	140	17	63
<b>Fósforo</b>	13	20	26	23

Fonte: adaptado de USEPA (1980)

#### 4.5.3 Modificações nas características dos efluentes

Um importante aspecto a se considerar é a separação das chamadas “águas negras”, vindas diretamente do vaso sanitários, das “águas cinzas”, provenientes dos chuveiros, pias e tanques ou máquinas de lavar roupas. Separar as excretas humanas dos cursos de água dentro das residências serve para eliminar significantes quantidade de poluentes, em particular sólidos suspensos, nitrogênio e organismos patogênicos (USEPA, 1980).

Estudos demonstram que as águas cinzas contêm significativas quantidades de matéria orgânica, sólidos suspensos, fósforo e gordura para uma vazão diária de 110 litros por habitante. A matéria orgânica nessas águas tende a se degradar a taxas semelhantes àquelas quando combinadas ao esgoto residencial. Estudos microbiológicos demonstram significativas concentrações de organismo indicadores como coliformes totais em águas cinzas (USEPA, 1980).

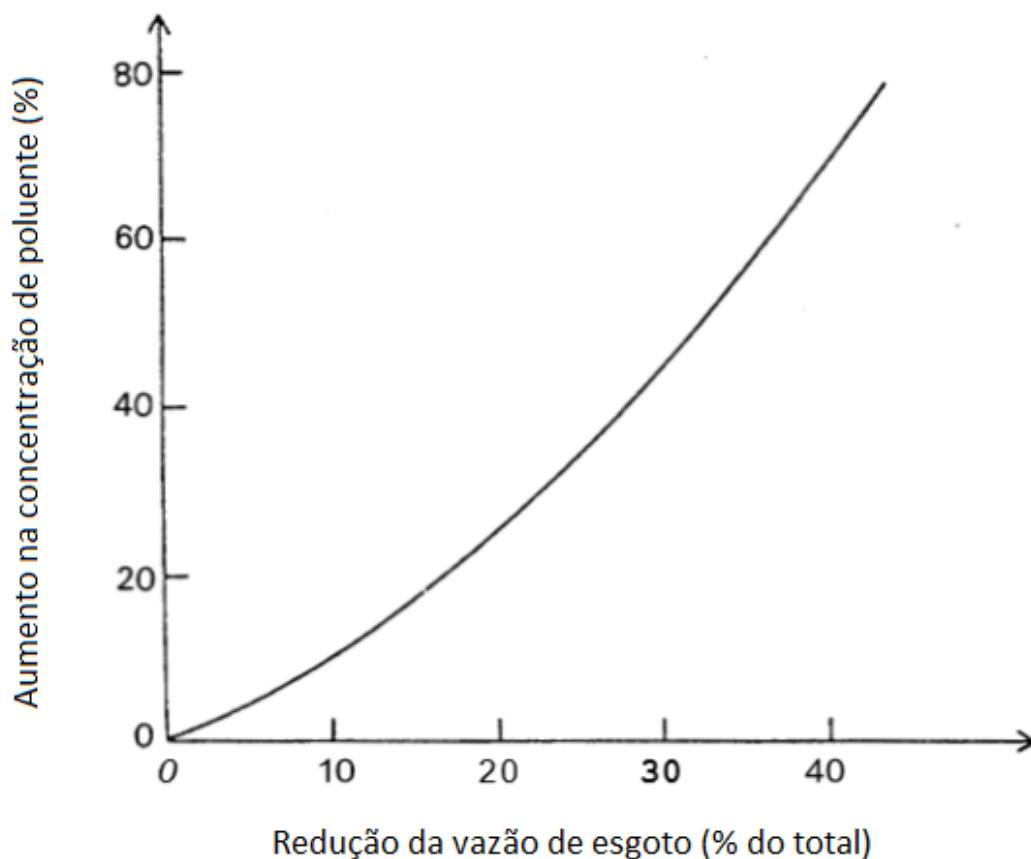
Embora águas cinzas contenham poluentes e devam ser administradas adequadamente, podem ser mais simples de gerenciar do que o total de efluentes residenciais devido a um volume de fluxo reduzido. Recomenda-se que os sistemas de tratamento reutilização dessas sejam projetados para águas residuais residenciais típicas considerando a redução de vazão (USEPA, 1980).

A redução de vazão de efluentes domésticos sem redução da carga de poluentes aumentará a concentração de poluentes no fluxo de águas residuais. O aumento das concentrações provavelmente será insignificante, a não ser que se

tenham reduções de 20% ou mais. O aumento das concentrações de poluentes em qualquer caso pode ser estimado utilizando a

**Figura 23** (USEPA, 1980).

**Figura 23 - Efeito da redução de vazão na concentração de poluentes**



Fonte: USEPA, 1980

#### **4.5.4 Análise dos dados**

Outro fator relevante para o dimensionamento de sistemas de tratamento de esgoto é a questão da separação das águas segundo os usos, em especial para o caso em estudo, em que a maioria das famílias, de fato, despejam diretamente no solo as águas provenientes das pias de cozinha, de higienização pessoal e da lavagem de roupas, o que representa um risco ambiental e, portanto, terá atenção diferenciada no projeto do sistema. Em geral, esses usos reunidos na categoria das águas cinzas, representam cerca de 70% do esgoto doméstico (Leal et al., 2007),

restando aos sistemas de tanque séptico apenas a água proveniente dos vasos sanitários (águas negras).

Sendo assim, para fins de projeto, chegou-se às seguintes conclusões quanto aos parâmetros: em termos quantitativos, para zelar pela segurança sem superestimar o consumo (o que refletiria diretamente na produção de esgoto), adota-se um valor de 120 litros por pessoa por dia ( $Q_{CONS}$ ). O coeficiente de retorno considerado, seguindo a recomendação da norma (NBR 7229/93), será de 0,8. Além disso, para se projetar os sistemas com maior acurácia, consideramos vazões distintas para as frações de águas cinzas ( $Q_{CINZA}$ ) e águas negras ( $Q_{NEGRA}$ ) como se segue:

$$Q_{CINZA} = 0.7 * 0.8 * Q_{CONS} = 67,2 \text{ (L/hab.dia)}$$

$$Q_{NEGRA} = 0.3 * 0.8 * Q_{CONS} = 28,8 \text{ (L/hab.dia)}$$

Adota-se, portanto:

$$Q_{CINZA} = 70 \text{ (L/hab.dia)} ; Q_{NEGRA} = 30 \text{ (L/hab.dia)}$$

Em termos qualitativos, devido a grande variabilidade dos dados, e levando-se em conta que menores despejos em termos quantitativos resultam em maiores concentrações de sólidos, consideram-se os principais parâmetros estudados na literatura apresentada para um esgoto sanitário tipicamente doméstico (VON SPERLING, 1995) e as reduções na vazão total de esgoto causada pela separação das frações citadas anteriormente. Sendo assim, a partir da curva (**Figura 23**) proposta pela USEPA (1980) estimamos o efeito da redução de vazão na concentração dos poluentes.

As seguintes considerações foram feitas:

- a) Redução de vazão de águas negras e águas cinzas, respectivamente, igual a 80% e 60%.
- b) Para melhor aproximação das condições reais, serão considerados nos cálculos o limite superior dos valores de esgoto típico para águas negras e o limite inferior para águas cinzas.
- c) No caso dos parâmetros Nitrogênio e Fósforo, considera-se o valor típico máximo para águas negras e o valor mínimo para águas cinzas, dado que



as primeiras contém mais de 95% do total de nitrogênio, 90% do fósforo total e 50% do total de DQO presente em águas residuais domésticas (KUJAWA-ROELEVELD *et al.*, 2005)

Os resultados são apresentados na **Tabela 14**.

**Tabela 14 - Parâmetros de projeto dos sistemas de tratamento**

Parâmetro	Unidade	Esgoto típico	Valor adotado Águas Negras	Valor adotado Águas Cinzas
<b>Produção de esgoto</b>	L/hab.dia	-	30	70
<b>DBO<sub>5,20</sub></b>	mg/L	250 - 400	980	507
<b>DQO</b>	mg/L	450 - 800	1960	913
<b>Sólidos Totais</b>	mg/L	700 - 1350	3290	1420
<b>Nitrogênio Total</b>	mgN/L	35 - 60	60	35
<b>Fósforo</b>	mgP/L	4 - 15	15	4
<b>pH</b>	-	6.7 - 8	7	7
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	UFC/100mL	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
<b>E. coli</b>	UFC/100mL	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>

Fonte: Os autores

#### 4.6 Ensaio de permeabilidade do solo

Com o objetivo de estudar o provável comportamento do efluente final do sistema de saneamento, uma vez que este for ser lançado no solo, foi verificada a importância de conhecer a permeabilidade do solo da região à água. Esta permeabilidade varia de acordo com vários fatores, como o grau de compactação, distribuição granulométrica, índice de saturação, índice de vazios, composição mineralógica, macroestrutura e temperatura, de forma que sua determinação se faz complexa.

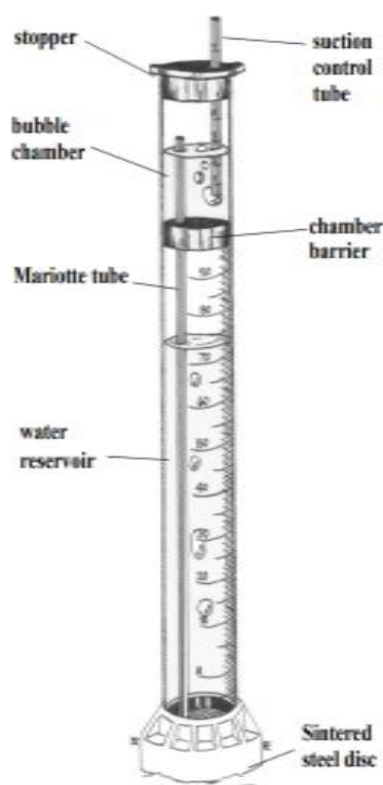
No escopo deste presente trabalho, para estudar a infiltração da água no solo, o grupo se valeu de um método bastante simples, um ensaio de permeabilidade *in*

*situ*, que conta com o uso do equipamento denominado Infiltrômetro de Tensão Mini Disk, um método simples, barato, de fácil aplicação, mas que é capaz de representar as condições típicas em que o solo se encontra. Vale salientar que tal teste mede a infiltração da camada superficial do solo, de forma que não representa o comportamento de todo o perfil do solo.

Para realizar o teste, primeiramente prepara-se o solo, retirando a camada mais superficial e nivelando-o, como se observa nas

**Figura 25 e Figura 26.** Em seguida, dispõe-se o equipamento utilizado sobre o solo que se deseja estudar. Como se vê na **Figura 24**, ele tem duas câmaras, de mesmo raio, um reservatório de alimentação e outro regulador de pressão e ambos devem ser preenchidos com água. Ao colocá-lo sobre o solo, lê-se o volume inicial na câmara maior (de alimentação) e a distância da coluna d'água na câmara de sucção até o tubo nela inserido, e marca-se o início do tempo do ensaio. O teste consiste em leituras de volume periódicas em intervalos de tempo regulares, até que seja alcançado o estado estacionário (Fernandes, 2011).

**Figura 24 - Infiltrômetro MiniDisk**



Fonte: Manual Decagon Devies

**Figura 25 - Preparação do solo para ensaio**



Fonte: Os autores

**Figura 26 - Grupo se locomovendo entre os ensaios**



Fonte: Os autores



**Figura 27 - Ensaio de permeabilidade do solo in-situ**



Fonte: Os autores

Existem diversos modelos de cálculo para infiltrômetros de disco. Uma vez feito os ensaios e levantados os valores, foram feitos os cálculos para se obter a condutividade hidráulica, valendo-se da tabela de Excel, fornecida pelo Professor Fernando Marinho. Esta tabela foi programada com Macros que recebem os dados inseridos de volume inicial, intervalo de tempo das leituras e respectivos volumes para cada leitura, sucção e tipo de solo, retornando a condutividade hidráulica, incorporando-os nos cálculos dados do equipamento, como o raio e dados das condições de retenção hidráulica a depender do tipo de solo e parâmetros de ajuste do modelo.

Como parâmetros foram inseridos: sucção de 2 centímetros e solo argiloso, devido à classificação teórica como Argissolo. Para se definir com precisão qual a composição do solo em cada localidade, seriam necessárias análises de granulometria, feitas no laboratório. Porém, para o escopo deste trabalho, valeu-se da classificação dada pela literatura e por análises táteis-visuais.

Primeiramente, ao inserirmos o tempo de leitura e o volume observado, a tabela calcula a raiz quadrada deste tempo e a infiltração em centímetros (com base na área do equipamento). Com isso, obtém um índice de projeção da tendência da infiltração acumulada x raiz quadrada do tempo, índice “C”, já com unidades de infiltração, cm/s. Paralelamente, a planilha calcula o índice “A”, que relaciona os valores específicos para o tipo de solo (obtidos por meio do método matemático proposto por Van Genuchten (1980), amplamente difundido para estudos de retenção e condutividade hidráulica), com a taxa de sucção e o raio do equipamento.

A fórmula utilizada foi retirada do Minidisk Infiltrometer User's Manual (s.d.). Nela, alpha e n são os parâmetros de Van Genuchten, r é o raio do disco, h é a sucção.

$$A = \frac{11.65(n^{0.1} - 1) \exp[2.92(n - 1.9)\alpha h_o]}{(\alpha r_o)^{0.91}}$$

Feito isso, a planilha em seguida calcula a condutividade hidráulica:

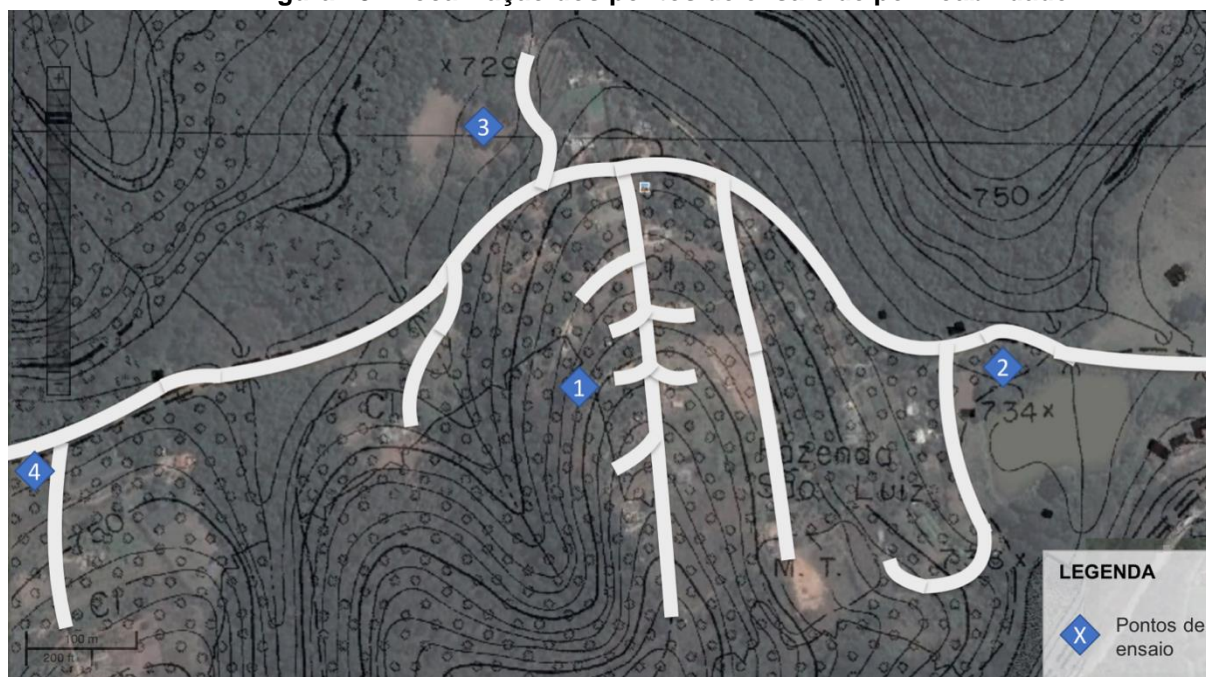
$$K = A/C$$

E assim obtemos a condutividade hidráulica do meio.

Foram feitos quatro ensaios no assentamento, em diferentes pontos, entendidos como pontos de interesse para se estudar a permeabilidade.

- **Ponto 1:** Em uma das ruas principais, no lote do Seu Alcino. Ponto representativo por se localizar no meio da vertente.
- **Ponto 2:** Próximo ao Lago, para se estudar a permeabilidade próxima ao corpo d'água.
- **Ponto 3:** “Mandala”, ponto mais baixo do assentamento, em uma área coletiva, sujeita a construção de um sistema de disposição final do sistema modular.
- **Ponto 4:** Lote vazio coletivo, também em um ponto mais baixo do assentamento, outra área apta à construção de um sistema modular.

**Figura 28 - Localização dos pontos de ensaio de permeabilidade**



Fonte: adaptado de Google Earth Pro (2018) e IGC (2006).

A **Tabela 15** abaixo traz os resultados obtidos nos ensaios.

**Tabela 15 - Coeficientes de Permeabilidade para quatro diferentes pontos**

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4	
Tempo (s)	Volume (mL)	Infilt (cm)	Volume (mL)	Infilt (cm)	Volume (mL)	Infilt (cm)	Volume (mL)	Infilt (cm)
0	77,50	0,00	75,00	0,00	69,00	0,00	76,00	0,00
900	74,00	0,22	72,60	0,18	64,50	0,28	69,00	0,44
1800	71,50	0,38	71,00	0,25	61,00	0,50	65,00	0,69
2700	69,50	0,50	70,50	0,28	58,60	0,65	59,50	1,04
Coeficiente de Permeabilidade (m/s)	$2,4 \cdot 10^{-7}$		$2,2 \cdot 10^{-8}$		$3,1 \cdot 10^{-7}$		$6,1 \cdot 10^{-7}$	

Fonte: adaptado de Souza Pinto (2006)

Tabela 16 – Valores típicos de permeabilidade

Permeabilidade		Tipo de solo	k (cm/s)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
	Baixa	Siltes e argilas	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	$10^{-7}$ a $10^{-9}$
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

Fonte: adaptado de Souza Pinto (2006)

#### 4.6.1 Análise dos dados

Observando a **Tabela 15** com os resultados obtidos no Ensaio, e comparando com os valores típicos esperados, estabelecidos por literatura (**Tabela 16**), tem-se que os quatro pontos possuem permeabilidade típica para solos argilosos. Ademais, observa-se que os solos dos quatro pontos são classificados como impermeáveis.

Comparando os resultados para os quatro pontos, destaca-se que o ponto 2, localizado nas margens do Lago, possui uma ordem de grandeza diferente dos outros, apresentando menor permeabilidade. Por outro lado, o ponto 4 (lote comunitário, apto para receber um sistema modular), possui a maior taxa de infiltração. Porém, há que se notar que mesmo com tal variação todos os solos pertencem à mesma classificação de permeabilidade. Como existem múltiplos fatores que influenciam a permeabilidade do solo e que o teste é apenas uma análise superficial, os resultados devem ser assumidos como diretrizes generalizadas, e para se ter uma análise mais acurada, outro teste seria necessário.

Foi sugerido que fosse aplicado o teste sugerido pela norma NBR 13.969, para verificar os resultados anteriormente obtidos. Trata-se de procedimento para estimar a capacidade de percolação do solo (Parâmetro K). Este teste, apesar de simples, exige cuidado em sua aplicação, dado o alto grau de imprecisão que pode ser gerado. Inicialmente deve-se cavar uma cava cujo fundo esteja aproximadamente na altura do fundo da vala de infiltração. Na lateral da cava deve ser colocado um trado de diâmetro 150mm, o fundo da cava deve ser preenchido com uma camada de 5 centímetros de brita e em seguida deve-se realizar a etapa de saturação do solo: preenchendo a cava com 30 centímetros de água, por no mínimo 4 horas, sendo preenchido à medida que a água desce, podendo se



estender até 12 horas para solos impermeáveis. Após a saturação do solo, o ensaio em si consiste em preencher a cava até 15 centímetros com água e aguardar 30 minutos para determinar a queda de nível. Após isso, preencher novamente até 15 centímetros e esperar mais 30 minutos até que se rebaixe em duas medidas consecutivas, até no máximo 1,5 cm. Tal teste objetiva medir a permeabilidade do solo em condições de saturação, o que faz-se interessante para os objetivos deste presente trabalho. Porém, observa-se que sua realização demandaria que o grupo estivesse presente e disponível por um longo período de tempo na localidade, o que impossibilita sua realização face a impossibilidade de estar-se tanto tempo no assentamento.

Assim sendo, reconhece-se a importância de realizar-se este segundo teste, porém, frente às dificuldades de sua realização e os fins acadêmicos do presente projeto, o grupo entendeu que apenas o teste realizado seria capaz de fornecer as informações necessárias para o dimensionamento dos sistemas de saneamento.

#### **4.7 Nível do lençol freático**

O nível do lençol freático no local do assentamento é uma informação fundamental para o dimensionamento dos sistemas de tratamento de esgoto do assentamento, uma vez que este nível poderia influenciar tanto o traçado da rede de coleta quanto a definição do local onde seriam instalados os sumidouros ou valas de infiltração. Porém, por limitações do projeto e de recursos, não foi possível fazer um levantamento detalhado com utilização de GPS de precisão e sondas.

Assim, com o intuito de ter uma ideia geral da profundidade do lençol freático em regiões de interesse, foram levantadas as profundidades do nível da água nos poços apresentados no **item 4.4**, resumidas na **Tabela 4**.

##### **4.7.1 Análise dos Dados**

Apesar dos dados não terem sido obtidos de forma precisa, foi possível identificar que as regiões próximas aos poços caipiras 1 e 4, são as que possuem um nível de lençol freático mais superficial. Logo, elas não são indicadas para a disposição final e infiltração do esgoto, devendo ser evitadas.

Ao contrário, os poços caipiras 2 e 4 e o poço artesiano 1 estão localizados em regiões com águas subterrâneas mais profundas, apresentando uma maior susceptibilidade para disposição final dos efluentes de esgoto. No entanto, essa questão será abordado no capítulo 6, que trata do dimensionamento dos sistemas.

## **5 PROPOSIÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

### **5.1 Tecnologias selecionadas**

#### **5.1.1 Tecnologias de tratamento do efluente**

Foram escolhidas algumas técnicas de tratamento de esgoto, considerando também o sistema já em operação nas casas do assentamento, composto por dois tanques sépticos, seguidos de dois filtros biológicos anaeróbios, sendo o efluente lançado no solo. Dados os problemas relacionados a este sistema, destacados no **item 3.10.1**, serão consideradas alternativas de pós-tratamento e correta disposição do efluente e gerenciamento de lodo.

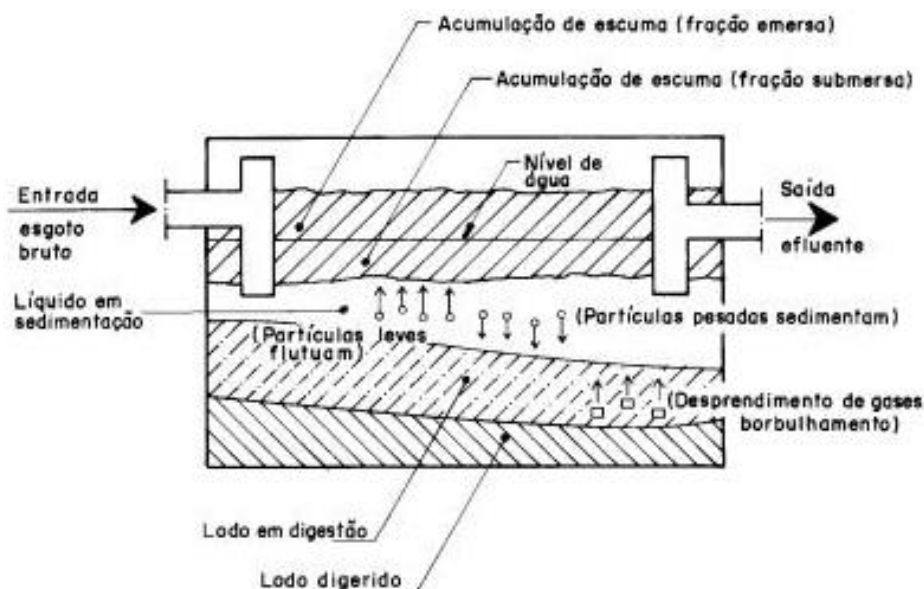
##### **5.1.1.1 Tanques sépticos**

Os tanques sépticos são unidades de tratamento que baseiam-se na biodigestão dos componentes orgânicos do esgoto doméstico, podendo também ser aplicado para efluentes industriais e agrícolas (CHERNICHARO, 2007). Este tratamento baseia-se na decantação da parte sólida e sua decomposição por organismos anaeróbios, já presentes no esgoto, com a produção de metano como subproduto das reações. O lodo produzido nesses sistemas, após sua remoção, é considerado estabilizado, uma vez que ocorre a decomposição anaeróbia dos sólidos sedimentados (TANAKA, 2014).

Dentre os modelos de tanques sépticos, Chernicharo (2007) aborda os tanques simples e os divididos em compartimentos horizontais ou verticais, que aumentam o tempo de retenção e visam aumentar a eficiência. O formato dos tanques sépticos pode ser de câmara única, de câmaras em série e de câmaras sobrepostas, cilíndricos ou prismáticos.

O tanque séptico em aplicação no assentamento é do tipo cilíndrico, de fluxo descendente, com a introdução do esgoto pela superfície, composto de câmara única.

**Figura 29 - Funcionamento geral de um tanque séptico**



Fonte: NBR 7229/93

As vantagens dos tanques sépticos, em comparação a outros reatores anaeróbios e das outras opções de tratamento de esgotos, estão na construção e operação simples e de baixo custo, na pouca área demandada, pouco consumo energético, não há demanda por aeração e produção de um efluente de qualidade razoável, que pode ser encaminhado para um pós-tratamento complementar. Portanto, tais sistemas são aplicáveis para concepções descentralizadas em pequenas comunidades. Como principais desvantagens há a maior sensibilidade a variações de temperatura, pH e componentes tóxicos, a pouca eficiência de remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos e a necessidade de pós-tratamento. (CHERNICHARO, 2007).

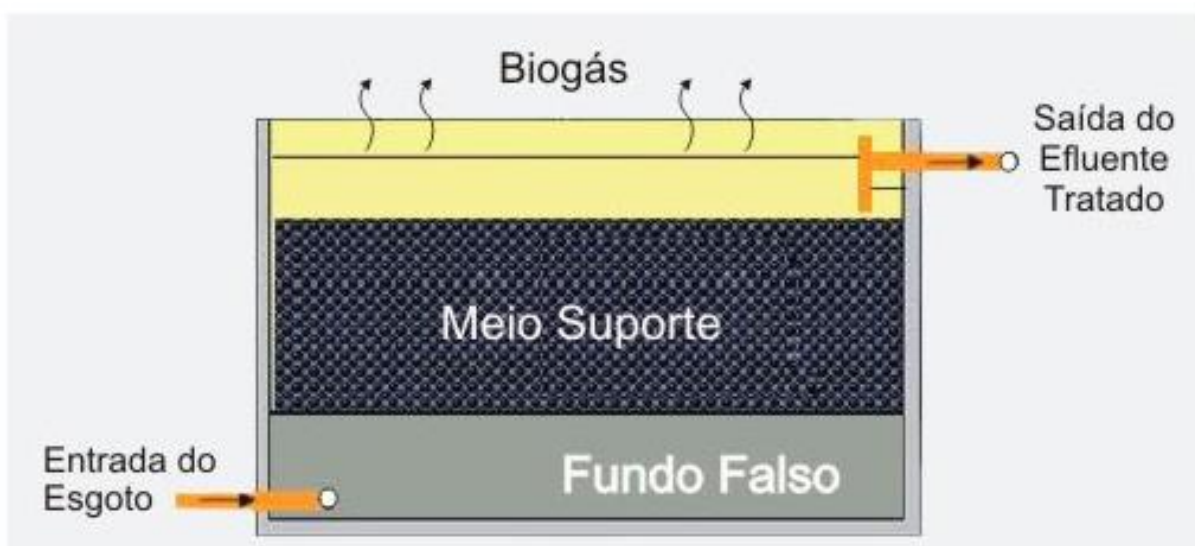
#### **5.1.1.2 Filtros biológicos anaeróbios**

Os sistemas de filtração biológicos são utilizados, normalmente, como técnica adicional aos tanques sépticos. Eles têm a capacidade de reduzir significativamente as concentrações de microrganismos patogênicos do esgoto e tem remoção satisfatória em termos de demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos (CRUZ, 2013).

Os filtros contêm em seu interior um material de enchimento, que deve ser inerte (comumente, brita, anéis plásticos). Na superfície deste material se reproduzem microorganismos, formando-se um biofilme aderido, que atua digerindo os compostos orgânicos do efluente. O desempenho dos filtros é influenciado por fatores como: profundidade do tanque, granulometria, condições que o pré tratamento confere ao afluente, composição do esgoto e concentração de nutrientes, carga hidráulica e orgânica, temperatura e método de distribuição (CRUZ, 2013). Cabe ressaltar que esta técnica deve ser aplicada para águas que já passaram por processos de tratamento.

Como vantagens pode-se citar o baixo custo de construção e operação e a fácil manutenção. Como desvantagem há a baixa eficiência da remoção de patógenos, demandando um pós tratamento (CRUZ, 2013).

**Figura 30 - Esquema de um filtro biológico anaeróbio.**



Fonte: NATURALTEC (s.d.)

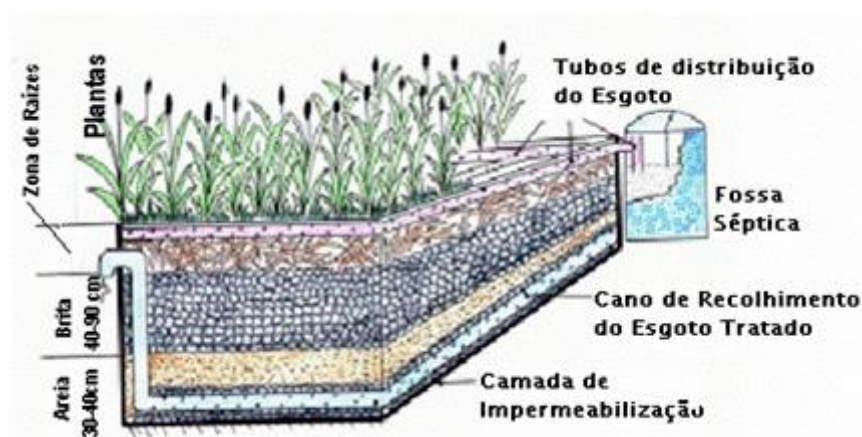
### **5.1.1.3 Alagados Construídos**

Os alagados construídos (também chamados wetlands construídas ou zonas de raízes) são sistemas que utilizam plantas aquáticas (macrófitas) sobre materiais filtrantes, como areia, cascalhos ou outro material inerte, sobre a superfície dos quais ocorre a proliferação de biofilme, que agregam populações variadas de microorganismos. As raízes das plantas atuam fornecendo pequenas quantidades de oxigênio, criando micro ecossistemas aerados, aumentando assim a biodiversidade de microorganismos, além de reduzirem o risco de colmatção do filtro (CHAVES,

2017). Tais microrganismos, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, fazem a decomposição de compostos orgânicos presentes nas águas residuárias (TANAKA, 2013). Os alagados construídos têm se mostrado eficientes em termos de remoção de carga orgânica e coliformes, resultando em um efluente final que pode ser retornado à natureza, através da infiltração (CHAVES, 2017).

Os alagados construídos são precedidos por uma etapa anaeróbia, para que haja a remoção prévia de matéria orgânica e dos sólidos em suspensão. Existem várias concepções destes modelos, sendo horizontais, verticais ou combinados (CHAVES, 2017) e entre as plantas mais utilizadas neste sistema estão o papiro, capim elefante, taioba e junco. Podendo ser utilizados como soluções de tratamento individuais ou coletivas.

**Figura 31 – Esquema de um alagado construído**



Fonte: NATURALTEC (s.d.)

Wallace e Knight (2006) destacam que as *wetlands* de fluxo subsuperficial, isto é, naquelas em que o efluente atravessa, horizontalmente ou verticalmente, um leito filtrante cultivado com vegetação do tipo macrófitas aquáticas emergentes, são comuns como tratamento secundário em residências familiares ou em sistemas coletivos de pequeno porte. Pelo fato de não haver efluente exposto durante o processo de tratamento, o risco associado à saúde humana, pela exposição de organismos patogênicos, é minimizado. Nas *wetlands* subsuperficiais, a areia, ou algum outro tipo de solo hidráulico, age como meio filtrante e soma-se ao cultivo de vegetação, que proporcionará a zona de raízes, atuante no tratamento.

Um estudo realizado por Ferreira *et al.* (2013) considerou trabalhos realizados por pesquisadores brasileiros em cima do sistema de *wetlands* subsuperficial de fluxo vertical, constatando valores bastante satisfatórios no tratamento de esgoto sanitário. Apontou-se médias para remoção de DBO entre 77% e 99% de eficiência, 99% de remoção de coliforme total, e remoção de nutrientes, Nitrogênio e Fósforo, com máximas de 89% de N amoniacal, 93,3% de N total e 99,6% de Fósforo.

Nas *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal, o leito permanece constantemente alagado e pela presença da vegetação cria-se um ambiente ecologicamente complexo abaixo da superfície o que permite a ocorrência simultânea de vários mecanismos de tratamento. Trata-se de um modelo mais simples em relação ao de fluxo vertical, tendo em vista que o último depende de alimentação intermitente e está associado a maiores custos operacionais (ROSA e BASSANI, 2014).

#### **5.1.1.4 Banheiro Seco**

Banheiro seco, também chamado de banheiro de compostagem ou banheiro ecológico, baseia-se em uma câmara de processamento que recebe e decompõe as fezes, reduzindo sua massa e seu volume e degradando os compostos orgânicos, objetivando permitir que estas sejam dispostas sobre o solo sem riscos de contaminação deste e dos corpos hídricos, ou ainda objetivando que sejam aproveitadas como adubo no final do processo. Este modelo se destaca também por ser de fácil e barata instalação e utilização, e por dispensar o transporte por via hídrica, aspectos todos interessantes para o contexto da localidade em questão, agrícola, de baixa renda e com acesso limitado à água.

O tratamento baseia-se na compostagem, caracterizada pela mistura de material seco (serragem, restos de poda, galhos, palha) aos excrementos, o que retira a umidade e equilibra a proporção nitrogênio-carbono, auxiliando na estabilização deste, podendo também ser misturado restos de material orgânico, como sobras de alimentos. Neste método ocorre a decomposição termofílica dos compostos orgânicos. Em locais inóspitos para a compostagem, por exemplo com temperaturas muito baixas, uma alternativa consiste no processo de desidratação e alcalinização, o qual baseia-se na mistura de cal, cinzas ou terra seca aos excrementos.

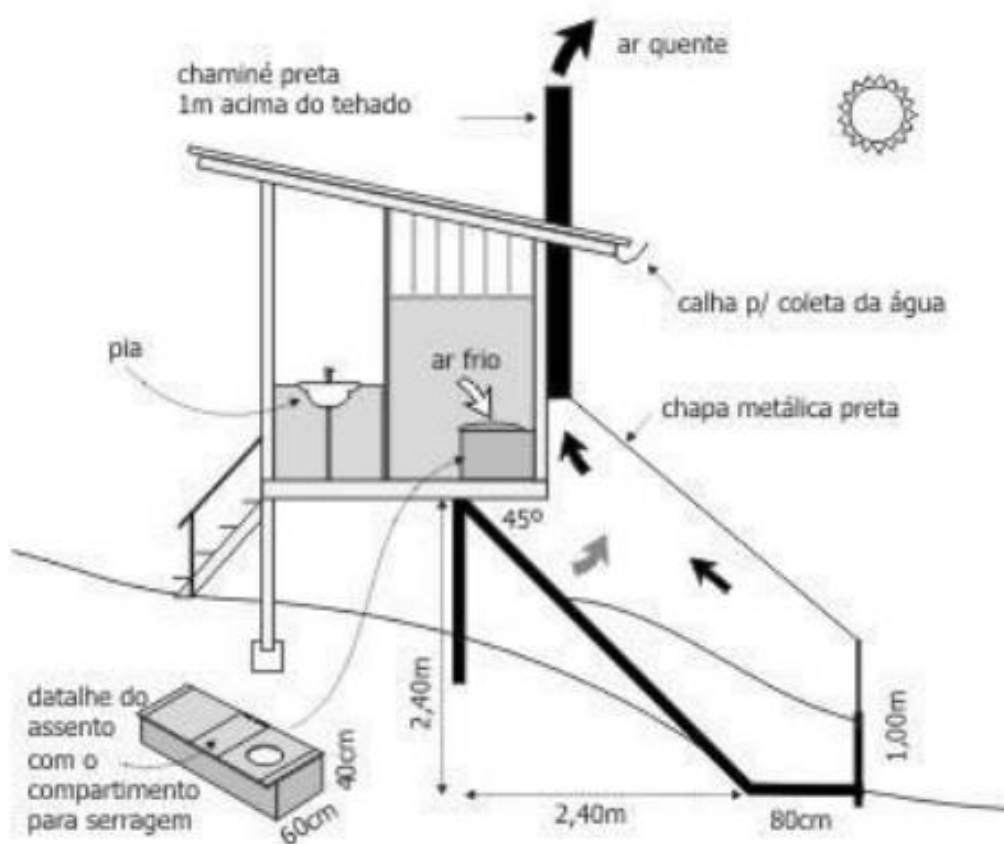
Existem diversas concepções deste modelo, podendo utilizar um compartimento localizada abaixo do assento, para o qual os dejetos caem diretamente e onde ficarão até que o volume útil se preencha e o compartimento seja carregado para esvaziar o conteúdo em local apropriado, onde passará pelo processo de decomposição (Jenkins, 1999). Tal estrutura pode ser observada na **Figura 32**. Em outro tipo, utiliza-se uma estrutura móvel disposta sobre uma câmara única, fixa, que após preenchimento é fechada e a estrutura móvel é alocada para outra fossa. Ou ainda, pode-se esvaziar o conteúdo da fossa, que será um lodo estabilizado, e prosseguir com a utilização do banheiro. Há também um modelo que pressupõe duas câmaras dispostas lado a lado, dimensionadas de forma que uma seja utilizada enquanto a outra permanece fechada abrigando o processo de compostagem. Quando a segunda lotar, esvazia-se a primeira e prossegue-se com a utilização desta. Ambas são equipadas com uma chaminé de ventilação, como se vê na Figura 32.

**Figura 32 - Banheiro seco com balde para transporte das fezes**



Fonte: Amatuzy (2013)

**Figura 33 - Banheiro seco com duas câmaras fixas e estrutura de ventilação.**



Fonte: Amatuzy (2013)

Quanto à construção, recomenda-se que essas câmaras se localizem na fronteira com o ambiente externo das residências, o que facilita o manejo do composto com uma portinhola de acesso à câmara, que deve estar de preferência voltada para o local de maior isolação e pintada de preto, pois a compostagem dos dejetos consiste num processo termofílico, que demanda calor para ocorrer. Além disso, recomenda-se que a saída das chaminés seja voltada para locais onde o possível odor emanado não atrapalhe os usuários.

Para garantir a remoção dos poluentes e patógenos, o processo de compostagem deve se estender por, no mínimo, 120 dias, sendo o ideal de duração 1 ano (Jenkins, 2009), e a temperatura mínima a ser alcançada deve ser de 45 graus (Amatuzy, 2003). Ao final dele, o composto estará estabilizado e pode ser utilizado como adubo. É recomendado que se realize uma análise do material antes da tomada de decisão quanto à sua utilização. Mas, em caso da impossibilidade de



realizar este teste, pode-se optar por utilizar o composto em plantas ornamentais ou no pomar, destinações que não proporcionam contato direto com possíveis através da ingestão, e tampouco demandam muita manipulação por parte do agricultor.

O composto gerado ao final do processo terá sua salubridade relacionada com a saúde da população que o gerou, sendo um reflexo desta. Portanto, quanto mais rica e saudável a alimentação, mais rico em nutrientes benéficos serão os excrementos, e quanto melhores as condições ambientais de acesso à água e alimentos limpos, menor chance da presença de organismos patógenos (Jenkins, 1999). Porém, a título de aumentar a eficiência da remoção de patógenos, o autor coloca que quanto mais tempo de decomposição melhor para este fim, além das temperaturas mais altas. Por fim, também é recomendado que as fezes sejam segregadas da urina, o que pode ser feito utilizando um separador, ou na utilização em si pelo próprio usuário, realizando as necessidades em locais separados. Com esta segregação obtém-se um material menos úmido, de mais fácil manuseio e com odor menos desagradável.

Como aspectos negativos do banheiro seco pode-se citar que ainda carece de estudos acadêmicos que quantifiquem a eficiência de sua remoção de poluentes, além de que seu funcionamento depende das variáveis locais, de forma que requer observação das condições do meio antes de ser instalado e pode demandar trabalho de gestão e cuidado, como a adição de material seco e resíduos orgânicos. Trabalho esse que muitas vezes não é bem recepcionado pela comunidade local, dado que este tipo tem baixa adaptabilidade psicológica e encontra resistências para ser aplicado.

### **5.1.2 Alternativas de disposição do efluente**

#### **5.1.2.1 Vala de infiltração**

A definição desta alternativa dada pela NBR13969/97 é a seguinte:

É o processo de tratamento/disposição final do esgoto que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Como utiliza o solo como meio filtrante, seu desempenho

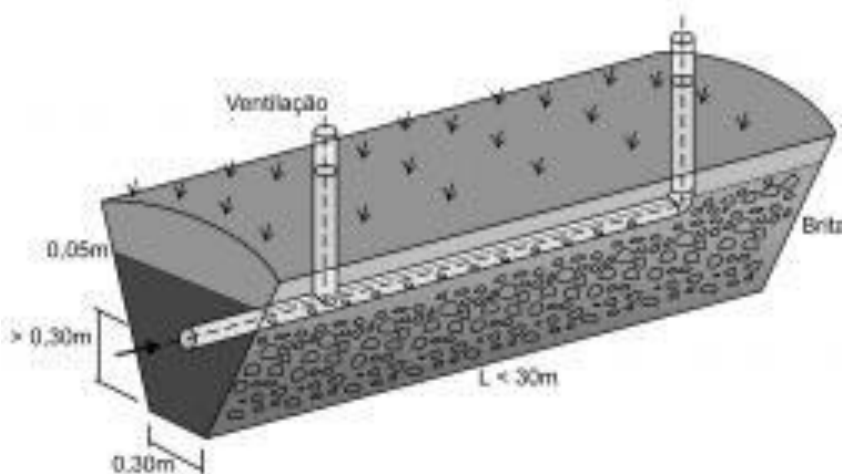
depende grandemente das características do solo, assim como do seu grau de saturação por água. (NBR13969/97).

Pode ser utilizada quando em locais com boa disponibilidade de área com mínima possibilidade presente ou futura de contaminação do aquífero. Para o projeto e o uso da vala de infiltração devem ser observados os seguintes parâmetros:

- a) características do solo onde a vala de infiltração será instalada;
- b) nível máximo do aquífero e a distância vertical mínima deste;
- c) manutenção da condição aeróbia no interior da vala;
- d) distância mínima do poço de captação de água;
- e) processo construtivo;
- f) alternância;
- g) índice pluviométrico. (NBR 13969/97)

Destacam-se na caracterização do solo fatores intervenientes na remoção eficiente dos agentes patógenos e dos nutrientes com potencial de poluição, são eles: capacidade de percolação, composição química e saturação. Quanto à altura do lençol freático, deve-se manter uma distância mínima vertical entre o nível máximo da superfície do aquífero e o fundo da vala de 1,5 m. A **Figura 34** ilustra essa alternativa de disposição.

**Figura 34 - Esquema representativo de uma vala de infiltração**

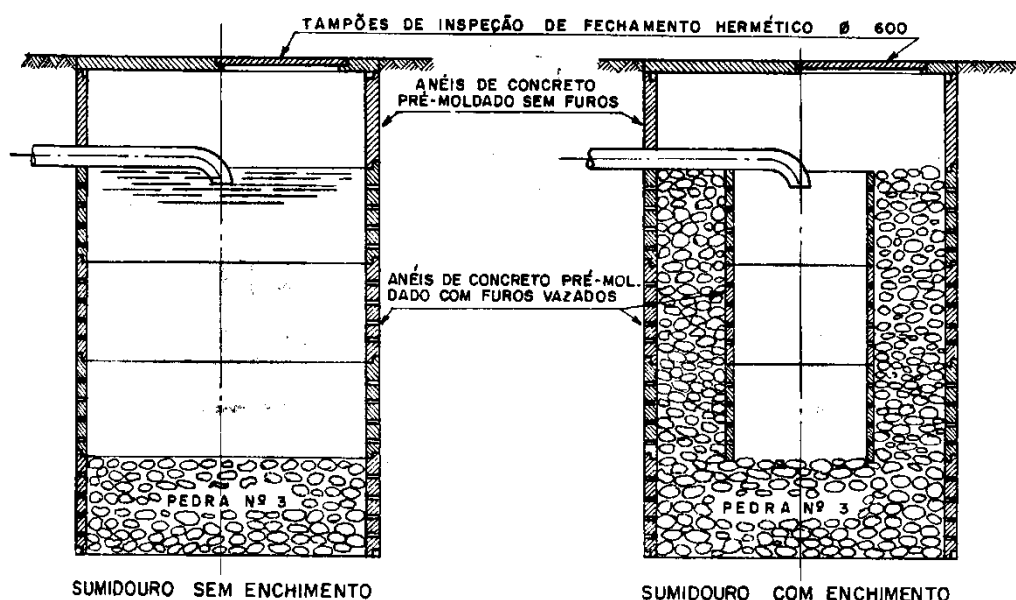


Fonte: Chernicharo (Coord.,2001)

### 5.1.2.2 Sumidouro

O sumidouro é uma alternativa de depuração e de disposição final do efluente de tanque séptico semelhante à vala de infiltração, diferenciando-se por sua característica de verticalização. Devido a esta característica, seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, onde possa garantir a distância mínima de 1,50 m entre o seu fundo e o nível aquífero máximo. Além disso, pela dificuldade de se manter uma condição aeróbia, a obstrução das superfícies internas do sumidouro é mais precoce em relação à vala de infiltração. A **Figura 35** ilustra esquematicamente o sumidouro.

**Figura 35 - Perfil esquemático do sumidouro**



Fonte: Pulz (2011)

### 5.1.2.3 Reuso local

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado pode ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, sendo o mais relevante para o presente estudo a irrigação dos jardins e campos agrícolas.

A normativa prevê que o reuso local de esgoto deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação. Para tanto, devem ser definidos:

- a) os usos previstos para esgoto tratado;
- b) volume de esgoto a ser reutilizado;
- c) grau de tratamento necessário;
- d) sistema de reservação e de distribuição;
- e) manual de operação e treinamento dos responsáveis. (NBR13969/97)

No caso do uso agrícola de efluentes não deve ser permitido, mesmo desinfetado, irrigação das hortaliças e frutas de ramas rastejantes (por exemplo, melão e melancia). Admite-se seu reuso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita. (NBR13969/97)

### **5.1.3 Alternativas para tratamento e disposição final do lodo de tanques sépticos**

Ingallinella et al. (2002 *apud* ANDREOLI, 2009) recomenda fortemente o chamado tratamento semicentralizado dos lodos, em se tem pequenas unidades aonde se pode tratar o material recolhido de um conjunto de sistemas individualizados. Segundo os autores, esse modelo diminui os custos gerais de coleta, transporte e tratamento. Apresenta-se, a seguir, algumas alternativas.

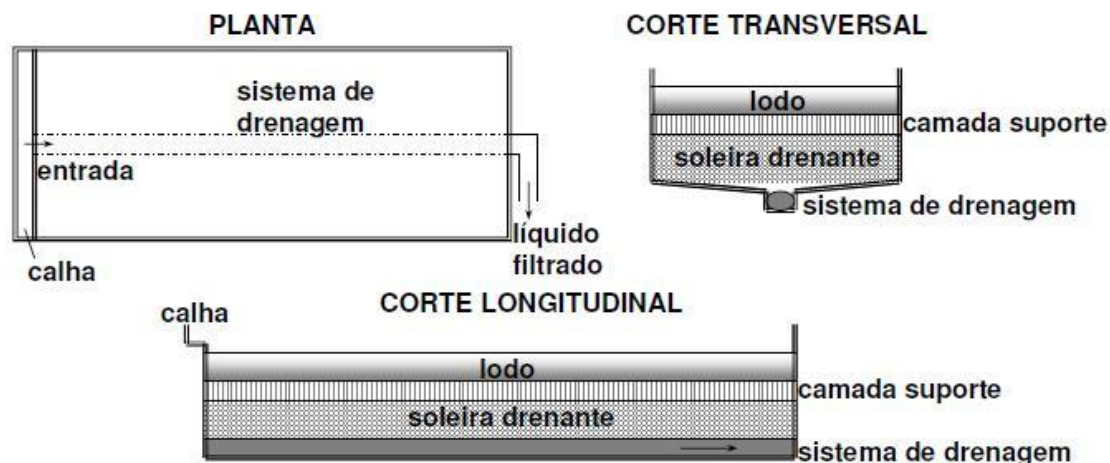
#### **5.1.3.1 Leitos de secagem**

Os leitos de secagem são uma alternativa comumente utilizada para remoção da umidade de lodos de esgoto. Em geral, constituem-se de estruturas retangulares de alvenaria preenchidas em seu interior com materiais que permitem a drenagem da água presente no lodo. A perda de água ao longo da secagem do lodo também ocorre por meio da evaporação natural (ANDREOLI, 2009). A **Figura 36** ilustra o esquema dessa tecnologia.

Andreoli (2009) aponta entre as vantagens associadas à tecnologia, o baixo custo de investimento e simplicidade operacional. Apesar disso, os leitos de secagem apresentam limitações relacionadas à utilização de fenômenos naturais para remoção da umidade, por exemplo, a necessidade de grandes áreas para

implantação do sistema e a influência climática no desempenho operacional, sendo recomendado a proteção contra chuvas.

Figura 36 - Esquema de um leito de secagem



Fonte: Google (s. d.)

### 5.1.3.2 Compostagem

Andreoli (2009, p.85) define a compostagem é como “um processo aeróbio de estabilização da matéria orgânica através do qual podem ser reduzidas as características iniciais de atratividade de vetores, odores e agentes patogênicos presentes nos resíduos submetidos a esse processo”. A tecnologia alia a alta eficiência na remoção de microrganismos patogênicos com um produto final de boa qualidade agronômica, sendo de grande potencial para destinação final do lodo séptico nas regiões que carecem de sistemas de tratamento deste resíduo (ANDREOLI, 2009).

Essa alternativa permite, ainda, a codisposição com resíduos sólidos. A compostagem pode ser feita pela adição do lodo aos sólidos a serem compostados, desde que o teor de sólidos nos lodos seja alto (METCALF & EDDY, 1991 *apud* ANDREOLI, 2009).

## 5.2 Alternativas de Sistemas de Tratamento de Esgoto propostas

Neste trabalho, são avaliadas três alternativas de sistemas de tratamento de esgoto, sendo duas delas sistemas individuais e uma um sistema modular, ou seja, um sistema em que as casas são agrupadas em módulos com redes de coleta que

transportam o esgoto até um sistema de tratamento semicentralizado. A ideia é não só avaliar as principais diferenças entre cada uma das alternativas, mas também entre sistemas individuais e modulares em áreas rurais.

É importante ressaltar que em termos de tratamento de águas cinzas e do lodo gerado pelas tecnologias escolhidas, todas as alternativas utilizarão o mesmo sistema de tratamento. No caso do tratamento das águas cinzas será utilizada a tecnologia dos alagados construídos aplicada individualmente a cada uma das casas, o que será detalhado no capítulo 6. Já o para o tratamento do lodo, considera-se o uso de caminhões limpa fossas, que é justificado pela grande quantidade de fossas que podem ser limpas em uma única viagem, no caso do sistema individual; a baixa periodicidade necessária para a limpeza; e a simplicidade técnica. Considera-se, ainda, o dimensionamento e orçamento de um sistema de leitos de secagem como uma alternativa para o tratamento do lodo no sistema modular, o que também será retomado no capítulo 6.

### **5.2.1 Sistemas Individuais (unifamiliares)**

#### **ALTERNATIVA 1: Banheiro Seco (individual)**

A escolha por considerar a tecnologia do banheiro seco é relacionada principalmente por essa ter grande potencial de adequação para comunidades como a do presente estudo. A possibilidade de aproveitamento agrícola do composto resultante, a dispensa de veiculação hídrica e a simples e barata instalação da tecnologia são as principais características que justificam a escolha.

#### **ALTERNATIVA 2: Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio (individual)**

A combinação do tanque séptico com o filtro biológico anaeróbio é comum, sendo já utilizada e conhecida da comunidade estudada. Atinge eficiência de remoção de matéria orgânica satisfatória – 75% – é de simples construção e operação, além de não demandar aeração, o que é fundamental para a realidade de baixa renda. São esses os principais fatores que justificam a escolha dessas tecnologias para análise final.

### 5.2.2 Sistema Modular

O sistema modular se trata de um sistema semicentralizado em que o total de casas do assentamento é dividido em 3 módulos com pequenas redes que coletam as contribuições de esgoto de cada uma das casas desse módulo e as transporta para um local onde este esgoto é tratado em sua totalidade em um sistema maior do que o individual. A ideia de se avaliar este tipo de sistema é comparar o preço de um sistema individual com o da implantação de um sistema de tratamento único para diversas casas e uma rede coletora fazendo a ligação entre elas.

Os principais critérios observados para a divisão dos módulos foi a proximidade entre as casas, para minimizar a extensão da rede; e a topografia, que deve facilitar a coleta e o transporte do esgoto de maneira a utilizar exclusivamente a gravidade como agente de transporte.

Em relação aos pontos de disposição final do efluente, o primeiro critério de escolha dos locais foram as cotas, de modo que elas estejam a baixo da cota da casa mais a jusante de seus respectivos módulos. Por isso, os pontos escolhidos para se realizar o ensaio de permeabilidade foram próximos aos locais em que supostamente a água seria infiltrada no solo, para que se pudesse validar a hipótese de que a permeabilidade do solo é baixa o suficiente para que a infiltração não seja danosa aos corpos de águas subterrâneas.

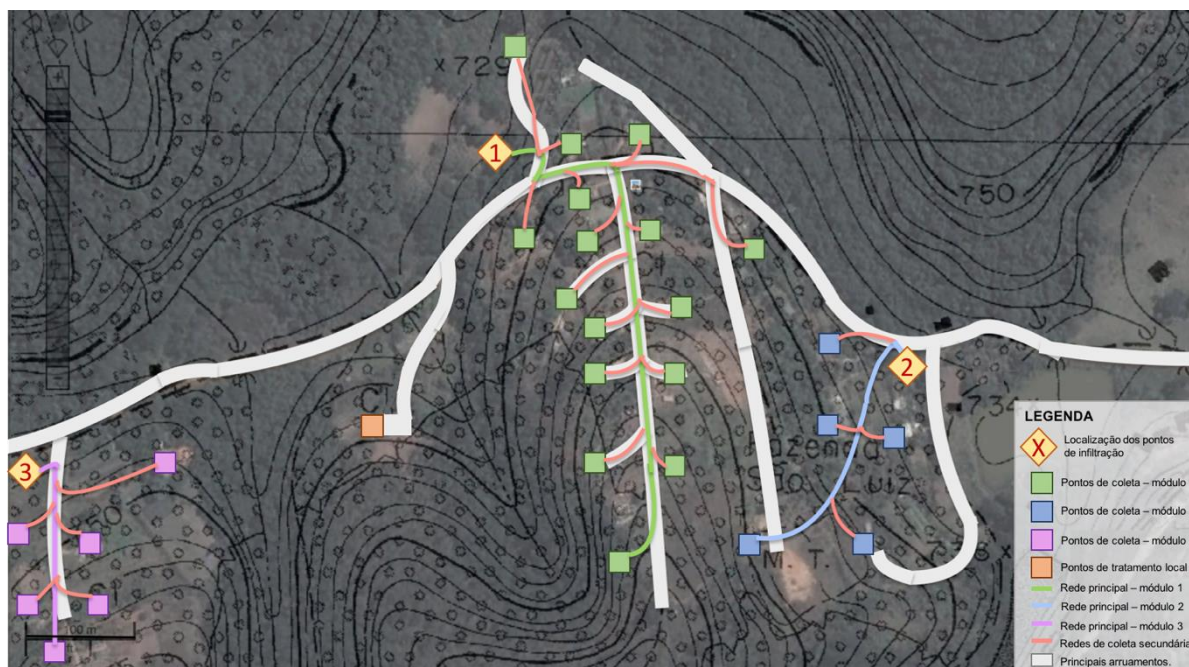
Um outro critério levado em consideração é o nível do lençol freático. Entretanto, não foi possível mapear com precisão o nível e o fluxo do lençol freático para todos os pontos do assentamento, sendo essa uma das limitações do presente trabalho. Desta forma, buscou-se evitar com que esses pontos fossem localizados próximos aos poços 1 e 4, que possuem uma profundidade do nível d'água menor, como identificado no **item 4.7**.

Finalmente, um último critério considerado para essa escolha foi a proximidade desses pontos aos corpos d'água e às áreas de cultivo. Assim, eles foram escolhidos de modo a estarem o mais distante possível dessas áreas para evitar a contaminação dos corpos hídricos e dos alimentos produzidos.

Os pontos de infiltração, as divisões modulares e um esboço do traçado das redes propostos são apresentados no mapa da **Figura 37**. Já a **Tabela 17**, resume

as cotas e o número de casas contribuintes para cada estação de tratamento, ou seja, cada ponto de infiltração do efluente no solo.

**Figura 37 - Mapa de divisão dos módulos, pontos de disposição final e topografia.**



Fonte: os autores

**Tabela 17 - Pontos de despejo de cada módulo**

Ponto de Despejo	Descrição	Cota (aproximada)	Casas contribuintes
<b>Módulo 1</b>	Mandala	734	16
<b>Módulo 2</b>	Jusante do Lago	734	5
<b>Módulo 3</b>	Rua de baixo	746	6

Fonte: os autores

Dois fatos valem ser destacados na figura e na tabela acima. O primeiro é que há 5 lotes atualmente desocupados no módulo 1, e 1 no módulo 2, sendo que ambos não estão representados na **Figura 37**, mas que estão regularizados pelo INCRA e podem ser ocupados no futuro. O segundo é que a uma casa isolada no final da rua localizada entre o módulo 1 e o módulo 3. Para esta casa, mesmo no sistema modular, será considerado o tratamento individual, para evitar a construção de uma rede longa para atender uma única casa.



### ALTERNATIVA 3: Fossas Sépticas seguida de Wetland (modular)

A tecnologia dos alagados construídos vem sendo cada vez mais estudada e difundida. Como citado anteriormente, alcança-se eficiências de remoção de matéria orgânica, patógenos e nutrientes bastante satisfatórias com o uso dessa. Além disso, há grande potencial de aproveitamento agrícola do efluente e harmonização do sistema de tratamento com seu ambiente. A combinação com a fossa séptica proporciona etapa essencial de remoção de sólidos grosseiros e decanto-digestão. A concepção com o fluxo subsuperficial horizontal é escolhida principalmente pelos reduzidos custos de operação.

**Tabela 18 - Alternativas propostas como sistemas de tratamento do esgoto para o assentamento.**

Tipo do sistema	Alternativa	Método de tratamento do esgoto	Método de tratamento das águas cinzas	Método de disposição final do efluente de esgoto	Tratamento dos Resíduos Sólidos / Manutenção
<b>Sistema Individual</b>	<b>1</b>	<b>Banheiro Seco</b>	Wetland de fluxo subsuperficial horizontal	Sumidouro	Caminhão Limpa-Fossa
	<b>2</b>	<b>Fossa-Filtro</b>	Wetland de fluxo subsuperficial horizontal	Sumidouro	Caminhão Limpa-Fossa
<b>Sistema modular</b>	<b>3</b>	<b>Fossa Séptica + Wetland</b>	Wetland de fluxo subsuperficial horizontal	Valas de Infiltração	Caminhão Limpa-Fossa ou Leito de Secagem

Fonte: os autores

## 6 DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTO DOS SISTEMAS

A seguir, são apresentados os dimensionamentos e orçamentos das alternativas de sistemas propostas. O orçamento foi feito com base na tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) do mês de abril de 2018, considerando custos não desonerados para o estado de São Paulo. Já os desenhos técnicos dos projetos se encontram em anexo no final do relatório.

## 6.1 Sistemas Individuais

### 6.1.1 ALTERNATIVA 1: Banheiro seco (individual)

#### I) Concepção e Dimensionamento

Existindo diversos modelos de Banheiro Seco, como alternativa para o tratamento individual, neste presente trabalho será considerado o modelo composto por duas câmaras de compostagem fixas, concepção na qual uma câmara é utilizada enquanto a outra permanece fechada no processo de maturação.

Nesse modelo será considerado um tempo de 6 meses para preenchimento de cada câmara, e após este tempo, os dejetos podem ser retirados, já estabilizados, por uma portinhola. Ele possui estrutura de ventilação para saída de odores e os materiais orgânicos devem ser inseridos pelo buraco do assento

Seu dimensionamento depende da quantidade diária de fezes produzida. Foi considerado o valor de 200 gramas de fezes por pessoa por dia (TANAKA, 2014). Foi considerado também o valor médio de 4 pessoas por lote e o tempo de detenção de 6 meses, suficiente para garantir a remoção de poluentes e ideal para que o sistema não seja de um volume tão grande. Tem-se, portanto:

Massa total de matéria orgânica produzida por casa, por dia:

**gramas de fezes [pessoa·dia] \* número de dias \* número de pessoas**

- G fezes: 200 g/pessoa x dia
- Número de dias: 180 dias
- 4 pessoas

**Massa de fezes total =  $200 \cdot 180 \cdot 4 = 144.000 \text{ g} = 144 \text{ kg}$**

Adotando a densidade como  $1 \text{ g/cm}^3$ , tem-se:

**Volume de matéria orgânica total = massa (g)/densidade =  $144.000 \cdot 1 =$   
 $= 144.000 \text{ cm}^3$**

Tem-se, portanto, um volume de  $144.000 \text{ cm}^3$ , o que equivale a 144 litros.

Sabendo-se que o modelo escolhido é composto de duas câmaras de utilização alternada, tem-se que o volume total será de:

**Volume total de duas câmaras:  $144 \cdot 2 = 288$  Litros =  $0,28 \text{ m}^3$ .**

## **II) Projeto Construtivo**

Para facilitar a concepção e construção será considerada uma câmara cúbica. Sua construção pode ser feita em ferro-cimento, utilizando vergalhões de aço 3/8", tela fina de aço e argamassa de cimento e areia na proporção 1:2, tubo de PVC para o sistema de ventilação de 100 mm, chapa de metal para a portinhola, mosquiteira e assento de vaso sanitário, que será deposto sobre uma estrutura de madeira.

**Tabela 19 – Dimensões do Banheiro Seco**

Sistema	Volume mínimo	Altura	Largura	Profundidade	Volume final
<b>Banheiro seco</b>	0,28 m <sup>3</sup>	0,70 m	0,70 m	0,70 m	0,34 m <sup>3</sup>

Fonte: os autores

### III) Orçamento

**Tabela 20 - Orçamento banheiro seco**

Insumos						
Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	-	10	kg	0,40	4,00	Cimento
IMPERMEABILIZANTE A BASE DE CIMENTO CRISTALIZANTE EM PO	2	5,0	kg	5,14	51,40	Impermeabilizante
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	1	4	m	10,03	40,12	Tubos PVC
ACO CA-25, 10 MM, VERGALHAO	-	8	kg	3,82	30,56	Vergalhão de aço
TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA	-	4	m	1,97	7,88	Tela de aço
CHAPA DE ACO FINA A FRIO BITOLA MSG 24, E = 0,60 MM (4,80 KG/M2)	-	1	kg	5,19	5,19	Chapa de metal para portinhola
DOBRADICA EM ACO/FERRO, 3" X 2 1/2", E= 1,2 A 1,8 MM, SEM ANEL, CROMADO OU ZINCADO, TAMPA CHATA, COM PARAFUSOS	-	2	UN	9,90	19,80	Dobradiça
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	-	8	h	23,08	184,64	Mão de obra
ASSENTO SANITÁRIO DE PLÁSTICO, CONVENCIONAL	1	-	UN	23,38	23,38	Assento
SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA 2,5 X 5 CM	1	16	m	2,78	33,25	
<b>ALTERNATIVA 1 - PREÇO TOTAL POR SISTEMA INDIVIDUAL</b>					<b>R\$ 390,19</b>	

Fonte: os autores

#### 6.1.2 ALTERNATIVA 2: Fossa-Filtro (individual)

##### I) Concepção e Dimensionamento

Como opção para o tratamento individualizado, isto é, único para cada casa, foi considerado o sistema tipo fossa-filtro, composto por um tanque séptico (anaeróbio), seguido de um filtro para complementar o tratamento. Seu

dimensionamento, foi dividido em dois momentos. Primeiramente foi utilizada a norma NBR 7229, de 1993, que dispõe sobre Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Ela estabelece que o volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela fórmula:

$$V = 1000 + N (CT + K Lf)$$

Onde:

- V = volume útil, em litros
- N = número de pessoas ou unidades de contribuição
- C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia
- T = período de detenção, em dias
- K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco
- Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa

A norma também traz recomendações acerca dos valores a serem considerados na fórmula acima, de contribuição de esgoto (C), lodo fresco (Lf), período de detenção (T) e taxa de acumulação de lodo (K). Tais valores são trazidos, respectivamente, na **Tabela 21**, na **Tabela 22** e na **Tabela 23**:

**Tabela 21 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante U**

**Unid.: L**

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- residência			
padrão alto	pessoa	160	1
padrão médio	pessoa	130	1
padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos <sup>(A)</sup>	bacia sanitária	480	4,0

<sup>(A)</sup> Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Fonte: NBR 7229/93

Observando as tabelas temos que para ocupações permanentes e padrão baixo a Contribuição de esgotos sugerida é de 100 litros por pessoa, por dia. Porém, de acordo com a bibliografia levantada neste estudo, será considerada uma contribuição de 30 litros por pessoa por dia. Segundo a **Tabela 21**, a taxa de Lodo fresco para habitações com ocupantes permanentes é de 1 Litro.

**Tabela 22 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária**

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: NBR 7229/93

Com a Contribuição diária considerada, temos que o tempo de detenção do sistema é de 24 horas.

**Tabela 23 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio**

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 7229/93

Tendo identificado o assentamento em uma área climática do tipo Subtropical temperada, como descrito acima neste presente trabalho, temos que no mês mais frio as temperaturas ficam abaixo dos 18 graus Celsius. Dessa forma, deve-se utilizar os valores de K correspondentes à temperaturas entre 10 e 20 graus Celsius. Para o intervalo de limpeza, a norma não estabelece um tempo fixo, afirmando que este pode ser encurtado ou prolongado conforme especificidades locais. Quanto mais espaçados estes forem, mais estabilizado estará o lodo ao final, e intervalos muito curtos podem resultar na retirada de um lodo que ainda não passou pela decomposição completa, estando ainda rico em produtos acidogênicos e, portanto, demandando depuração final. Além disso, intervalos curtos representam maiores custos associados à limpeza. Dessa forma, será considerado o intervalo de limpeza de 5 anos, buscando-se reduzir os custos associados ao serviço do caminhão limpa-fossa, que representam um custo muito elevado para a população local, agravado ao considerar que terá que ser realizado em pequena escala diversas vezes, em cada casa. Ao aumentar o intervalo de limpeza, o volume útil estipulado pela norma aumenta de forma proporcional, evitando que o sistema lote por completo. Inserindo tais dados na tabela, obtém-se um K equivalente à 225 dias.

O último parâmetro faltante na fórmula é N, o número de pessoas a utilizarem o sistema. Neste presente trabalho, foi considerada uma média familiar de 4 pessoas por casa. Tendo todos os valores, obtém-se um volume mínimo para o tanque séptico, de:

$$V = 1000 + 4 \cdot (30 \cdot 1 + 225 \cdot 1) = 2020 \text{ litros}$$

Para este volume, a norma especifica que a profundidade mínima deve ser de 1,2 metros, não excedendo 2,2 metros. Outros parâmetros importantes são as distâncias que o sistema deve ter das construções (mínimo 1,5 metros), das árvores e sistema de abastecimento de água (3 metros) e dos corpos hídricos (15 metros).

Dimensionado o tanque séptico, a etapa seguinte é dimensionar o filtro anaeróbio. Para tal, será utilizada a norma NBR 13969/93; Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, que traz a seguinte fórmula para calcular o volume mínimo requerido:



$$V_U = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T$$

Onde:

- $V_U$  = volume útil do leito filtrante, isto é, o volume com material de enchimento
- $N$  = número de contribuintes;
- $C$  = contribuição de despejos, em litros x habitante/dia;
- $T$  = tempo de detenção hidráulica, em dias.

Tomando os mesmos valores para os parâmetros acima utilizados no dimensionamento do tanque séptico, temos que:

$$V_U = 1,6 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 1 = 192 \text{ litros}$$

Porém há que se notar que a norma estipula como volume mínimo para o filtro o valor de 1000 litros. Portanto, será considerado um volume de 1000 litros a título de dimensionamento. A norma especifica também que a altura máxima para o leito filtrante é de 1,2 metros, e para o fundo falso, 0,6 metros.

## II) Projeto construtivo

Dimensionados os sistemas, temos a seguinte tabela, para uma casa com 4 pessoas:

**Tabela 24 – Dimensões máximas e mínimas dos tanques sépticos e filtros anaeróbios individuais.**

Sistema	Volume mínimo	Altura mínima	Altura máxima
<b>Tanque séptico</b>	2020 L	1,2 metros	-
<b>Filtro anaeróbio</b>	1000 L	-	1,2 metros

Fonte: os autores

Acerca do método construtivo, ambas as normas estabelecem que os materiais devem ser inertes e devem apresentar boa resistência mecânica e química, sugerindo concreto armado, alvenaria plástico e vidros de alta resistência. Para se alcançar o volume mínimo requerido e devido ao menor custo e facilidade de trabalho, foi escolhido trabalhar com concreto armado.

Portanto, para o tanque séptico serão utilizadas 2 câmaras em série com 3 manilhas de concreto armado circulares empilhadas, de 1,1 metro de diâmetro. Há que notar que é perdido o volume de cima em função do cano de chegada do afluente. Sendo assim, a câmara deve ter uma altura de 1,5 metros, sendo apenas 1,2 metros de profundidade útil. Já para o tanque, será utilizada apenas uma câmara, de igual construção, com 1,2 metros de profundidade útil também. As câmaras serão tampadas por tampas de concreto armado, pré moldadas, que também serão usadas como base. Elas serão conectadas por canos de PVC de 100mm de diâmetro.

**Tabela 25 – Dimensões dos tanques sépticos e filtros anaeróbios do sistema individual.**

Sistema de tratamento	Altura útil H (m)	Diâmetro D (m)	Vol Útil por fossa V (L)	Volume Útil Total VT (L)
<b>Tanque Séptico</b>	1,20	1,1	1.140 L	2.280 L
<b>Filtro Anaeróbio</b>	1,20	1,1	1.140 L	1140 L

Fonte: os autores

### III) Orçamento

**Tabela 26 - Orçamento do sistema da Alternativa 1: Fossa-Filtro Individual segundo a Tabela da SINAPI desonerada de SP de 04/2018.**

Insumos						
Item	Quant	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI	Descrição
ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,00 M, H = 0,50 M	9	-	UN	92,37	R\$ 831,33	Manilhas
IMPERMEABILIZANTE A BASE DE CIMENTO CRISTALIZANTE EM PO, MONOCOMPONENTE	2	5,0	kg	5,14	R\$ 51,40	Impermeabil-izante
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	-	8,0	m	10,03	R\$ 80,24	Tubos PVC
TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	2	-	UN	29,74	R\$ 59,48	Tê PVC
JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	2	-	UN	18,87	R\$ 37,74	Joelhos PVC
ASSENTADOR DE MANILHAS	2	1,5	h	20,79	R\$ 62,37	Mão de Obra
PLACA CIMENTICIA LISA E = 6 MM, DE 1,20 X 3,00 M (SEM AMIANTO)	5	0,785	m <sup>2</sup>	46,39	R\$ 182,17	Tampas e Soleiras
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	-	10	kg	0,40	R \$4,00	Cimento Manilhas
PEDRA BRITADA N. 4 (50 A 76 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	-	0,785	m <sup>3</sup>	51,53	R\$ 40,47	Britas para o Filtro
TAMPAO COMPLETO PARA TIL, EM PVC, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA DE ESGOTO	2	-	UN	21,17	R\$ 42,34	Tampão respiros
Composições						
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016	1	3,960	m <sup>3</sup>	77,61	R\$ 307,34	Mão de obra
<b>ALTERNATIVA 1 - PREÇO TOTAL POR SISTEMA INDIVIDUAL</b>					<b>R\$1.698,88</b>	

Fonte: os autores

### 6.1.3 Disposição final do efluente do sistema individual

#### I) Projeto Construtivo

A disposição do efluente líquido pode ser feita em valas de infiltração ou em sumidouros. Ambas as tecnologias baseiam-se na mesma concepção de infiltrar o efluente final em um solo que tenha baixa permeabilidade, no qual o tratamento final do efluente se dará através da percolação, que impede os poluentes de chegarem aos corpos d'água. A diferença está no fluxo. Para sumidouros é vertical, e para as valas, horizontal. Posto que o lençol freático localiza-se a uma grande profundidade no Assentamento, e que não há uma abundância de espaço físico disponível, optar-se-há pelos sumidouros.

Para seu dimensionamento utiliza-se a NBR 13.969. Inicialmente deve-se tomar a condutividade hidráulica local, disposta no presente trabalho no Item “Ensaio de Permeabilidade do Solo”. Para fins de dimensionamento, tomemos um valor médio de  $4 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ , importando a ordem de grandeza. Sendo a taxa de percolação o inverso deste valor, obtemos: 41666 min/m. Tomando a tabela da **Figura 38**, disponível na normal, tem-se:

**Figura 38 - Taxa máxima de aplicação diária**

Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	Taxa de percolação min/m	Taxa máxima de aplicação diária $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024
<sup>1)</sup> Adaptado da referência (43) do anexo C.			

Fonte: NBR 13.969

Dessa forma, adota-se que a taxa máxima de aplicação diária é de  $0,024 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ . Para o cálculo da área de aplicação tomou-se a vazão igual à contribuição diária, desconsiderando-se a redução devido a degradação dos compostos, o que garante também maior segurança ao dimensionamento. Logo,

para uma casa de 4 pessoas, considera-se vazão de 120 L por dia, isto é, 0,12 m<sup>3</sup>/dia.

**Área de infiltração:**  $(0,12 \text{ (m}^3/\text{dia)}) / (0,024 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})) = 5 \text{ m}^2$

Adotando-se um diâmetro de 1m, tem-se que a área da base será de:

**Área base:**  $0,5 \cdot 0,5 \cdot \pi = 0,79 \text{ m}^2$ .

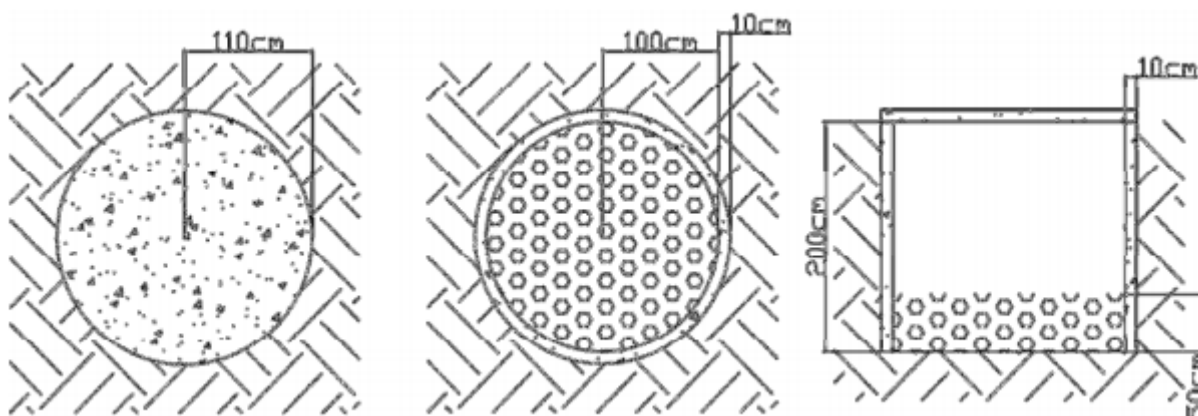
Sendo o perímetro igual a 3,14m, para se obter o 5m<sup>2</sup> de paredes laterais, o sumidouro deve ter uma altura mínima de:  $5/3,14 = 1,6 \text{ m}$

Adota-se portanto, 2 metros de altura como segurança e espaço para alocar o tubo de entrada do afluente. Por fim, a norma estipula uma camada no fundo do sumidouro de brita. Não estipulando a altura dela, foi definida uma altura de 50 cm, demandando um volume de 0,40 m<sup>3</sup> de brita.

## II) Projeto Construtivo

A construção das paredes do sumidouro será feita em tijolos de argila, suficientes para a parede de 5 m<sup>2</sup>. A base será de tampa de concreto, de 1 m de diâmetro, e o preenchimento de 0,40 m<sup>3</sup> de brita.

**Figura 39 - Vista superior e em corte do sumidouro**



Fonte: Tanaka et al, 2013.

**Tabela 27 - Dimensões dos sumidouros do sistema de tratamento individual**

Sistema de tratamento	Altura (m)	Altura útil (m)	Diâmetro (m)	Volume Útil Total $V_T$ (m³)
<b>Sumidouro</b>	2	1,6	1	1,264

Fonte: Os autores

### III) Orçamento

**Tabela 28 - Orçamento Sumidouro**

Insumos						
Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	-	3	KG	0,40	1,2	Cimento
ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,00 M, H = 0,50 M	1	-	UN	92,37	92,37	Manilhas
TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	630	-	UM	0,29	182,7	Tijolos
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	0,5	-	M³	47,24	23,62	Brita
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	-	8	H	23,08	184,64	Mão de obra
SERVENTE DE OBRAS	-	8	H	14,54	116,32	Mão de obra
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA	1	1,58	M3	77,61	122,62	Mão de obra
<b>PREÇO TOTAL POR SUMIDOURO INDIVIDUAL</b>					<b>723,47</b>	

Fonte: os autores

## 6.2 Sistema modular

### 6.2.1 ALTERNATIVA 3: Fossa Séptica seguida de Wetland (modular)

#### 6.2.1.1 Módulo 1

## I) Concepção e Dimensionamento

Localizado na rua principal, abarca 21 casas, totalizando uma média de 84 pessoas, de acordo com a projeção populacional.

### A) Tratamento Primário: Fossa seguida de wetland

Novamente será aplicada a norma NBR 7229, de 1993, que estabelece a fórmula a ser utilizada quando no dimensionamento do volume útil total do tanque séptico e os parâmetros que devem ser inseridos na fórmula.

$$V = 1000 + N (CT + K L_f)$$

Considerando as **Tabelas 20, 21 e 22**, trazidas no **item 0** deste trabalho temos:

- N = 84 pessoas
- C = 30 L/(pessoa·dia).
- T = 0,92 dias, considerando-se uma contribuição total de 2520 L/dia para o sistema e, a partir da **Tabela 22**.
- K = 225 dias, considerando o intervalo de limpeza equivalente a 5
- $L_f$  = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa = 1 L/pessoa, de acordo com a ocupação do local.

$$V = 1000 + 84 \cdot (30 \cdot 0,92 + 225 \cdot 1) = 22.218,4 \text{ litros} = 22,22 \text{ m}^3.$$

### B) Tratamento Secundário: *Wetland*

Uma tecnologia que vem se destacando como alternativa de tratamento *on site* complementar aos tanques sépticos é a das *wetlands* construídas. Baseada em sistemas naturais de tratamento de águas residuárias, a tecnologia visa proporcionar um ambiente capaz de utilizar a filtração física, química e biológica na transformação de poluentes presentes em esgotos sanitários e, ainda, harmonizar a relação da sociedade com a natureza, sendo crescente a escolha de estações de tratamento de esgoto por este método ao redor do mundo (MITSCH e GOSSELINK, 2000).

Se tratando de *wetlands* de fluxo horizontal, Philippi e Sezerino (2004) propõem um método de dimensionamento associado a degradação da matéria orgânica carbonácea em um modelo de cinética de primeira ordem. Estabelece-se,

ainda, uma relação entre a área de filtro plantado e o número de habitantes (ROSA e BASSANI, 2014). Considerando o processo de cinética de primeira ordem, a área superficial requerida pode ser obtida através da seguinte **Equação (1)**:

$$(1) A = Q * \frac{\ln C_0 - \ln C_e}{(K_T * p * n)}$$

No qual:

- A = área superficial requerida (m<sup>2</sup>);
- Q = vazão afluyente (m<sup>3</sup>/dia);
- C<sub>o</sub> = concentração afluyente em termos de DBO<sub>5</sub> (mg/litro ou g/m<sup>3</sup>);
- C<sub>e</sub> = concentração efluyente em termos de DBO<sub>5</sub> (mg/litro ou g/m<sup>3</sup>);
- p = profundidade média do filtro (m);
- n = porosidade do material filtrante (adimensional)
- K<sub>T</sub> = constante de reação de cinética de primeira ordem (d<sup>-1</sup>).

Sendo K<sub>T</sub> dependente da constante de reação a 20°C (K<sub>20</sub>) e da temperatura crítica (T) conforme a **Equação (2)**:

$$(2) K_T = K_{20} * (1,06)^{T-20}$$

Dupoldt et al. (2000) cita alguns critérios que o melhor local para a implantação deve seguir: proximidade da fonte do efluyente; inclinação, para que a água flua através da gravidade; solo passível de compactação, para evitar contaminação das águas subterrâneas; e a wetland deve estar acima do lençol freático.

Adotando o valor da constante para a temperatura de 20°C (K<sub>20</sub>) igual a 0,80 d<sup>-1</sup> (varia 0,70 d<sup>-1</sup> ± 0,23), considerando uma temperatura crítica de 15°C e substituindo na **Equação (2)** obtêm-se um valor de K<sub>T</sub> equivalente a 0,60.

Considerando a vazão afluyente:

$$Q = Q_{\text{NEGRA}} * 84 \text{ (habitantes)} = 2,52 \text{ m}^3/\text{dia};$$

A concentração afluyente em termos de DBO<sub>5</sub> (C<sub>0</sub>) é igual a 588 miligrama/litro (remoção de 40% na etapa de tratamento primário), a concentração efluyente em

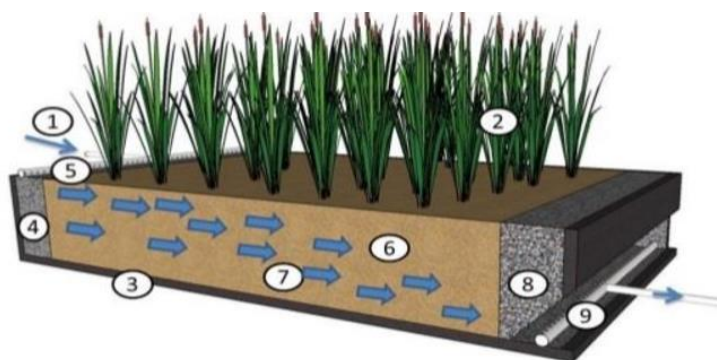


termos de  $\text{DBO}_5$  ( $C_e$ ) igual a 147 miligramas/litro (eficiência de remoção total do sistema de 85%), a profundidade média do filtro ( $p$ ) equivalente a 0,50 metros, a porosidade ( $n$ ) do material filtrante (areia grossa) como sendo de 0,40. Obtêm-se uma área requerida equivalente a 29,11 metros quadrados.

Adota-se  $A = 30 \text{ m}^2$

A macrófita a ser utilizada para a remoção do esgoto corresponde a *Typha* Spp. (Taboa), facilmente coletada em regiões alagáveis do assentamento. Utilizar-se-á como elemento de impermeabilização manta de geomembrana, visando a proteção do solo e do lençol freático. A **Figura 40** esquematiza os elementos utilizados no projeto.

**Figura 40 - – Elementos atuantes no alagado construído.**



1) afluentes; 2) macrófitas; 3) impermeabilização; 4) zona de entrada; 5) tubulação de alimentação; 6) material filtrante; 7) sentido do fluxo; 8) zona de saída; 9) tubulação de coleta;

Fonte: adaptado de Sezerino (2014) apud Rosa e Bassani (2014)

## II) Projeto Construtivo

Considerando a dimensão máxima para a altura do tanque séptico estipulada pela norma, será utilizada uma câmara prismática com as seguintes dimensões, adotando dimensões de fácil construção, que garantam uma margem de segurança para o sistema:

**Tabela 29 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 1**

Sistema de tratamento	Altura (m)	Altura útil (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Volume Útil Total $V_T$ (m <sup>3</sup> )
<b>Tanque Séptico Módulo 1</b>	2,2	1,9	2	6	22,8
<b><i>Wetland</i> Módulo 1</b>	0,5	-	3	10	15

Fonte: os autores

### III) Orçamento

Tabela 30 - Orçamento Sistema Modular – módulo 1

Insumos							
Cod	Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI	Descrição
11883	FOSSA SEPTICA CILINDRICA, TIPO "IMHOFF", COM TAMPA, PARA 100 CONTRIBUINTES	1	-	UN	3.152,11	R\$ 3.152,11	Estimativa de custo tratamento primário
25865	MANTA TERMOPLASTICA, PEAD, GEOMEMBRANA LISA, E = 2,00 MM ( NBR 15352)	63	-	m <sup>2</sup>	32,88	R\$ 2.071,44	Impermeabilizante
367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	15	-	m <sup>3</sup>	65,57	R\$ 983,55	material filtrante
4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	3	-	m <sup>3</sup>	47,24	R\$ 141,72	zonas de entrada e saída do fluxo
9836	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	4	6	m	10,03	R\$ 240,72	tubulações de alimentação e coleta
20179	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	2	-	UN	29,74	R\$ 59,48	conexões
Composições							
93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016	1	15	m <sup>3</sup>	77,61	R\$ 1164,15	escavação
83665	FORNECIMENTO E INSTALACAO DE MANTA BIDIM RT - 14	1	35	m <sup>2</sup>	7,69	R\$ 269,15	drenagem
<b>ALTERNATIVA 3 - PREÇO TOTAL MÓDULO 1</b>						<b>R\$</b>	<b>8082,32</b>

Fonte: os autores

#### 6.2.1.2 Módulo 2

##### I) Concepção e Dimensionamento

Lote que abarca 7 casas, totalizando uma média de 28 pessoas.

##### A) Tratamento Primário: Fossa seguida de wetland

De forma análoga ao dimensionamento anterior tem-se:

$$V = 1000 + N (CT + K L_f)$$

Considerando as **Tabelas 20, 21 e 22**, apresentadas no **item 0** deste presente trabalho tem-se:

- $N = 28$  pessoas
- $C = 30$  L/pessoa x dia.
- Com a taxa total diária de 30 L/pessoa x dia tem-se uma contribuição total de 840 L/dia para o sistema. Obtém-se  $T=1$  dia.
- $K = 225$  dias.
- $L_f = 1$  L/pessoa.
- $V$  = volume útil, em litros. Substituindo os valores acima na fórmula tem-se:

$$V = 1000 + 28 \cdot (30 \cdot 1 + 225 \cdot 1) = 8.140 \text{ litros} = 8,14 \text{ m}^3.$$

## B) Tratamento Secundário: Wetland

Mudando apenas o número de habitantes em relação ao Módulo 1, a vazão afluente ao segundo módulo é dada por:

$$Q = Q_{\text{NEGRA}} \cdot 28 \text{ (habitantes)} = 0,84 \text{ m}^3/\text{dia};$$

Aplicando a **Equação 1**, obtém-se a área superficial requerida  $A = 9,7 \text{ m}^2$ .

Assim, adota-se:  $A = 10 \text{ m}^2$

## II) Projeto Construtivo

Considerando a dimensão máxima para a altura do tanque séptico estipulada pela norma, será utilizada uma câmara prismática com as seguintes dimensões:

**Tabela 31 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 2**

Sistema de tratamento	Altura (m)	Altura útil (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Volume Útil Total $V_T$ (m <sup>3</sup> )
<b>Tanque Séptico Módulo 2</b>	2,2	1,9	2	2,5	9,5
<b>Wetland Módulo 2</b>	0,5	-	2	5	5

Fonte: os autores

### III) Orçamento

Tabela 32 - Orçamento Sistema Modular – módulo 2

Insumos							
Cod	Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI	Descrição
11883	FOSSA SEPTICA CILINDRICA, TIPO "IMHOFF", COM TAMPA, PARA 30 CONTRIBUINTES	1	-	UN	1215,70	R\$ 1.215,70	Estimativa de custo tratamento primário
25865	MANTA TERMOPLASTICA, PEAD, GEOMEMBRANA LISA, E = 2,00 MM ( NBR 15352)	17	-	m <sup>2</sup>	32,88	R\$ 558,96	Impermeabilizante
367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	4	-	m <sup>3</sup>	65,57	R\$ 262,28	material filtrante
4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	1	-	m <sup>3</sup>	47,24	R\$ 47,24	zonas de entrada e saída do fluxo
9836	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	2	6	m	10,03	R\$ 120,36	tubulações de alimentação e coleta
20179	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	2	-	UN	29,74	R\$ 59,48	conexões
Composições							
93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016	1	5	m <sup>3</sup>	77,61	R\$ 1164,15	escavação
83665	FORNECIMENTO E INSTALACAO DE MANTA BIDIM RT - 14	1	15	m <sup>2</sup>	7,69	R\$ 269,15	drenagem
<b>ALTERNATIVA 3 - PREÇO TOTAL MÓDULO 2</b>						<b>R\$</b>	<b>R\$ 2.767,42</b>

Fonte: os autores

#### 6.2.1.3 Módulo 3

##### I) Concepção e Dimensionamento

Lote que abarca 5 casas, totalizando uma média de 20 pessoas.

##### A) Tratamento Primário: Fossa seguida de wetland

De forma análoga ao dimensionamento anterior temos:

$$V = 1000 + N (CT + K L_f)$$

Considerando as **Tabelas 20, 21 e 22**, apresentadas no **item 0** deste presente trabalho tem-se:

- N = 20 pessoas
- C = 30 L/pessoa x dia.
- Com a taxa total diária de 30 L/pessoa x dia tem-se uma contribuição total de 600 L/dia para o sistema. Obtém-se T=1 dia.
- K=225 dias.
- $L_f = 1$  L/pessoa.
- V = volume útil, em litros. Substituindo os valores acima na fórmula tem-se:

$$V = 1000 + 24 \cdot (30 \cdot 1 + 225 \cdot 1) = 7.120 \text{ litros} = 7,12 \text{ m}^3.$$

#### **A) Tratamento Secundário: Wetland**

Analogamente aos módulos anteriores, tem-se:

$$Q = Q_{\text{NEGRA}} \cdot 20 \text{ (habitantes)} = 0,6 \text{ m}^3;$$

Aplicando novamente a **Equação 1** tem-se:

$$A = 6,93 \text{ m}^2. \text{ Adota-se } A = 7,5 \text{ m}^2$$

#### **II) Projeto Construtivo**

Considerando a dimensão máxima para a altura do tanque séptico estipulada pela norma, será utilizada uma câmara prismática com as seguintes dimensões:

**Tabela 33 - Dimensões do tanque séptico do Módulo 3**

Sistema de tratamento	Altura (m)	Altura útil (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Volume Útil Total $V_T$ (m <sup>3</sup> )
<b>Tanque Séptico Módulo 3</b>	2,2	1,9	2,1	2,1	8,4
<b>Wetland</b>	0,5	-	1,5	5	3,75

Fonte: os autores

**III) Orçamento****Tabela 34 - Orçamento Sistema Modular – Módulo 3**

Insumos							
Cod	Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI	Descrição
11883	FOSSA SEPTICA CILINDRICA, TIPO "IMHOFF", COM TAMPA, PARA 30 CONTRIBUINTES	1	-	UN	1215,70	R\$ 1.215,70	Estimativa de custo tratamento primário
25865	MANTA TERMOPLASTICA, PEAD, GEOMEMBRANA LISA, E = 2,00 MM ( NBR 15352)	14	-	m <sup>2</sup>	32,88	R\$ 460,32	Impermeabilizante
367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	3	-	m <sup>3</sup>	65,57	R\$ 196,71	material filtrante
4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	1	-	m <sup>3</sup>	47,24	R\$ 47,24	zonas de entrada e saída do fluxo
9836	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	2	6	m	10,03	R\$ 120,36	tubulações de alimentação e coleta
20179	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	2	-	UN	29,74	R\$ 59,48	conexões
Composições							
93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA COM PROFUNDIDADE MENOR OU IGUAL A 1,30 M. AF_03/2016	1	4	m <sup>3</sup>	77,61	R\$ 310,44	escavação
83665	FORNECIMENTO E INSTALACAO DE MANTA BIDIM RT - 14	1	14	m <sup>2</sup>	7,69	R\$ 107,66	drenagem
<b>ALTERNATIVA 3 - PREÇO TOTAL MÓDULO 3</b>						<b>R\$</b>	<b>2.517,91</b>

Fonte: os autores

Tabela 35 - Resumo das dimensões dos sistemas de tratamento de esgoto modulares

Sistema / Módulo	Altura (m)	Altura útil (m)	Largura (m)	Comprimento (m)	Volume Útil Total $V_T$ (m <sup>3</sup> )
<b>Tanque Séptico Módulo 1</b>	2,2	1,9	2	6	22,8
<b>Wetland Módulo 1</b>	0,5	-	3	10	15
<b>Tanque Séptico Módulo 2</b>	2,2	1,9	2	2,5	9,5
<b>Wetland Módulo 2</b>	0,5	-	2	5	5
<b>Tanque Séptico Módulo 3</b>	2,2	1,9	2,1	2,1	8,4
<b>Wetland Módulo 3</b>	0,5	-	1,5	5	3,75

Fonte: os autores

### 6.2.2 Rede de coleta

O dimensionamento da rede de coleta foi baseado na norma da ABNT NBR 9649, de 1986, que traz diretrizes para dimensionamento de projetos de redes coletoras de esgoto sanitário. As condições específicas para o dimensionamento dispostas pela norma relevantes para o presente projeto são as seguintes:

- 1) Levantamento Planialtimétrico em escala mínima de 1:2000, com curvas de nível de metro em metro. No caso deste trabalho, por limitações de projeto e ter fins acadêmicos, este critério não será atendido.
- 2) Devem ser estimadas as vazões iniciais e finais de cada trecho da rede.
- 3) Os diâmetros a empregar devem ser previstos nas normas e especificações brasileiras e não ser inferior a DN 100.
- 4) Todos os trechos devem ser verificados pelos seguintes critérios:
  - i) Tensão trativa ( $\sigma_t$ ) média maior ou igual a 1,0 Pa, calculada como

$\sigma_t = \gamma R_H I_0$ , em que  $\gamma$  é o peso específico da água, considerado como sendo  $\gamma = 10^4$  N/m<sup>3</sup>;  $I_0$  é a declividade em m/m e  $R_H$  é o raio hidráulico, calculado a partir da fórmula de Manning:  $v = (1/n) \cdot R_H^{2/3} \cdot I_0^{1/2}$ , em que  $V$  é a velocidade.



ii) Declividade mínima satisfazendo a condição de  $I_{0min} = 0,0055 Q_i^{-0,47}$ ,

sendo  $I_{0min}$  em m/m e a vazão mínima ( $Q_i$ ) em l/s, considerando-se o coeficiente de Manning  $n = 0,013$ . Se tratando de PVC, neste projeto, será utilizado o  $n = 0,0110$  e, conseqüentemente, deve-se adotar a equação:

$$I_{0min} = 0,0061 Q_i^{-0,47} \text{ (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000).}$$

iii) Máxima declividade ( $I_{0max}$ ) tal que a velocidade final  $v_f = 5$  m/s.

iv) Lâmina d'água de no máximo 75% do diâmetro do coletor ou de 50% quando a velocidade final for superior a velocidade crítica ( $v_c$ ).

- 5) No início da rede de coleta deve ser instalado um Terminal de Limpeza (TL). Nas junções em que são coletados mais de três tubos, deve ser instalado um Poço de Visita (PV). Para junções que coletam até três tubos, o PV pode ser substituído por um Til. Já no caso da simples mudança de direção de queda ou de grau, pode ser utilizada uma Caixa de Passagem (CP).
- 6) O recobrimento da rede não deve ser menor do que 0,90 m sob via de tráfego ou 0,65 m sob passeios.

Já para o dimensionamento das valas onde a tubulação será assentada, torna-se importante a consulta à norma NBR 12266, que trata do projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana.

Para se estimar a vazão de contribuição de cada lote no dimensionamento da rede, não foi considerada a mesma vazão utilizada para o dimensionamento dos sistemas de tratamento, uma vez que, convertida para litros por segundo, seria uma vazão demasiadamente baixa, exigindo inclinações mínimas na rede que inviabilizariam o projeto pela necessidade de escavações em elevadas profundidades. Assim, objetivando-se uma representação mais realista, a vazão de contribuição considerada para cada trecho foi a de uma descarga de um vaso sanitário, já que se trata de uma descarga momentânea, e não uma vazão pequena e constante. Para tal, considera-se uma válvula de descarga típica que proporciona a vazão média de 2,0 l/s, com um tempo de acionamento 6 segundos e um despejo de 12 litros. (SABESP, 2018)

Assim, dois cenários são considerados para a verificação das condições estabelecidas pela NBR 8649. Para a verificação da Inclinação Mínima e da tração trativa, que são inversamente proporcionais à lâmina d'água, considera-se um cenário de vazão mínima em que é dada apenas uma descarga por vez, considerando-se a vazão de 2 l/s em todos os trechos. Já para a verificação da velocidade máxima, inclinação máxima e lâmina d'água máxima, é simulado um cenário em que todos dão descarga no mesmo instante, de modo que a é adicionada uma vazão de 2 l/s nos nós a cada vez que estes recebem uma contribuição de alguma casa.

Já a taxa de contribuição linear por infiltração ( $T/l$ ) utilizada foi a de 0,05 l/(s.km) para todos os trechos, escolhida como sendo o menor valor do intervalo sugerido pela NBR 8649, e assumindo que, por se tratar de um tubo de PVC (impermeável) com junções bem instaladas, essa taxa de contribuição passaria a ser praticamente desprezível.

Assim, com base nesses parâmetros de projeto e aplicando os métodos de dimensionamento e verificações propostos pela NBR 8649, é feito o dimensionamento para cada um dos módulos aqui avaliados. O cálculo foi realizado por meio de uma planilha elaborada para se realizar os cálculos.

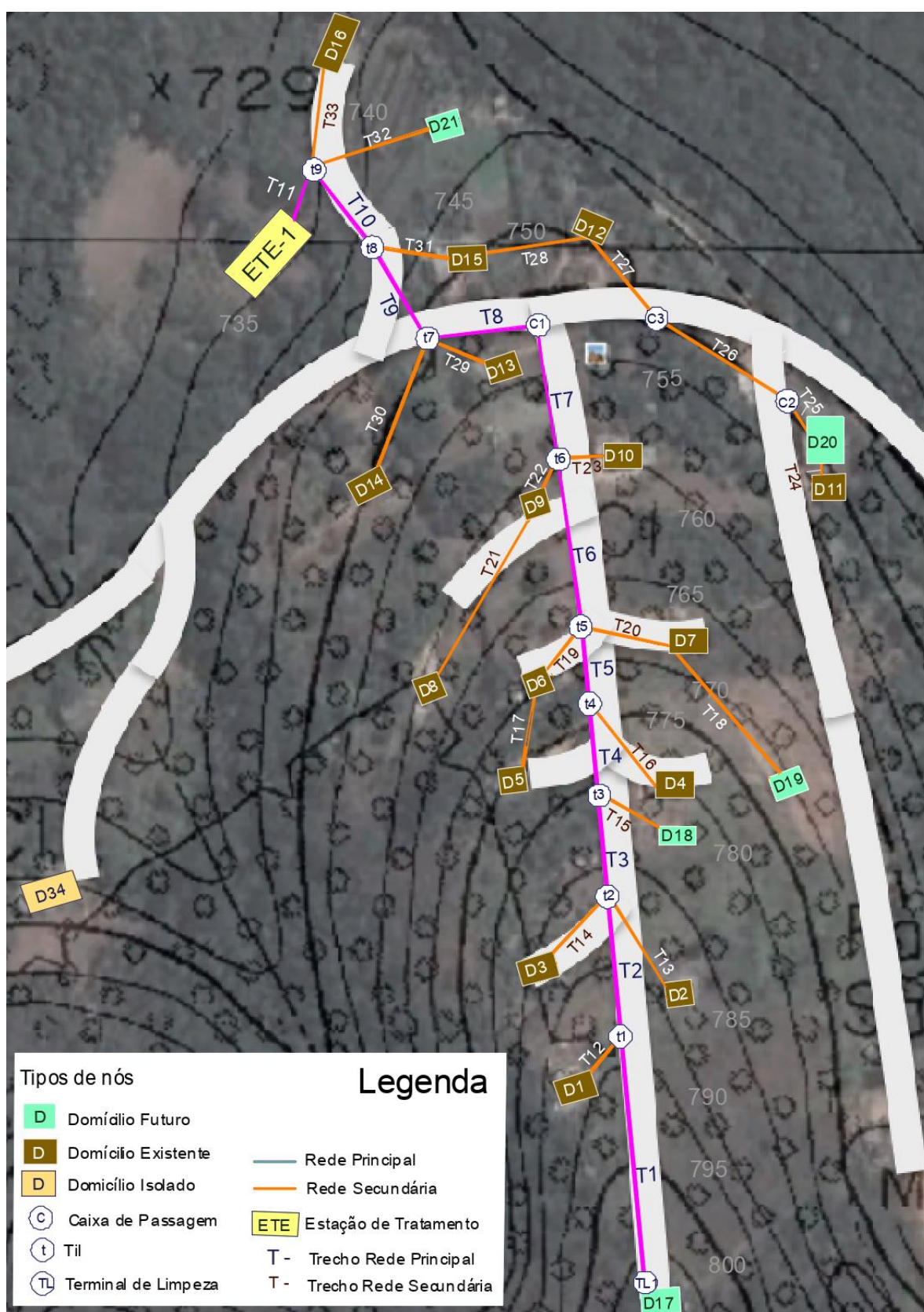
### 6.2.2.1 Rede coletora do Módulo 1

#### I) Traçado de Rede e Dimensionamento

Como citado no **item Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o traçado das redes e a divisão dos módulos foi feito de modo a minimizar a escavação, a quantidade de tubo utilizado e a facilitação do transporte do esgoto pela gravidade levando-se em conta a topografia natural e as condições especificadas pela norma. Deste modo, a **Figura 41**, apresenta o mapa e o traçado da rede de esgoto do módulo 1 com a topografia, que permite o levantamento das cotas aproximadas dos pontos de coletas, das CPs, Tils, TL e o dimensionamento da rede.

Já a tabela contendo os detalhes de cada trecho e nós, informando as cotas de escavação, diâmetro, e as verificações da norma da rede coletora do módulo 1 é apresentada no **Anexo IV**.

Figura 41 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 1



Fonte: os autores

## II) Orçamento

Para se fazer o orçamento, primeiramente é calculado a quantidade total em tubos de PVC que será necessária de cada diâmetro. Pela tabela do **Anexo IV**, é possível concluir que será necessário o total de 986 m de tubos de DN 100, 213 m de DN 150, 217 m de DN 200, e 23 m de DN 300. Adotando Custo Unitário Linear (FERRARI, J.C., 2009) de 180,56 (R\$/metro), tem-se:

**Tabela 36 - Orçamento da rede do módulo 1**

REDE / Módulo	Comprimento total (m)	Custo Unitário Linear (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)
<b>Módulo 1</b>	1439	180,56	259.825,84

Fonte: os autores

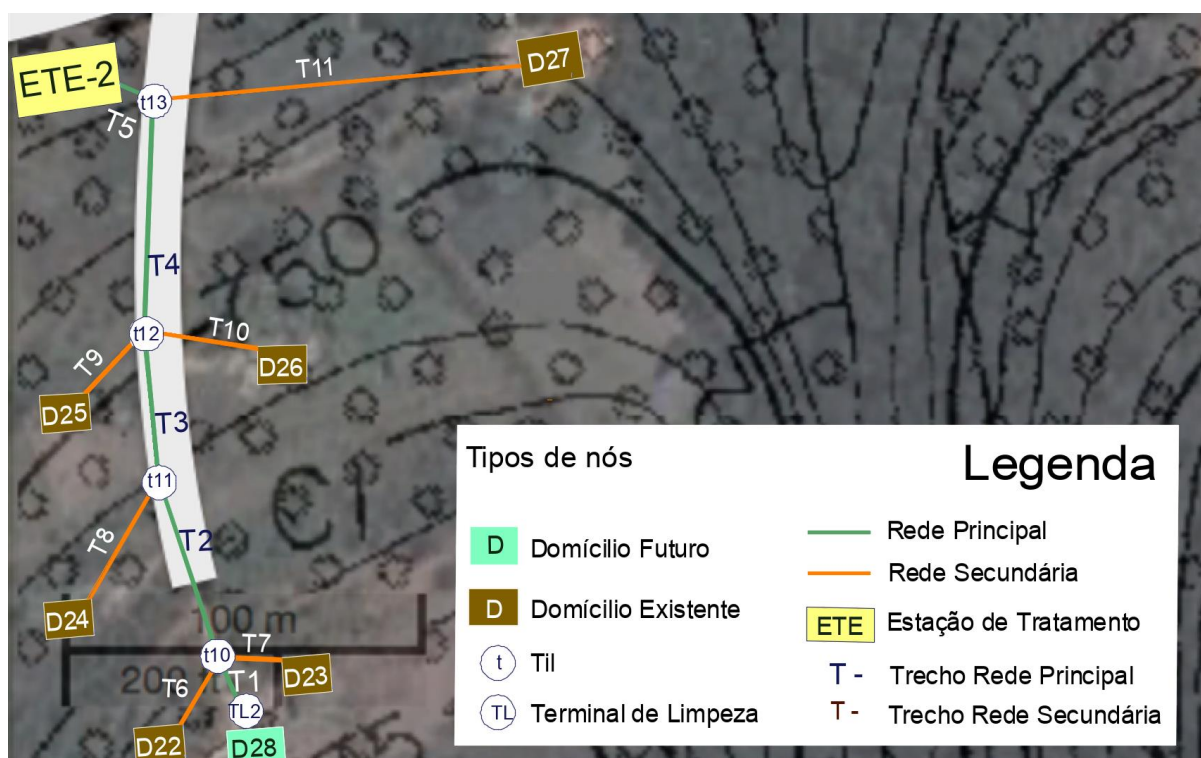
### 6.2.2.2 Rede coletora do Módulo 2

#### I) Traçado de Rede e Dimensionamento

A **Figura 42** apresenta o mapa e o traçado da rede de esgoto do módulo 2 com a topografia, que permite o levantamento das cotas aproximadas dos pontos de coletas, dos Tils, o TL e o dimensionamento da rede.

Já a tabela contendo os detalhes de cada trecho e nós, informando as cotas de escavação, diâmetro, e as verificações da norma da rede coletora do módulo 2 é apresentada no **Anexo V**.

Figura 42 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 2



Fonte: os autores

## II) Orçamento

Pela tabela do **Anexo V**, é possível concluir que será necessário o total de 554 m de tubos de DN 100. Adotando Custo Unitário Linear (FERRARI, J.C., 2009) de 180,56 (R\$/metro), tem-se:

Tabela 37 - Orçamento da rede do Módulo 2

REDE / Módulo	Comprimento total (m)	Custo Unitário Linear (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)
<b>Módulo 2</b>	554	180,56	98.275,97

Fonte: os autores



### 6.2.2.1 Rede coletora do Módulo 3

#### I) Traçado de Rede e Dimensionamento

A **Figura 45**, apresenta o mapa e o traçado da rede de esgoto do módulo 3 com a topografia, que permite o levantamento das cotas aproximadas dos pontos de coletas, dos Tils, o TL e o dimensionamento da rede.

Já a tabela contendo os detalhes de cada trecho e nós, informando as cotas de escavação, diâmetro, e as verificações da norma da rede coletora do módulo 3 é apresentada no **Anexo VI**.

**Figura 43 - Mapa da rede coletora de esgoto do módulo 3**



Fonte: os autores

## II) Orçamento

Pela tabela do **Anexo VI**, é possível concluir que será necessário o total de 300 m de tubos de DN 100 e 29 m de tubos DN 150. Adotando-se o Custo Unitário Linear (FERRARI, J.C., 2009) de 180,56 (R\$/metro), tem-se:

**Tabela 38 - Orçamento da rede do Módulo 3**

REDE / Módulo	Comprimento total (m)	Custo Unitário Linear (R\$/m)	CUSTO TOTAL (R\$)
<b>Módulo 2</b>	329	180,56	59.490,40

Fonte: os autores

### 6.2.3 Disposição final do efluente do sistema modular

#### I) Concepção e Dimensionamento

Para o sistema modular, opta-se pelas valas de infiltração, pois se a escolha fosse sumidouro, a profundidade demandada seria muito grande, o que elevaria os custos de implantação.

Para seu dimensionamento também será utilizada a NBR 13.969. Como previamente calculado, no **item 6.1.3**, a taxa máxima de aplicação diária é de 0,024 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia e a vazão será considerada igual à contribuição diária.

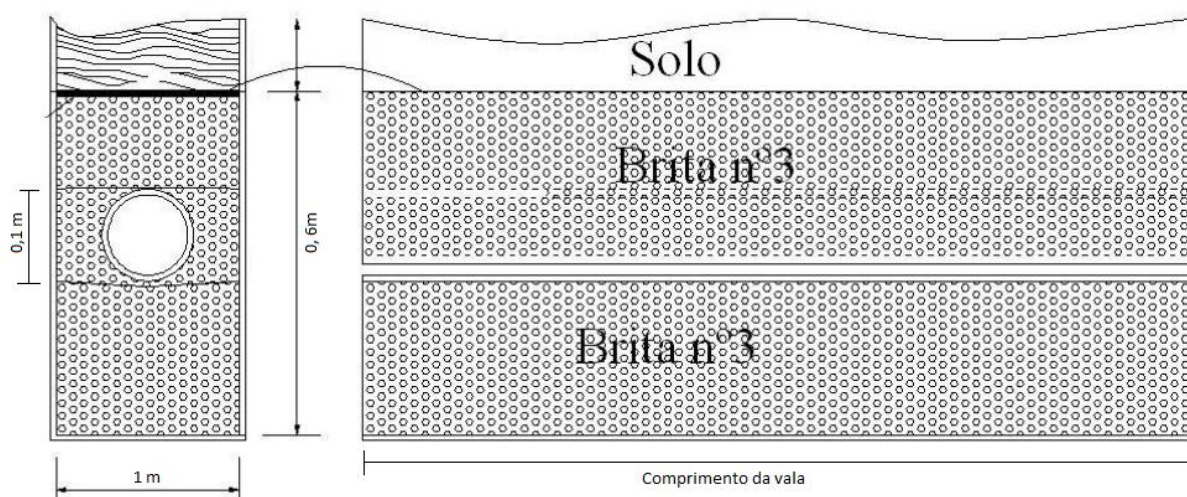
A norma estipula as dimensões máximas e mínimas. Será considerado 1 metro de largura e profundidade de 60 cm, para facilitar a construção e demandar menos escavação. Além disso, é prevista uma inclinação de 0,003 m/m.

A área de infiltração é o fundo da vala, obtido dividindo-se a vazão pela taxa de aplicação máxima. Feito isso, descobre o comprimento das valas, utilizando a largura adotada e, por fim, adota-se o número de valas, que deve ser no mínimo 2.

As valas serão preenchidas com brita 3, de forma que o cano é colocado no meio do conteúdo.



**Figura 44 - Vista superior e em corte da vala de infiltração**



Fonte: Curso Soluções de Tratamento de Esgoto para pequenas comunidades - ABES, ES

**Tabela 39 - Dimensões das valas de infiltração dos sistemas de tratamento modulares**

Vala de infiltração	Quantidade de pessoas	Vazão diária (m³/dia)	Área de infiltração (m²)	Comprimento Total (m)	Volume escavado Total (m³)	Número de valas	Comprimento de cada vala (m)	Volume de Brita por vala (m³)	Volume de Brita total (m³)
<b>Módulo 1</b>	84	25.2	1050	1050	630	52	20.2	12.0	621.8
<b>Módulo 2</b>	28	8.4	350	350	210	17	20.6	12.2	207.3
<b>Módulo 3</b>	20	6	250	250	150	12	20.8	12.3	148.0

Fonte: Os autores

## II) Orçamento

**Tabela 40 - Orçamentos Valas de Infiltração**

MÓDULO 1					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM	1050	m	10,03	10531,5	Tubos PVC
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR SEM FRETE	12	m³	47,24	566,88	Brita
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M	630	m³	12,60	7930	Serviço
VALA INFILTRAÇÃO MÓDULO 1				R\$ 19.036,38	
MÓDULO 2					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM	350	m	10,03	3510,5	Tubos PVC
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR SEM FRETE	12,2	m³	47,24	576,32	Brita
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M	210	m³	12,60	2646	Serviço
VALA INFILTRAÇÃO MÓDULO 2				R\$ 6.732,82	
MÓDULO 3					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM	250	m	10,03	2.507,5	Tubos PVC
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR SEM FRETE	12,3	m³	47,24	581,05	Brita
ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M	150	m³	12,60	1890	Serviço
VALA INFILTRAÇÃO MÓDULO 3				R\$ 4.978,55	

Fonte: os autores

### 6.3 Tratamento de águas cinzas dos sistemas

Para o dimensionamento das águas cinzas, propõe-se apenas sistemas individualizados, ou seja, um sistema para cada uma das casas do assentamento. Isso se deve à possibilidade de se dimensionar sistemas compactos e simplificados para essa fração do esgoto, como é explicitado a seguir.

## I) Concepção e Dimensionamento

Segundo Bergosso (2009), a água cinza normalmente contém baixos níveis de nutrientes quando comparada à água residuária comum proveniente de sistemas transportados por água. A **Tabela 41** ilustra as principais fontes dos componentes da água cinza.

**Tabela 41 - Principais fontes dos componentes da água cinza**

Componente	Fonte
<b>Nitrogênio</b>	Alimentos processados na cozinha
<b>Fósforo</b>	Detergentes e sabões contendo fosfato
<b>Matéria Orgânica</b>	Resíduos de alimentos, óleos e gorduras, resíduos corporais
<b>Matéria Inorgânica</b>	Produtos químicos e detergentes utilizados na limpeza
<b>Cloretos</b>	Dissolução de sais como o cloreto de sódio
<b>Óleos e graxas</b>	São os óleos e gorduras utilizados no preparo de alimento, resíduos presentes no corpo e nas roupas, oriundos da transpiração humana
<b>Enxofre</b>	Sabões, detergentes e decomposição da matéria orgânica
<b>Patógenos</b>	Limpeza das mãos após o uso do toalete, lavagem de roupas, alimentos contaminados com material fecal ou o próprio banho

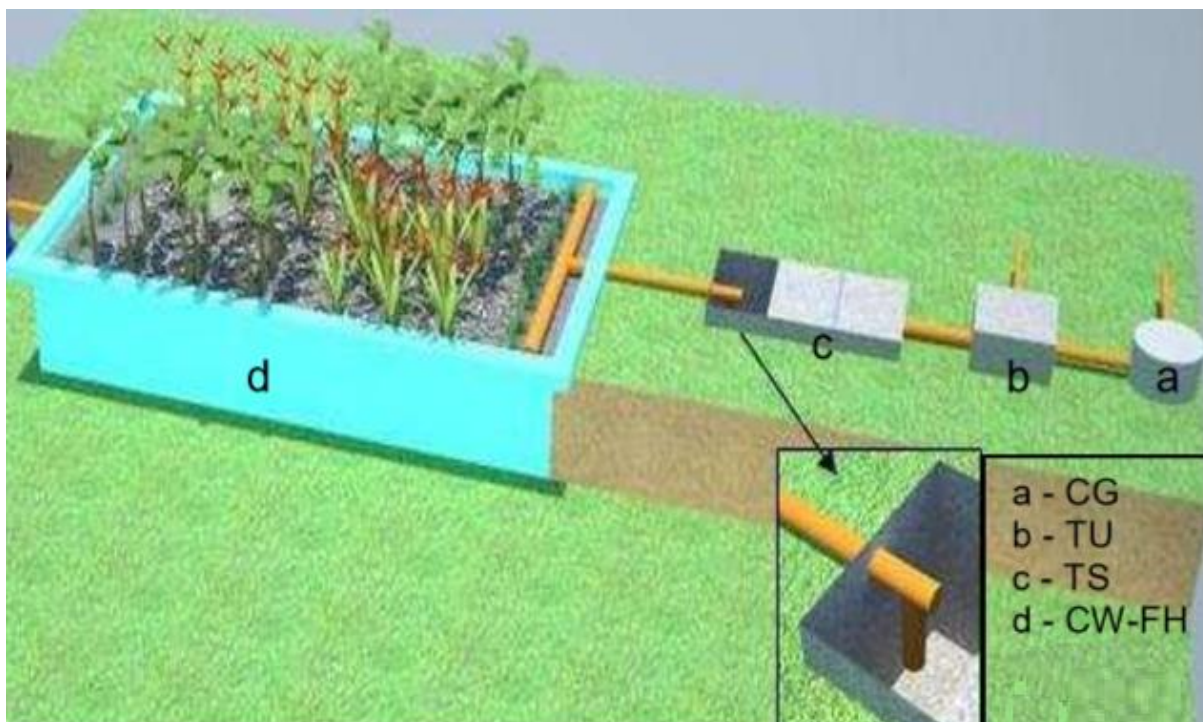
Fonte: Begosso (2009)

Sendo assim, o tratamento dessa fração do esgoto é simplificado. O dimensionamento de um sistema para tal fim deve considerar, além da carga de poluentes, a necessidade de remoção de partículas maiores, fibras e gorduras na fonte para evitar entupimento do encanamento e consequente emissão de maus odores. Ralos de pia de cozinha, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar e outros utensílios e aparelhos devem ser equipados com telas e filtros. Além disso, recomenda-se uso de equipamento que proporcione sedimentação desse material, como caixas de gordura (WINBLAD e SIMPSON-HÉBERT, 2004 *apud* BEGOSSO, 2009).

Paulo *et al.* propõem uma configuração de um sistema de tratamento de águas cinzas com os seguintes componentes: a) caixa de gordura estritamente para

a tubulação vinda da cozinha (CG); b) tanque de união (TU); c) tanque de sedimentação (TS) e d) *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal (CW-FH), como ilustra a **Figura 45**.

**Figura 45 - Esquema do sistema de tratamento de águas cinzas**



Fonte: adaptado de Begosso (2009)

Para a obtenção da área superficial (A) requerida *wetland* utiliza-se, novamente, a **equação (1)**:

$$(1) A = Q * \frac{\ln C_0 - \ln C_e}{(K_T * p * n)}$$

Na qual aplica-se os seguintes valores (adotados) para as variáveis:

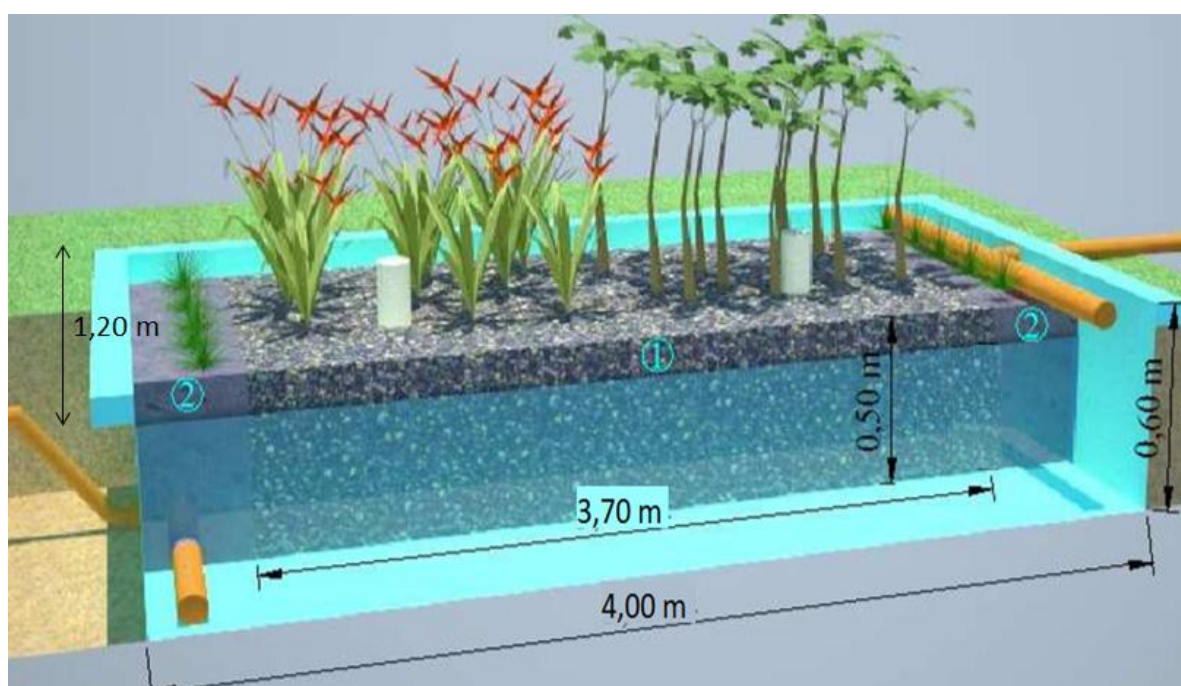
- $Q = Q_{\text{CINZA}} \times 4 \text{ (habitantes)} = 0,28 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;
- $C_0 = 500 \text{ mg/L}$ ;
- $C_e = 100 \text{ mg/L}$  (remoção de 80%);
- $p = 0,5 \text{ m}$ ;
- $n = 44\%$  (pedrisco);
- $K_T = 0,6 \text{ d}^{-1}$ .

Assim, obtém-se área superficial  $A = 3,41 \text{ m}^2$ .

## II) Projeto Construtivo

Adota-se, por adequação comercial,  $A = 4 \text{ m}^2$ . Utiliza-se uma caixa de fibra de vidro (dimensões 4,0 m x 1,2 m x 0,6 m) para sustentar a camada filtrante, com 0,5 m de espessura, e composta basicamente por pedrisco, e brita zero nas zonas de entrada e saída como ilustra a **Figura 46**. Assim como no estudo de Begosso (2009), as espécies selecionadas para o CW-FH foram *Heliconia psittacorum* L.F. (popularmente conhecida como heliconia ou andrômeda), *Cyperus isoclados* (popularmente conhecida como mini-papiro) e *Canna sp* (popularmente conhecida como Beri).

**Figura 46 - Dimensões do sistema de tratamento de águas cinzas. Camadas de substrato: pedrisco (1) e brita zero (2)**



Fonte: adaptado de Begosso (2009)

### III) Orçamento

**Tabela 42 - Orçamento Sistema para Águas Cinzas**

Insumos						
Item	Quant.	Medida	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total	Descrição
CAIXA D'AGUA FIBRA DE VIDRO PARA 2000 LITROS, COM TAMPA	1	-	UN	561,38	R\$ 561,38	Estrutura
CAIXA GORDURA DUPLA, CONCRETO PRE MOLDADO, CIRCULAR, COM TAMPA, D = 60* CM	1	-	UN	100,43	R\$ 100,43	Serviços auxiliares (CG)
PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	2	1	m <sup>3</sup>	60,32	R\$ 120,64	Meio suporte
JOELHO, PVC SERIE R, 45 GRAUS, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	4	-	UN	4,20	R\$ 16,80	Conexões
TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	12	1	m	6,53	R\$ 78,36	Tubulação
Composições						
CAIXA POLIETILENO 250 LITROS	1	-	UN		R\$ 126,06	Serviços auxiliares (TS)
CAIXA DE INSPEÇÃO COMERCIAL	1	-	UN		R\$ 199,00	Serviços auxiliares (TU)
TÊ ESGOTO	2	-	UN		R\$ 9,80	Conexões
<b>ALTERNATIVA TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS - PREÇO TOTAL POR FAMÍLIA</b>					<b>R\$ 1.212,47</b>	

Fonte: os autores

## 6.4 Tratamento do lodo gerado no assentamento

### I) Concepção e Dimensionamento

Para os sistemas modulares, uma opção é englobar um tratamento do lodo gerado no tanque séptico, de forma a dispensar o serviço do caminhão limpa fossa (e portanto o custo associado) e também reaproveitar o lodo gerado como adubo na agricultura. Este sistema está sendo avaliado como um complemento aos estudos, mas não está sendo englobado nas alternativas devido à dificuldade de se retirar o lodo anualmente do tanque séptico, processo que demanda um sistema de bombeamento, por vezes impossibilitando a operação do sistema. A norma que dispõe sobre alternativas de tratamento de lodo é a NBR

12209/1992. Neste trabalho escolheu-se o leito de secagem natural, por não demandar alto gasto de energia, ser de fácil construção e operação.

A área requerida será dada pela fórmula, dada por Mortara, 2011:

$$A = Q \cdot 365 / (T \cdot N)$$

- A= área específica requerida, m<sup>2</sup>
- Q= vazão de lodo produzida, m<sup>3</sup>/dia
- T= taxa de aplicação, kg SST/m<sup>2</sup>
- N = número de ciclos por ano

Primeiramente tomando-se a produção de lodo, será considerado 0,12m<sup>3</sup>/(hab·dia), já utilizado previamente neste trabalho. Quanto à taxa de aplicação, a norma dispõe o valor máximo de 15 kg SST/m<sup>2</sup>, por ciclo de operação, que serão 12 por ano, isto é, mensal, para se facilitar o controle de operação. Por fim, será considerada a densidade de 1 kg/m<sup>3</sup> do lodo, saindo do sistema.

Dessa forma tem-se: A = 0,24m<sup>2</sup>/hab

## II) Projeto Construtivo

Segundo a norma, o fundo deve ser impermeabilizado e inclinado na direção do coletor principal. Sobre ele, uma soleira drenante: uma camada de tijolo, abaixo uma camada de areia de 10 cm e mais abaixo uma camada de brita 3 e 4, com 20 cm e uma de brita 1 e 2, de 10 cm. Assim, totaliza-se uma camada de 40 cm de material, somando-se ao estipulado pela norma, de 0,6 m, tem-se paredes laterais de 1\_m de altura.

**Tabela 43 – Dimensões do leito de secagem**

Sistema de tratamento	Habitantes	Área da base (m <sup>2</sup> )	Dimensões (m)	Área útil da base (m <sup>2</sup> )
<b>Módulo 1</b>	64	15,36	4 x 4	16
<b>Módulo 2</b>	24	5,76	2 x 3	6
<b>Módulo 3</b>	20	9,6	2,5 x 4	10

Fonte: os autores



### III) Orçamento

**Tabela 44 - Resumo das dimensões dos leitos de secagem módulos**

Sistema de tratamento	Volume Areia (m³)	Volume Brita 3 e 4 (m³)	Volume Brita 1 e 2 (m³)	Área paredes (m²)	Área Base
<b>Módulo 1</b>	1,6	3,2	1,6	16	16
<b>Módulo 2</b>	0,6	1,2	0,6	10	6
<b>Módulo 3</b>	1,0	1,0	1,0	13	10

Fonte: os autores

**Tabela 45 - Orçamento Leito de Secagem**

MÓDULO 1					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	10	kg	0,40	4	Cimento
IMPERMEABILIZANTE A BASE DE CIMENTO CRISTALIZANTE EM PO	2	kg	5,14	10,28	Impermeabilizante
TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	930	UNIDADE	0,29	269,7	Tijolos
AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR	2,15	m³	60	129	Areia
PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	2,16	m³	47,23	102	Brita
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	4,32	m³	47,24	204	Brita
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	14	h	23,08	323,12	Mão de obra
SERVENTE DE OBRAS	14	h	14,54	203,56	Mão de obra
LEITO DE SECAGEM MÓDULO1				R\$ 1.245,66	
MÓDULO 2					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	4	kg	0,40	1,6	Cimento
IMPERMEABILIZANTE A BASE DE CIMENTO CRISTALIZANTE EM PO	1	kg	5,14	5,14	Impermeabilizante
TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	500	UNIDADE	0,29	145	Tijolos
AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR	0,7	m³	60	42	Areia



PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	0,7	m³	47,23	33,07	Brita
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	1,4	m³	47,24	66,13	Brita
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	8	h	23,08	184,64	Mão de obra
SERVENTE DE OBRAS	8	h	14,54	116,32	Mão de obra
LEITO DE SECAGEM MÓDULO 2				R\$ 594,07	
MÓDULO 3					
Item	Quant.	Unidade	Preço Unitário (SINAPI) - R\$	Preço Total - SINAPI - R\$	Descrição
CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	3	kg	0,40	1,2	Cimento
IMPERMEABILIZANTE A BASE DE CIMENTO CRISTALIZANTE EM PO	1	kg	5,14	5,14	Impermeabilizante
TIJOLO CERAMICO MACICO *5 X 10 X 20* CM	600	UNIDADE	0,29	174	Tijolos
AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR	0,6	m³	60	36	Areia
PEDRA BRITADA N. 2 (19 A 38 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	0,6	m³	47,23	28,33	Brita
PEDRA BRITADA N. 3 (38 A 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR	1,2	m³	47,24	56,7	Brita
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	8	h	23,08	184,64	Mão de obra
SERVENTE DE OBRAS	8	h	14,54	116,32	Mão de obra
LEITO DE SECAGEM MÓDULO 3				R\$ 665,70	

Fonte: os autores

## 7 ESCOLHA DA SOLUÇÃO PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO

### 7.1 Matriz de decisão

Para auxiliar o processo de tomada de decisão, refinando-o e tornando-o objetivo, foi utilizada uma matriz de decisão. Para tal, foram escolhidos os critérios e estabelecidos pesos de 1 a 5 para eles, sendo 1 de menor importância e 5 de máxima importância. Em seguida, para cada alternativa foram atribuídas notas para cada critério, obtendo-se assim, a pontuação de cada uma.

**Tabela 46 - Critérios escolhidos, justificativas e respectivos pesos**

<b>Critério</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Peso</b>
Custo de implantação	Dada as dificuldades econômicas enfrentadas no assentamento, custos elevados de implantação inviabilizaram a alternativa.	4
Custo de operação e manutenção	Similarmente ao critério acima, um custo elevado de operação inviabilizaria o sistema no longo prazo.	5
Dificuldade técnica da manutenção e operação	Dada a baixa escolaridade da população em questão, a operação e manutenção do sistema não pode ser de caráter muito técnico ou de difícil apreensão, tampouco pode demandar uma carga elevada de trabalho, fatores que levariam a um desleixo com a manutenção e consequente deterioração do sistema.	4
Aceitação Cultural	Se a população referida não aceitar a alternativa, não haverá apropriação dela, e portanto, não haverá esforço para cuidar de sua operação e para entender seu funcionamento.	2
Eficiência na Remoção de Poluentes	É objetivado que a alternativa em questão promova a salubridade do meio e a saúde da população. Por isso, é fundamental que tenha boa remoção de patógenos e nutrientes (poluentes em geral), de forma que o efluente final não seja um risco quando liberado no meio.	5
Economia de água e energia	Também face as dificuldades econômicas e sociais vividas, a economia de recursos hídricos e energéticos representa um aspecto importante para ser considerado, uma vez que acarretaria melhor qualidade de vida.	3
Possibilidade de aproveitamento do efluente final	Na lógica do saneamento ecológico, é interessante que o efluente final da solução em questão apresente algum grau aproveitamento. No contexto rural, pode ser utilizado como fertilizante nos cultivos, a depender da presença de	1
Formalização acadêmica e confiabilidade das informações	Em se tratando de soluções alternativas de esgoto, que não são ainda tão pesquisadas quanto as convencionais, percebe-se que há uma limitação na disponibilidade de fontes acadêmicas de informação, o que prejudica a confiabilidade das informações sobre dimensionamento e eficiência, podendo gerar a erros na concepção e funcionamento. Além disso, essa disponibilidade também diz respeito à existência de normas, que também contribuem para	3

Fonte: os autores

Feito isso, cada alternativa foi classificada de acordo com o desempenho em cada critério, anotando-se as pontuações respectivas. Multiplicando tais pontuações pelos pesos dos critérios, foram obtidas as notas totais para cada alternativa. Os resultados são trazidos pela **Tabela 45**.

**Tabela 47 - Critérios e respectivas pontuações**

Critérios	Pontuação	
Custo de implantação	1	alto
	3	médio
	5	baixo
Custo de operação e manutenção	1	alto
	3	médio
	5	baixo
Dificuldade técnica da manutenção e operação	1	difícil
	3	média
	5	fácil
Aceitação Cultural	1	baixa
	3	média
	5	alta
Eficiência na Remoção de Poluentes	1	baixa
	3	média
	5	alta
Economia de água e energia	1	baixa
	3	média
	5	alta
Possibilidade de aproveitamento do efluente final	1	baixa
	3	média
	5	alta
Formalização acadêmica e confiabilidade das informações	1	baixa
	3	média
	5	alta

Fonte: os autores

Feito isso, cada alternativa foi classificada de acordo com o desempenho em cada critério, anotando-se as pontuações respectivas. Multiplicando tais pontuações pelos pesos dos critérios, foram obtidas as notas totais para cada alternativa. Os resultados são trazidos pela Tabela 46.

**Tabela 48 - Matriz de Decisão final**

Soluções		Custo de implantação	Custo de operação e manutenção	Dificuldade de manutenção e operação	Aceitação Cultural	Eficiência na Remoção de Poluentes	Economia de água e energia	Possibilidade de aproveitamento do efluente final	Formalização acadêmica e confiabilidade das informações	Pontuação Final
Pesos		4	5	4	2	5	3	1	3	
Individuais	Banheiro Seco	5	5	1	1	1	5	3	1	74
	Tanque Séptico e Filtro	3	1	5	5	5	3	1	3	84
Modular	Tanque Séptico e Wetland	1	3	3	3	5	3	3	3	71

Fonte: os autores

Na Matriz de Decisão observa-se que a alternativa com a melhor pontuação foi o sistema individual composto por tanque séptico e filtro. Os principais motivos para isso são destacados a seguir:

- a) Apesar de ser uma opção extremamente barata, o banheiro seco tem baixíssima aceitação cultural e pouca confiabilidade no tratamento por falta de validação científica;
- b) A rede de coleta de esgoto dos sistemas modulares encarece o projeto quase a ponto de inviabilizá-lo para as condições estudadas (ver **Tabela 49**) Tabela 49 - Comparação de Custos Totais. Isso deve-se tanto às características geomorfológicas do local quanto à distribuição espacial das casas, que não favorece agrupamentos;
- c) O sistema individualizado de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio destaca-se por ser consolidado e normatizado, trazendo grande confiabilidade, além de se adaptar bem às características citadas acima.

**Tabela 49 - Comparação de Custos Totais**

Soluções	Concepção	Tratamento de Esgoto (R\$)	Disposição efluente líquido final (R\$)	Tratamento Águas Cinzas (R\$)	Rede Coletora (R\$)	Total da alternativa (R\$)	Total para o Assentamento (R\$)
Banheiro Seco	Por família	390,19	-	1.212,47	-	1.602,66	54.490,44
Tanque Séptico e	Por família	1.698,88	723,48	1.212,47	-	3.634,83	123.584,22
Tanque Séptico e Wetland	Módulo 1	8.082,32	19.036,38	25461,87	259.825,84	312.406,41	490.949,47
	Módulo 2	2.767,42	6.732,82	8487,29	66.275,92	84.263,45	
	Módulo 3	2.517,91	4.978,55	6062,35	80.711,80	94.270,61	

Fonte: os autores

## 8 CONCLUSÃO

A localidade estudada neste presente trabalho insere-se no periurbano, que, como visto, é um território heterogêneo de transição entre o meio urbano e o meio rural, dotado de características de ambos e sujeito à disputa de interesses econômicos e políticos. Em consequência, a população de baixa renda que nele reside está sujeita ao agravamento de alguns problemas sociais, dentre eles a escassez de serviços públicos, como o saneamento básico. Este problema é impulsionado quando a população em questão busca manter o modo de reprodução de vida agrário.

No cenário atual do país, não há perspectiva de resolução desta demanda, que exige grande dispêndio de energia, recursos, corpo especializado. Tem-se, portanto, a necessidade de uma solução alternativa de saneamento básico descentralizado, que atenda às condições da população beneficiada e que garanta a preservação do meio, posto que o periurbano é ecologicamente primordial em termos de serviços ecossistêmicos. Neste escopo é importante se pensar em uma solução técnica, econômica e culturalmente adequada às especificidades locais, também sondadas neste presente trabalho.

Foram estudadas as possíveis alternativas e elencadas as pontuações de cada uma para os critérios estabelecidos, obtendo-se como a melhor alternativa a solução individual de tanque séptico seguido de filtro. Cabe ressaltar que os estudos aqui desenvolvidos inserem-se no escopo de um trabalho de conclusão de graduação, tendo encontrado uma série de limitações, como: o ensaio de permeabilidade da norma que não pôde ser realizado, a escala da topografia não foi a mais adequada e o estudo do nível do lençol freático nos possíveis locais de construção dos tanques modulares não foi possível, tendo sido feito apenas nos poços. Essas limitações impõem que, em caso da real construção do sistema, alguns estudos mais aprofundados sejam feitos para suprir tais recomendações, como um mapeamento mais detalhado do aquífero para aferir sobre os níveis do lençol freático, uma análise dos parâmetros do efluente final gerado pelos sistemas, para verificar se estão em conformidade com os parâmetros impostos pela legislação para infiltração, dentre outros estudos para embasar melhor o trabalho, diminuindo os riscos associados à alternativa.

A aplicação da solução mostra-se vantajosa pois garante uma boa remoção de patógenos e outros poluentes, o que promove a preservação do meio e a saúde local. Além disso, é de fácil implantação, envolvendo materiais de acesso fácil e métodos construtivos dominados pelos próprios assentados, o que poderia representar uma economia na mão-de-obra, ainda que essa tenha sido computada no orçamento. Quanto à dificuldade de operação e manutenção, envolve conhecimentos técnicos que os assentados detêm, de forma que eles podem se apoderar da tecnologia em questão e realizar a manutenção dos próprios sistemas.

Como desvantagem podemos citar o alto custo dessa manutenção, uma vez que demanda o serviço do caminhão limpa-fossa de forma individualizada em cada casa, o que representa um custo elevado. Também pode-se citar que tal alternativa enfrenta uma confiabilidade pequena das informações, quando comparada a outras soluções já conceituadas.

Evidencia-se portanto que o saneamento ecológico tem um grande potencial de pesquisas para serem desenvolvidas dentro da academia, gerando maior aprofundamento e difusão de conhecimento sobre tais sistemas, permitindo cada vez mais o aperfeiçoamento dos projetos, a eficiência de remoção dos poluentes e a redução dos custos. Assim, aumenta-se o potencial de aplicabilidade da tecnologia, e, portanto, todas as consequências positivas promovidas pela chegada do saneamento básico a comunidades anteriormente excluídas dele.

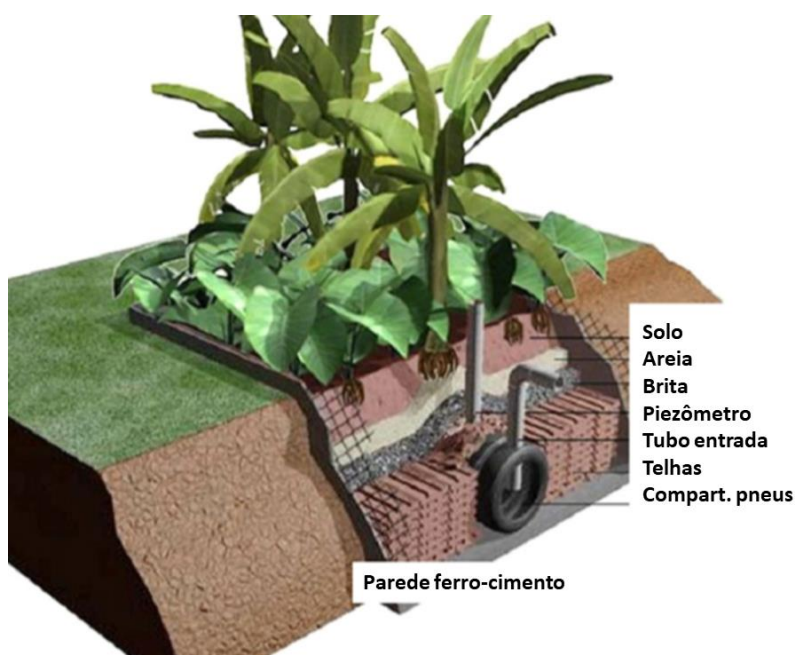
## **8.1 Análise do resultado e recomendações**

Apesar da conclusão da inviabilidade do sistema modular, é importante ressaltar que as particularidades do caso estudado – casas largamente espaçadas; terreno acidentado – foram determinantes para tal, visto que acarretam em maior necessidade de redes coletoras e, conseqüentemente, encarecimento do sistema como um todo. Entretanto, nota-se que uma análise cuidadosa de cada realidade pode apontar para a viabilidade de sistemas descentralizados para aglomerados populacionais.

Nesse sentido, destaca-se o aumento do uso de tecnologias otimizadas para comunidades isoladas que consideram a segregação das frações cinza e negra das águas residuárias. No entanto, a literatura desse tipo de tecnologia é escassa. O

trabalho de Paulo *et al.* (2013) é um dos poucos conduzidos, e apresenta resultados promissores. Especialmente o tanque de evapotranspiração (TEvap), considerado um sistema dois em um, por unir a tecnologia filtrante dos alagados construídos ao tratamento por câmara anaeróbica, que permite que os sólidos assentem e sejam parcialmente digeridos, evitando colmatção do material filtrante. Além disso, o sistema é desenhado para que não haja produção de efluente, uma considerável vantagem. A **Figura 47** ilustra o esquema do TEvap.

**Figura 47 - Vista em corte do tanque de evapotranspiração (TEvap)**



Fonte: Paulo *et al.* (2013)

No âmbito do presente estudo de caso, optou-se por projetar tecnologias consolidadas ou com base de dados suficiente. Todavia, aponta-se para importância de estudos posteriores que gerem um acompanhamento de longo prazo de sistemas como o citado acima, que apresentam grandes oportunidades para o tratamento de esgoto *on site*.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AB'SÁBER, A. N. **A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios.** In: MORELLATO, L. P. C. (Org.). História Natural da Serra do Japi. Campinas, Ed. UNICAMP, 1992. p. 12-23.

ALMEIDA, F.F.M de. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista.** São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1964.

ANDRADE, D.C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano.** Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 155, fev. 2009.

ANDREOLI, C.V. (coordenador). **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final.** PROSAB 5 – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 388 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266:** Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e Documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649:** Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

BEGOSSO, L. **Determinação de parâmetros de projeto e critérios para dimensionamento e configuração de wetlands construídos para o tratamento de água cinza.** Campo Grande, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil. 2009.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei Nº 4.150**, 21 de novembro de 1962.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Nº 9.433**, 08 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional Do Meio Ambiente.** Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 10** de 14 de dezembro de 1988.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 237** de 19 de dezembro de 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357** de 17 de março de 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 387** de 27 de dezembro de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 430** de 13 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação. **Lei No 9.985**, 18 de julho de 2000.

CAJAMAR, Prefeitura do Município. **Plano Diretor do Município de Cajamar**, Lei Complementar Nº 95, 19 de dezembro de 2007.

CHAVES, V. T. **Saneamento ecológico**: um novo paradigma tecnológico para a universalização do saneamento. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2017.

CHAVES, V. T.; CONTRERA, R. C. **Saneamento Ecológico – Análise de viabilidade técnica e reflexões teórico-conceituais**. XIV Semana da Engenharia Ambiental. São Carlos, 2017.

CHERNICHARO, C. A. L. **Biological Wastewater Treatment Series**, Volume Four – Anaerobic Reactors. IWA Publishing, Londres, Inglaterra, 2007.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. **Saneamento rural no Brasil**: impacto da fossa séptica biodigestora. Eng Sanit Ambient, Edição Especial, 2014, p. 51-60.

CRUZ, L. M. **Tanque séptico seguido de filtro de areia para tratamento de esgoto doméstico**. Unicamp, Campinas, 2013. 180p.

CUNHA, K. F. **Caracterização e monitoramento do consumo de de água de habitações de interesse social**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. 93 p.

DUPOLDT, Carl; ISAACS, Barry; MURPHY, Timothy; SAYERS, Melanie; SUFFIAN, Fred; TAKITA, Charles; WEBSTER, Harold. **A Handbook of Constructed Wetlands**. A guide to creating wetlands for: Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater. Vol. 1. USA, 2000.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Árvore do Conhecimento**: Solos Tropicais, Distrito Federal, Brasil. S.d.

FERNANDES, Mariana. **A Condutividade hidráulica não-saturada de um solo arenoso**: aplicação de infiltrômetro de disco. USP, São Carlos, 2011.

FERREIRA, Sheila Cristhina da Rocha; BORBA, Aliny Lucia Borges; ANDRADE, Helisson Henrique Borsato; KAICK, Tamara Simone van. **Levantamento de**

**pesquisas desenvolvidas com wetlands subsuperficial de fluxo vertical no Brasil para verificar as possibilidades de padronização do sistema.** 1º Simpósio Brasileiro sobre Aplicação de Wetlands Construídos no Tratamento de Águas Residuárias. Florianópolis, 2013.

FIXEL, A.T.V. **Áreas contaminadas no contexto urbano e jurídico-ambiental brasileiro.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. 189 p.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS (FORPROEX). **Política Nacional de Extensão Universitária.** Porto Alegre: UFRGS/Pró-Reitoria de Extensão, 2012.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

HAQ, G.; CAMBRIDGE, H. **Exploiting the co-benefits of ecological sanitation.** Current Opinion in Environmental Sustainability 4, p. 431-435, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 1940-2010.**

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São paulo, SP). **IGC - Cartas Topográficas 1:10.000.** São Paulo, 2014. 1 folha planialtimétrica. Escala 1:10.000.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo/Mara Akie** – São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2008.

JENKINS, J. *The Humanure Handbook.* 2nd ed. Grove City, USA, 1999, 308 p.

JESUS, N. **Inter-relação Entre Geologia/Relevo/Solo/Vegetação E Atuação Dos Processos Morfodinâmicos Da Unidade De Paisagem Serra Do Japi:** Uma Contribuição À Conservação, UNESP, 2004.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948. 479p

KUJAWA-ROELEVELD, K. *et al.*, 2005. **Performance of UASB septic tank for treatment of concentrated black water within DESAR concept.** Water Sci. Technol. 52, 307–313.

LANGERGRABER, G.; MUELLEGGGER, E. **Ecological sanitation – A way to solve global sanitation problems?.** Environment International 31, p. 433 – 444. 2005.

LEITE, J.R. **Corredores ecológicos na Reserva de Biosfera do Cinturão Verde de São Paulo.** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LOVO, I. Santandreu, A. **Panorama da Agricultura Urbana e Periurbana no Brasil.** Belo Horizonte, MDS, 2007.

MADRI, L. et al. **Metodologia de Desenvolvimento Eco-Sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado**. REMOA - v.14, n.1, jan.-abr. 2015, p.101-105

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management**: Applicability in developing countries. Journal of Environmental Management. Vol. 90, p. 652–659. 2009.

MENDONÇA, A. A. J. **Avaliação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por tanque séptico e wetland construída híbrida**. Universidade de São Paulo (FSP). São Paulo. 2015. p. 120-121

METCALF & EDDY, INC. **WASTEWATER engineering: treatment, disposal, and reuse**. 3rd ed. New York, NJ: McGraw-Hill, 1991.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. **Ecosystem and human well-being**: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.

MITSCH, William J.; GOSSELINK, James G.. **Wetlands**. 3rd ed. New York, US: J. Wiley, 2000.

Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. 1992. **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Editora da Unicamp, Campinas.

MORTARA, Fernando. **Utilização de Leitos de Secagem no desaguamento de filtros anaeróbios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

PAULO, P.L.; BEGOSSO, L.; PANSONATO, N.; SHRESTHA, R.R; BONCZ, M.Á., 2009. **Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater**. Water sci. Technol. 60, 2001-2007.

PAULO, P.L *et al.* **Ecological Engineering**. Ed 50. (2013) p. 95–100.

PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. **Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 020-036, jan./mar. 2010

PHILIPPI, Luiz Sérgio. SEZERINO, Pablo Heleno. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: Utilização de Filtros Plantados com Mácrófitas**. Florianópolis, ed. do Autor, 2004. p.144

PIVELI, R. P. **Fascículos de Qualidade da Água**. Universidade de São Paulo. São Paulo. [s.d.]

POMPEU, L. P.; CHAVES, V. T. **A prática da extensão universitária e a ressignificação da engenharia – Lições aprendidas com a atuação do Escritório Piloto junto a movimentos sociais.** XIII Seminário Internacional PROCOAS. São Paulo, 2017

PULZ, E. **Tabelas para dimensionamento. Sugestões para o traçado de ramais.** Apostila de esgoto sanitário. FATEC, São Paulo, 2011.

RICHARDS, S. et al. **Septik tank discharges as multi-pollutant hotspots in catchments.** Science of the Total Environment 542, 2016. p. 854-863

ROSA, C. D.; BASSANI, L. **Projeto e dimensionamento de um sistema Wetlands Construído (WC) em residência unifamiliar no município de Chapecó – SC e comparativo de custos com as lagoas de estabilização.** Universidade Federal da Fronteira Sul: Santa Catarina, 2014.

SABESP. **Caderno de Normas Técnicas para Projeto dos Sistemas de Água e Esgotos para Loteamentos predominantemente Residenciais na Área da IM.** Sabesp, Botucatu, 2000.

SÃO PAULO (Estado), **Decreto nº 8.468**, de 08 de setembro de 1976.

SÃO PAULO (Estado), Lei nº 4.055. **Área de proteção ambiental e região urbana e rural do Município de Cajamar**, de 04 de junho de 1984.

SÃO PAULO (Estado). Sabesp: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Dicas de economia no apartamento**, (s.d). Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=600>> Acesso em: 19 jun. 2018

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Datageo:** Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo - IDEIA-SP. São Paulo, 2017.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo.** Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p.

SILVA, L. S. **A cidade e a floresta:** o impacto da expansão urbana sobre áreas vegetadas na RMSP. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015.** Brasília, 2017. 212p.

SOUZA, Marcelo Lopes. **Urbanização e desenvolvimento no Brasil atual.** São Paulo: Ática. 87p. 1996.

TANAKA, G. E. et al. **Soluções de tratamento de esgoto na Comuna da Terra Irmã Alberta.** São Paulo: USP, 2014. 213 p.

TSUTIYA e SOBRINHO. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Univ. da São Paulo, 2000. 93 p.

UCKER et al. **Componentes do Sistema de Tratamento de Esgoto com Plantas**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas. Revista Monografias Ambientais - REMOA. V. 14, N. 1. Edição Especial Fevereiro, p. 2974 - 298. UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2014.

Van GENUCHTEN, M.T.. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento dos Esgoto**. Vol.1. Belo Horizonte, UFMG, 1995.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 240 p. 1995.

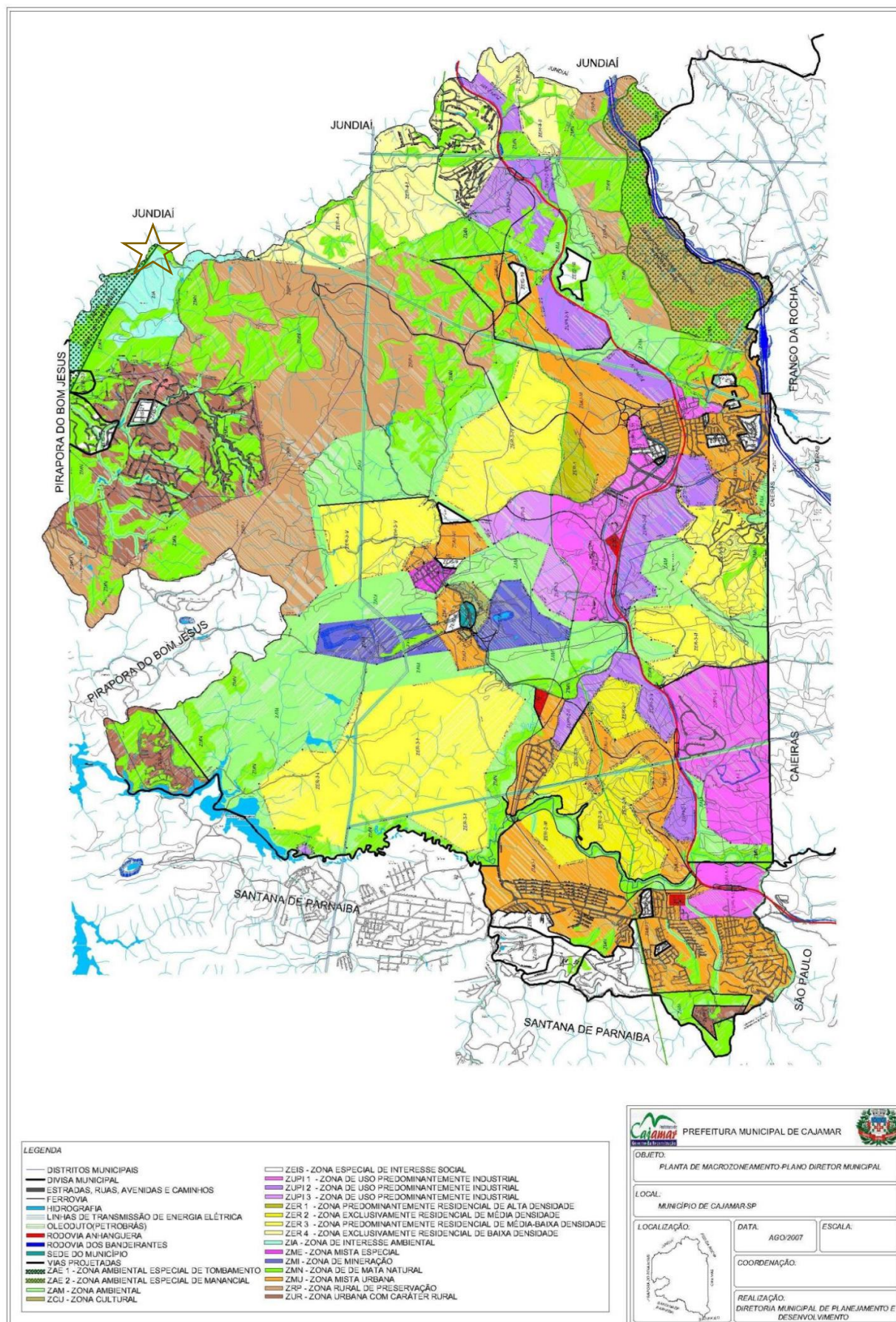
WALLACE & KNIGHT. **Small-scale constructed wetland treatment systems: Feasibility, Design criteria, and O&M requirements**. Water Environment Research Foundation (WERF): Alexandria, Virginia. 2006.

WERNER, C. et al. **Ecological sanitation**: Principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. Desalination 248, p. 392-401, 2009.

WINBLAD, U; SIMPSON-HEBERT, M. **Ecological Sanitation — Revised and Enlarged Edition**. Stockholm Environment Institute; 2004.

## 10 ANEXOS

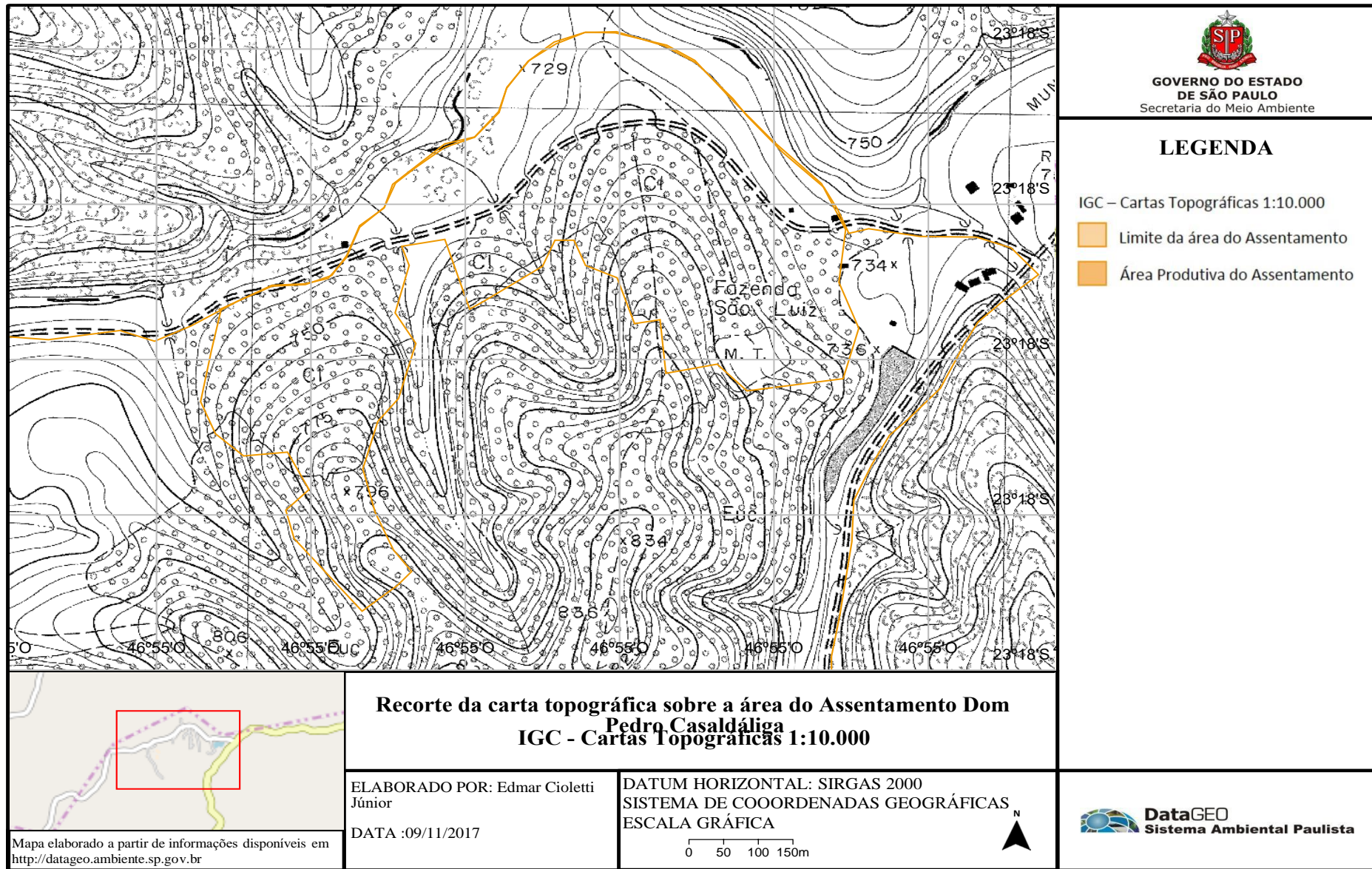
# Anexo I - Mapa do Macrozoneamento do Plano Diretor Municipal de Cajamar - SP.



Obs: A estrela no mapa acima representa a localização do assentamento no Município de Cajamar.



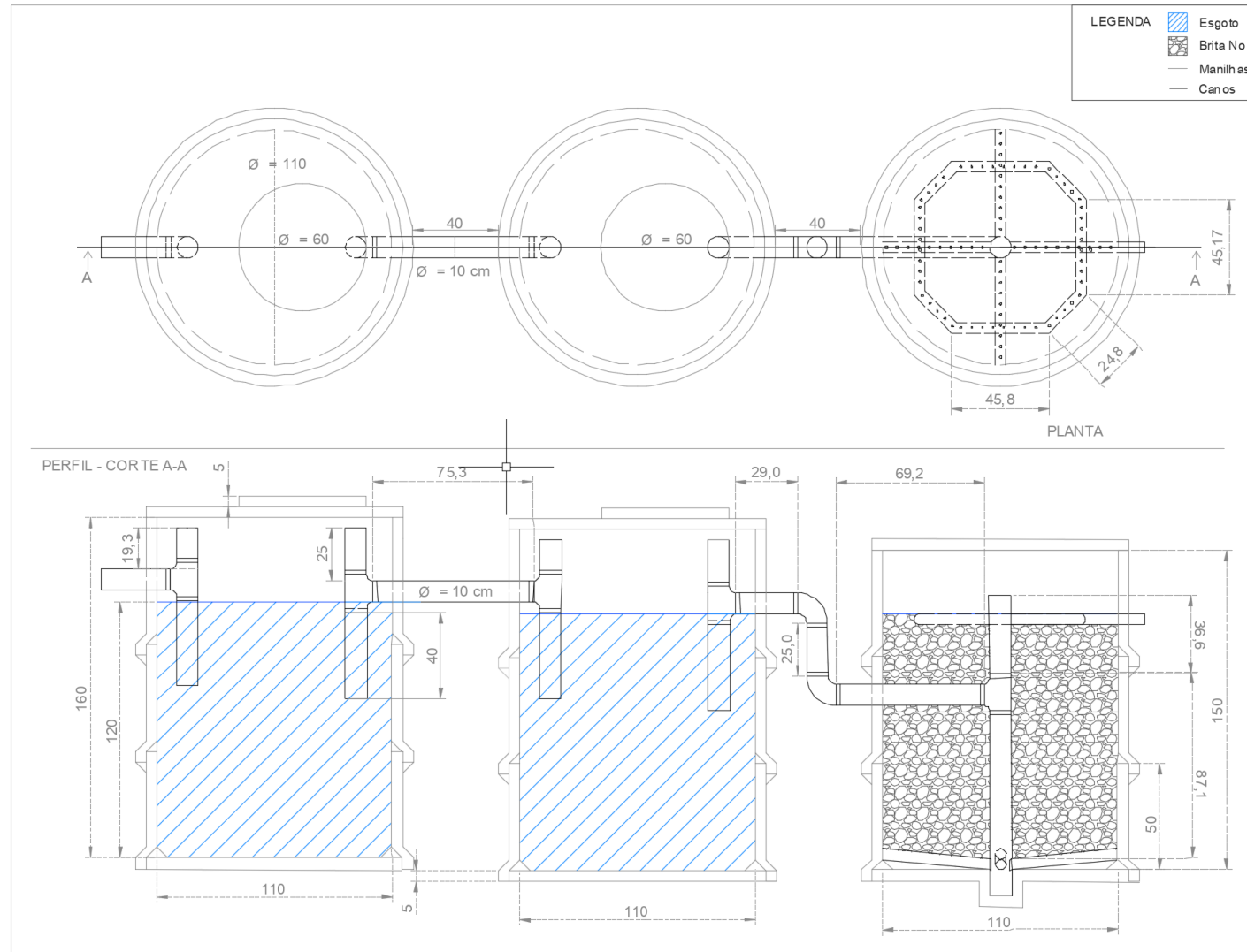
## Anexo II - Recorte da carta topográfica da área do Assentamento Dom Pedro Casaldáliga





### Anexo III - Desenho técnico do sistema da Alternativa 2: Fossa-Filtro Individual

#### ALTERNATIVA ESCOLHIDA - FOSSA-FILTRO (INDIVIDUAL) - PLANTA E PERFIL (CORTE A-A)



Anexo IV - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 1

<b>PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO      SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS</b> <b>REDE DE COLETA DE ESGOTO - ALTERNATIVA 3 - MÓDULO 1</b>															
	PVm - PVj (Trecho)	Extensão ( m )	Taxa de Contr. Lin. ( l / s km )	Contr. do Trecho ( l / s )	Vazão a Montante ( l / s )	Vazão a Jusante ( l / s )	Diâmetro ( mm )	Declividade ( m/m )	Cota do Terreno ( m )	Cota do Coletor ( m )	Prof. do Coletor ( m )	Lâmina Líquida ( Y/D )	Vi ( m/s )	Tensão Trativa ( Pa )	Vc ( m/s )
			Inicial	Inicial	Inicial	Inicial			Inicial	Inicial	Inicial	Inicial	Vf ( m/s )		
			Final	Final	Final	Final			Final	Final	Final	Final			
T1	TL1	105,37	0,050	0,005	2,000	2,005	100	0,129	807,000	806,350	0,650	0,22	1,55	17,06	2,16
	t1		0,05	0,005	2,000	2,005			793,405	792,755	0,650	0,22	1,55		
T2	t1	60,58	0,05	0,003	4,000	4,003	100	0,118	793,405	792,755	0,650	0,32	1,83	21,47	2,53
	t2		0,05	0,003	4,000	4,003			786,233	785,583	0,650	0,32	1,83		
T3	t2	42,40	0,05	0,002	8,000	8,002	100	0,147	786,233	785,583	0,650	0,44	2,39	33,86	2,85
	t3		0,05	0,002	8,000	8,002			780,000	779,350	0,650	0,44	2,39		
T4	t3	36,93	0,05	0,002	10,000	10,002	100	0,187	780,000	779,350	0,650	0,47	2,76	44,73	2,91
	t4		0,05	0,002	10,000	10,002			773,112	772,462	0,650	0,47	2,76		
T5	t4	31,93	0,05	0,002	12,000	12,002	100	0,184	773,112	772,462	0,650	0,52	2,88	47,30	3,02
	t5		0,05	0,002	12,000	12,002			767,250	766,600	0,650	0,52	2,88		
T6	t5	70,30	0,05	0,004	20,000	20,004	200	0,113	767,250	766,600	0,650	0,29	2,66	37,30	3,42
	t6		0,05	0,004	20,000	20,004			759,331	758,621	0,710	0,29	2,66		
T7	t6	55,75	0,05	0,003	26,000	26,003	200	0,107	759,331	758,621	0,710	0,33	2,82	40,15	3,63
	C1		0,05	0,003	26,000	26,003			753,282	752,632	0,650	0,33	2,82		
T8	C1	47,09	0,05	0,000	26,000	26,000	200	0,070	753,282	752,632	0,650	0,38	2,41	28,49	3,80
	t7		0,05	0,002	26,000	26,002			750,000	749,350	0,650	0,38	2,41		
T9	t7	44,42	0,05	0,000	30,000	30,000	150	0,191	750,000	749,350	0,650	0,47	3,67	68,89	3,57
	t8		0,05	0,002	30,000	30,002			741,510	740,860	0,650	0,47	3,67		
T10	t8	42,19	0,05	0,002	38,000	38,002	200	0,174	741,510	740,860	0,650	0,36	3,73	68,79	3,74
	t9		0,05	0,002	38,000	38,002			734,181	733,349	0,832	0,36	3,73		
T11	t9	22,90	0,05	0,001	42,000	42,001	300	0,004	734,181	733,349	0,832	0,59	0,97	3,63	5,40
	ETE-1		0,05	0,001	42,000	42,001			733,248	733,248	0,000	0,59	0,97		
T12	D1	18,65	0,05	0,001	2,000	2,001	100	0,016	793,700	793,050	0,650	0,38	0,73	3,26	2,70
	t1		0,05	0,001	2,000	2,001			793,405	792,755	0,650	0,38	0,73		

T13	D2	43,15	0,05	0,002	2,000	2,002	100	0,065	789,000	788,350	0,650	0,26	1,21	9,96	2,33
	t2		0,05	0,002	2,000	2,002			786,200	785,550	0,650	0,26	1,21		
T14	D3	33,59	0,05	0,002	2,000	2,002	100	0,009	786,500	785,850	0,650	0,45	0,59	2,07	2,86
	t2		0,05	0,002	2,000	2,002			786,200	785,550	0,650	0,45	0,59		
T15	D18	28,93	0,05	0,001	2,000	2,001	100	0,086	782,500	781,850	0,650	0,25	1,34	12,46	2,26
	t3		0,05	0,001	2,000	2,001			780,000	779,350	0,650	0,25	1,34		
T16	D4	43,78	0,05	0,002	2,000	2,002	100	0,157	780,000	779,350	0,650	0,21	1,66	19,91	2,11
	t4		0,05	0,002	2,000	2,002			773,112	772,462	0,650	0,21	1,66		
T17	D5	35,41	0,05	0,002	2,000	2,002	100	0,169	775,000	774,350	0,650	0,21	1,70	21,09	2,10
	D6		0,05	0,002	2,000	2,002			769,000	768,350	0,650	0,21	1,70		
T18	D19	69,39	0,05	0,003	2,000	2,003	100	0,058	772,500	771,850	0,650	0,27	1,16	9,08	2,36
	D7		0,05	0,003	2,000	2,003			768,500	767,850	0,650	0,27	1,16		
T19	D6	30,07	0,05	0,002	4,000	4,002	100	0,017	769,000	768,350	0,650	0,56	0,89	4,44	3,07
	t5		0,05	0,002	4,000	4,002			768,500	767,850	0,650	0,56	0,89		
T20	D7	37,49	0,05	0,002	4,000	4,002	100	0,033	768,500	767,850	0,650	0,45	1,15	7,83	2,88
	t5		0,05	0,002	4,000	4,002			767,250	766,600	0,650	0,45	1,15		
T21	D8	87,14	0,05	0,004	2,000	2,004	100	0,009	761,600	760,950	0,650	0,44	0,60	2,12	2,85
	D9		0,05	0,004	2,000	2,004			760,800	760,150	0,650	0,44	0,60		
T22	D9	13,66	0,05	0,001	4,000	4,001	150	0,004	760,800	760,150	0,650	0,44	0,54	1,51	3,48
	t6		0,05	0,001	4,000	4,001			760,800	760,090	0,710	0,44	0,54		
T23	D10	18,83	0,05	0,001	2,000	2,001	100	0,039	760,000	759,350	0,650	0,30	1,01	6,63	2,46
	t6		0,05	0,001	2,000	2,001			759,331	758,621	0,710	0,30	1,01		
T24	D11	10,84	0,05	0,001	2,000	2,001	100	0,231	752,700	752,050	0,650	0,19	1,90	26,82	2,03
	D20		0,05	0,001	2,000	2,001			750,200	749,550	0,650	0,19	1,90		
T25	D20	24,02	0,05	0,001	4,000	4,001	100	0,008	750,200	749,550	0,650	0,71	0,67	2,47	3,24
	C2		0,05	0,001	4,000	4,001			750,000	749,350	0,650	0,71	0,67		
T26	C2	64,29	0,05	0,003	4,000	4,003	150	0,004	750,000	749,350	0,650	0,44	0,54	1,51	3,48
	C3		0,05	0,003	4,000	4,003			749,800	749,067	0,733	0,44	0,54		
T27	C3	43,91	0,05	0,002	4,000	4,002	150	0,005	749,800	749,067	0,733	0,42	0,56	1,65	3,44
	D12		0,05	0,002	4,000	4,002			749,500	748,850	0,650	0,42	0,56		
T28	D12	59,25	0,05	0,003	6,000	6,003	150	0,008	749,500	748,850	0,650	0,46	0,76	2,98	3,53
	D15		0,05	0,003	6,000	6,003			749,000	748,350	0,650	0,46	0,76		
T29	D13	25,54	0,05	0,001	2,000	2,001	100	0,137	753,500	752,850	0,650	0,22	1,58	17,87	2,15
	t7		0,05	0,001	2,000	2,001			750,000	749,350	0,650	0,22	1,58		

T30	D14	57,57	0,05	0,003	2,000	2,003	100	0,069	754,000	753,350	0,650	0,26	1,24	10,51	2,31
	t7		0,05	0,000	2,000	2,000			750,000	749,350	0,650	0,26	1,24		
T31	D15	31,98	0,05	0,002	8,000	8,002	100	0,156	746,000	745,350	0,650	0,43	2,44	35,57	2,83
	t8		0,05	0,002	8,000	8,002			741,000	740,350	0,650	0,43	2,44		
T32	D21	51,48	0,05	0,003	2,000	2,003	100	0,165	743,000	742,350	0,650	0,21	1,69	20,67	2,10
	t9		0,05	0,003	2,000	2,003			734,500	733,668	0,832	0,21	1,69		
T33	D16	41,38	0,05	0,002	2,000	2,002	100	0,004	734,500	733,850	0,650	0,55	0,45	1,17	3,06
	t9		0,05	0,002	2,000	2,002			734,500	733,668	0,832	0,55	0,45		

## Anexo V - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 2

	PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO													DATA	
	SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS														
	REDE DE COLETA DE ESGOTO - ALTERNATIVA 3 - MÓDULO 2													Jun-18	
	PVM - PVj (Trecho)	Extensão ( m )	Taxa de Contr. Infiltr.	Contr.do Trecho	Vazão a Montante	Vazão a Jusante	Diâmetro ( mm )	Declividade ( m/m )	Cota do Terreno	Cota do Coletor	Prof. do Coletor	Lâmina Líquida	Vi (m/s)	Tensão	Vc
( l / s km )			( l / s )	( l / s )	( l / s )	( m )			( m )	( m )	(Y/D)		Trativa (Pa)	(m/s)	
Inicial			Inicial	Inicial	Inicial	Inicial			Inicial	Inicial	Inicial	Vf (m/s)			
		Final	Final	Final	Final			Final	Final	Final	Final				
T1	TL2	22,46	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,2226	770,000	769,350	0,650	0,19	1,87	26,09	2,03
	t10		0,005	0,000	2,000	2,000			765,000	764,350	0,650	0,19	1,87		
T2	t10	50,71	0,005	0,000	4,000	4,000	100	0,1873	765,000	764,350	0,650	0,29	2,15	30,82	2,41
	t11		0,005	0,000	4,000	4,000			755,500	754,850	0,650	0,29	2,15		
T3	t11	44,44	0,005	0,000	6,000	6,000	100	0,1463	755,500	754,850	0,650	0,38	2,21	30,04	2,69
	t12		0,005	0,000	6,000	6,000				749,000	748,350	0,650	0,38	2,21	
T4	t12	65,18	0,005	0,000	10,000	10,000	100	0,1304	749,000	748,350	0,650	0,52	2,42	33,46	3,01
	t13		0,005	0,000	10,000	10,000				740,500	739,850	0,650	0,52	2,42	
T5	t13	13,02	0,005	0,000	12,000	12,000	100	0,2304	740,500	739,850	0,650	0,49	3,13	56,90	2,95
	ETE-3		0,005	0,000	12,000	12,000				737,500	736,850	0,650	0,49	3,13	
T6	D22	26,65	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,0938	767,500	766,850	0,650	0,24	1,38	13,28	2,24
	t10		0,005	0,000	2,000	2,000				765,000	764,350	0,650	0,24	1,38	
T7	D23	23,65	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,1269	768,000	767,350	0,650	0,22	1,53	16,82	2,16
	t10		0,005	0,000	2,000	2,000				765,000	764,350	0,650	0,22	1,53	
T8	D24	41,41	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,0483	757,500	756,850	0,650	0,28	1,09	7,89	2,40
	t11		0,005	0,000	2,000	2,000				755,500	754,850	0,650	0,28	1,09	
T9	D25	44,29	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,0113	749,500	748,850	0,650	0,42	0,64	2,50	2,79
	t12		0,005	0,000	2,000	2,000				749,000	748,350	0,650	0,42	0,64	
T10	D26	101,78	0,005	0,001	2,000	2,001	100	0,0442	753,500	752,850	0,650	0,29	1,05	7,36	2,43
	t12		0,005	0,001	2,000	2,001				749,000	748,350	0,650	0,29	1,05	
T11	D27	107,35	0,005	0,001	2,000	2,001	100	0,0419	745,000	744,350	0,650	0,29	1,03	7,06	2,44
	t13		0,005	0,001	2,000	2,001				740,500	739,850	0,650	0,29	1,03	

## Anexo VI - Tabela resumo do dimensionamento da rede de coleta de esgoto - MÓDULO 3

PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO REDE DE COLETA DE ESGOTO - ALTERNATIVA 3 - MÓDULO 3												SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS		DATA	
												Jun-18			
PVM - PVj (Trecho)	Extensão ( m )	Taxa de Contr. Infiltr. ( l / s km )	Contr.do Trecho ( l / s )	Vazão a Montante ( l / s )	Vazão a Jusante ( l / s )	Diâmetro ( mm )	Declividade ( m/m )	Cota do Terreno ( m )	Cota do Coletor ( m )	Prof. do Coletor ( m )	Lâmina Líquida (Y/D)	Vi (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Vc (m/s)	
		Inicial	Inicial	Inicial	Inicial			Inicial	Inicial	Inicial	Inicial	Vf (m/s)			
		Final	Final	Final	Final			Final	Final	Final	Final				
T1	TL2	87,82	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,2277	770,000	769,350	0,650	0,19	1,89	26,56	2,03
	t14		0,005	0,000	2,000	2,000			750,000	749,350	0,650	0,19	1,89		
T2	t14	64,05	0,005	0,000	4,000	4,000	100	0,0703	750,000	749,350	0,650	0,37	1,51	14,20	2,67
	t15		0,005	0,000	4,000	4,000			745,500	744,850	0,650	0,37	1,51		
T3	t15	43,30	0,005	0,000	6,000	6,000	100	0,1270	745,500	744,850	0,650	0,39	2,10	26,85	2,73
	t16		0,005	0,000	6,000	6,000			740,000	739,350	0,650	0,39	2,10		
T4	t16	11,34	0,005	0,000	12,000	12,000	100	0,1764	740,000	739,350	0,650	0,53	2,83	45,77	3,03
	ETE-3		0,005	0,000	12,000	12,000			738,000	737,350	0,650	0,53	2,83		
T5	D30	47,80	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,0628	753,000	752,350	0,650	0,27	1,20	9,70	2,34
	t14		0,005	0,000	2,000	2,000			750,000	749,350	0,650	0,27	1,20		
T6	D31	13,90	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,1439	747,000	746,350	0,650	0,22	1,60	18,56	2,13
	t15		0,005	0,000	2,000	2,000			745,000	744,350	0,650	0,22	1,60		
T7	D32	29,17	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,0044	739,000	738,350	0,650	0,55	0,45	1,16	3,06
	t16		0,005	0,000	2,000	2,000			740,000	738,222	1,778	0,55	0,45		
T8	D33	28,93	0,005	0,000	4,000	4,000	150	0,0044	742,000	740,222	1,778	0,44	0,54	1,51	3,48
	t16		0,005	0,000	4,000	4,000			740,000	738,222	1,778	0,44	0,54		
T9	TL2	87,82	0,005	0,000	2,000	2,000	100	0,2277	770,000	769,350	0,650	0,19	1,89	26,56	2,03
	t14		0,005	0,000	2,000	2,000			750,000	749,350	0,650	0,19	1,89		

