

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

AGDA FELISBERTO

**AÇÕES DE SANEAMENTO APLICADAS A EMPREENHIMENTO DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM PROPRIEDADE RURAL**

CRICIÚMA

2017

AGDA FELISBERTO

**AÇÕES DE SANEAMENTO APLICADAS A EMPREENDIMENTO DE
EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa.

CRICIÚMA

2017

AGDA FELISBERTO

**AÇÕES DE SANEAMENTO APLICADAS A EMPREENHIMENTO DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL EM PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenharia Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 26 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa - Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann - Mestre - (UNESC)

Prof. Nadja Zim Alexandre - Mestre - (UNESC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado a capacidade de poder concluir mais este ciclo;

A todos os professores do curso de engenharia ambiental da UNESCO que contribuíram e enriqueceram meu conhecimento acadêmico;

Ao meu orientador José Alfredo Dallarmi da Costa pelo empenho e ajuda com orientações e esclarecimentos;

A minha supervisora de campo Semyramis Naiara Vendrame pela incrível disposição, além de permitir a realização do presente trabalho;

A minha família que contribuiu até a chegada desta fase, me apoiando em todo período acadêmico e por acreditar que eu iria alcançar esta conquista;

A todos os amigos que fiz no curso de engenharia ambiental, em especial a colegas maravilhosas que conheci: Angelis Forgiarini, Deise de Menech Somariva, Graziela Casagrande e Júlia Dajori. As brincadeiras durante a faculdade certamente fizeram desta etapa da minha vida muito mais do que uma capacitação técnica;

Ao eng.º ambiental do MPF, Tiago Luiz da Costa, pelas dicas e experiência repassada ao longo do presente trabalho;

E a todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho fosse concluído.

RESUMO

O saneamento básico em áreas rurais no país tem sido item pertinente nas políticas públicas. Apesar da existência de leis, programas e metodologias no que tange ao saneamento, permanecem visíveis os sintomas de que o problema não se encontra em níveis aceitáveis de atendimento. A precariedade de disponibilidade de água de qualidade, de tratamento de esgotos e de gestão de resíduos, aliado à carência de recursos financeiros e apoio tecnológico e científico são motivos de preocupação quanto à qualidade de vida de uma população. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo geral propor ações de saneamento a empreendimento localizado em zona rural, através de tecnologias sociais (de baixo custo, fácil operação e manutenção), que atendam os padrões de emissão de efluentes e resíduos. A fim de se atender os objetivos foi realizada revisão bibliográfica e visitas à campo, no levantamento de dados secundários e primários, respectivamente, na finalidade de se conhecer as características locais. A partir de análise e sistematização das informações levantadas, o trabalho teve como resultado a elaboração de subsídios teóricos aplicáveis ao local de estudo, bem como, a elaboração de dimensionamento das tecnologias sociais mais adequados ao mesmo, levando-se em consideração as propriedades locais, uma vez que atuam-se ações de educação ambiental na área. Notou-se que o dimensionamento dos processos de tratamento de efluentes residuais e tratamento de resíduos podem tornar-se efetivos, desde que observadas as normas legislativas. Através do presente trabalho foi possível perceber a existência de várias alternativas de abastecimento de água e tratamento de efluentes relativamente simples, de fácil operação e manutenção, apresentando custos e eficiências variáveis. Foram verificadas a necessidade de avanços nas formas de planejamento e gestão relativas ao saneamento básico nos municípios, predominantemente em áreas rurais.

Palavras-chave: Saneamento Rural. Modelo Caxambu. Zona de Raízes. Sumidouro. Treviso, Santa Catarina.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Etapas do tratamento convencional de água.	18
Figura 02 – Etapas de tratamento do esgoto em uma ETE.	25
Figura 03 – Alternativas para tratamento complementar de efluente sanitário.	26
Figura 04 – Funcionamento geral de um tanque séptico.	27
Figura 05 – Representação esquemática de filtro anaeróbio.	28
Figura 06 – Representação esquemática de filtro aeróbio.	29
Figura 07 – Representação esquemática de caixa de areia.....	30
Figura 08 – Representação esquemática de vala de filtração.....	30
Figura 09 – Representação de zona de raízes.....	31
Figura 10– Representação de distintos sumidouros, com e sem material filtrante....	33
Figura 11 – Esquema representativo da vala de infiltração.....	33
Figura 12 – Leira de compostagem.....	40
Figura 13 – Município de Treviso, SC.	43
Figura 14 – Localização da área de estudo.....	44
Figura 15 – Infraestrutura atual.	45
Figura 16 – Trilha ecológica.	45
Figura 17 – Planta baixa de sede administrativa.	47
Figura 18 – Modelo Caxambu.	50
Figura 19 – Fezes de animais próximo à nascente.	61
Figura 20 – Etapas de construção do Modelo Caxambu, em Serra Alta – SC.....	62
Figura 21 – Reservatório de água, em Cocal do Sul – SC.....	63
Figura 22a – Dimensionamento do tanque séptico.	66
Figura 22b – Dimensionamento do tanque séptico.	67
Figura 23 – Corte de Wetland de escoamento subsuperficial de fluxo horizontal.	69
Figura 24 – Realização do teste de percolação na área.	70
Figura 25 – Gráfico para determinação do coeficiente de infiltração.....	73
Figura 26 – Dimensionamento do sumidouro.....	74
Figura 27 – Localização das lixeiras de separação de resíduos.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Destinação final do esgoto sanitário no município de Treviso, SC.....	15
Tabela 02 – Dosagem de hipoclorito de sódio a 2,5 % conforme volume de água...22	
Tabela 03 – cálculo da vazão de água na nascente.	60
Tabela 04 – Valores de parâmetros analisados da amostra de água.	60
Tabela 05 – Contribuição diária de esgoto e lodo fresco por tipo de prédio/ocupante.	64
Tabela 06 – Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária.....	64
Tabela 07 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	65
Tabela 08 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.....	65
Tabela 09 – Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial.	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
AMREC	Associação dos Municípios da Região Carbonífera
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CESBs	Companhias Estaduais de Saneamento Básico
CETEC	Centro Educacional Técnico
CIRSURES	Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos Urbanos da Região Sul
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FATMA	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEE	Gases de Efeito Estufa
GIRS	Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
impEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PMT	Prefeitura Municipal de Treviso
PMSA	Prefeitura Municipal de Serra Alta
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SAA	Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano
SAC	Sistema de Abastecimento Coletivo

SAI	Sistema de Abastecimento Individual
SAMAE	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto
SC	Santa Catarina
SFS	Sistema Financeiro do Saneamento
SIG-SC	Sistema de Informações Geográficas
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense
UTM	Universal Transversa de Mercator
VMP	Valores Máximos Permissíveis
WPCF	Water Pollution Control Federation
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....	13
2.2	SANEAMENTO BÁSICO EM SANTA CATARINA	14
2.3	ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	15
2.3.1	Sistemas de tratamento convencional	18
2.3.1.1	Gradeamento	18
2.3.1.2	Coagulação e floculação	19
2.3.1.3	Decantação	19
2.3.1.4	Filtração.....	19
2.3.1.5	Desinfecção.....	20
2.3.1.6	Fluoretação	20
2.3.2	Tecnologias sociais aplicadas a tratamento de água	20
2.3.2.1	Filtração lenta.....	21
2.3.2.2	Filtração em margem.....	21
2.3.2.3	Desinfecção.....	22
2.4	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	22
2.4.1	Estações de Tratamento de Esgoto.....	24
2.4.2	Tecnologias sociais aplicadas a tratamento de esgoto sanitário	25
2.4.2.1	Filtro anaeróbio	27
2.4.2.2	Filtro aeróbio/biológico	28
2.4.2.3	Valas de filtração e Filtros de areia	29
2.4.2.4	Zona de raízes	30
2.4.3	Disposição final do efluente líquido	32
2.4.3.1	Sumidouro	32
2.4.3.2	Valas de infiltração	33
2.4.3.3	Reuso	34
2.5	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	34
2.5.1	Acondicionamento dos resíduos.....	36
2.5.2	Coleta e transporte.....	37
2.5.3	Tratamento.....	37
2.5.3.1	Reciclagem.....	38

2.5.3.2	Logística reversa	39
2.5.3.3	Compostagem	39
2.5.4	Disposição final	40
3	METODOLOGIA	42
3.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
3.2	PROCEDIMENTOS PARA AÇÕES DE SANEAMENTO.....	47
3.2.1	Coleta de dados.....	48
3.2.2	Levantamento de tecnologias sociais aplicáveis à área de estudo	48
3.2.2.1	Abastecimento de água.....	49
3.2.2.2	Tratamento de esgoto	51
3.2.2.2.1	<i>Procedimentos para dimensionamento de tanque séptico</i>	<i>52</i>
3.2.2.2.2	<i>Procedimentos para dimensionamento de Zona de Raízes</i>	<i>53</i>
3.2.2.2.3	<i>Procedimentos para dimensionamento de sumidouro.....</i>	<i>56</i>
3.2.2.3	Destinação de resíduos sólidos.....	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1	PROTEÇÃO DE FONTE MODELO CAXAMBU	60
4.2	DIMENSIONAMENTO DE FOSSA SÉPTICA	63
4.2.1	Parâmetros de projeto	63
4.3	DIMENSIONAMENTO DA ZONA DE RAÍZES	67
4.3.1	Parâmetros do projeto	67
4.4	DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO	69
4.5	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	74
4.5.1	Parâmetros do projeto	75
	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável e ao saneamento são necessidades básicas e de direitos humanos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o saneamento compõe um conjunto de ações sobre o meio ambiente com o objetivo de zelar pela saúde humana (WHO, 2011). Segundo diagnóstico levantado pelo SNIS (2015), o índice de abastecimento de água no Brasil era de 83% em 2014 e de apenas 49,8% de coleta de esgoto. A deficiência destes serviços prejudica a saúde humana, elevando os gastos com a saúde pública, além de alterar o meio ambiente direta ou indiretamente, quando do lançamento de efluentes residuais nos cursos d'água. Ainda, se observa carência no que tange a gestão de resíduos sólidos, podendo ocasionar riscos de contaminação ao meio ambiente.

Após longo período sem uma política que proporcionasse aos municípios investir no setor de saneamento, o Governo Federal criou a Lei Nacional de Saneamento Básico, lei 11445/2007, que apresenta como meta a universalização e integração do saneamento básico, incluindo serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2007).

Os investimentos aplicados para melhorar a situação do esgotamento sanitário no Brasil, na quase totalidade dos casos, são direcionados para a coleta e tratamento do esgoto de grandes centros urbanos, por serem zonas de densidade demográfica mais concentrada. Devido à distância de centros urbanos e ao difícil acesso, as comunidades rurais são menos atendidas pelos sistemas de saneamento. Nesses casos, destaca-se o fato de que as tecnologias disponíveis são inviáveis por possuírem alto custo na sua implantação e elevadas taxas se aplicadas em pequenas comunidades, tornando-as insustentáveis do ponto de vista social e econômico.

Com a preocupação cada vez maior em se estabelecer processos sustentáveis, tecnologias alternativas surgem possibilitando remediar a inviabilidade de se implantar sistemas de saneamento em comunidades rurais, permitindo o cumprimento da lei, melhorando a qualidade de vida das pessoas e preservando o meio ambiente.

Nesse sentido, o presente trabalho teve o intuito de planejar ações de saneamento básico direcionadas a uma propriedade rural, visando apontar métodos

alternativos que sejam sustentáveis, se tornando economicamente viáveis para pequenas comunidades, minimizando impactos ao meio ambiente.

Ainda, este trabalho justifica-se pela necessidade de saneamento ambiental na área de estudo e visível carência deste na realidade brasileira, embora a Política Nacional de Saneamento, estabelecida pela lei nº 11445 de 2007, garanta disponibilidade destes serviços em áreas urbanas, incluindo também a necessidade de saneamento em localidade rural, utilizando soluções compatíveis e economicamente viáveis.

O presente estudo objetiva propor ações de saneamento básico em empreendimento de educação ambiental localizado em área rural. Para o alcance deste objetivo geral foram elencados os seguintes objetivos específicos: a) realizar revisão bibliográfica sobre as tecnologias de abastecimento de água, tratamento de efluentes existentes e tratamento de resíduos sólidos aplicáveis em zona rural; b) propor metodologias e dimensionamento de instalações que venham a embasar as ações de saneamento básico; c) apresentar parâmetros de qualidade da água no local de estudo; d) fornecer subsídios teóricos para implantação do projeto em área de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O saneamento básico consiste no conjunto de serviços, infraestrutura e instalações que visam a melhoria da qualidade de vida e a diminuição/erradicação na incidência de doenças ocasionadas pela falta deste (BRASIL, 2007).

De acordo com a Lei Federal nº 11445 de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), as atividades compreendidas pelo saneamento básico são:

- Abastecimento de água potável;
- Coleta e tratamento de esgoto sanitário;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

2.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

De acordo com a WHOa (2011), o abastecimento de água foi durante muito tempo relegado a segundo plano, porém com a expansão da urbanização houve-se a necessidade de melhorias nesse setor, principalmente em relação a benefícios econômicos (investimento de técnicas mais avançadas significando menor perda de faturamento) e de qualidade de serviços (garantia de água em quantidade e qualidade à população).

No início dos anos 70, foi implantado o Sistema Nacional de Saneamento, integrado pelo Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) e pelo Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), principal fonte de recursos do PLANASA (ARRETCHE, 2005 apud COSTA, 2012). Com o PLANASA, foram criadas as Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs). Partindo do pressuposto que as CESBs estariam mais aptas a atingir a universalização dos serviços de água/esgoto do que os municípios, a administração pública federal induziu grande parte dos municípios brasileiros a conceder às CESBs a prestação dos serviços de saneamento, como condição para garantir acesso aos recursos do Sistema Financeiro do Saneamento, o SFS (ABES, 2008).

Em 2007 entrou em vigor a Lei Nacional do Saneamento Básico (Lei nº 11445), representando uma importante ação do governo tendo em vista a organização do setor de saneamento do País. Esta medida esclareceu e deu encaminhamento a várias questões que não estavam cobertas pelas legislações

vigentes até então, definindo diretrizes nacionais para a prestação de serviços de água e esgoto, fixando os direitos e obrigações da União de manter e planejar políticas para o setor, além de estabelecer objetivos para o planejamento municipal de saneamento (BARROS, 2014).

2.2 SANEAMENTO BÁSICO EM SANTA CATARINA

O saneamento básico em Santa Catarina tornou-se de conhecimento público a partir de 1971, quando a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) começou a atuar na área de saneamento no estado, com cobertura de abastecimento de água e coleta de esgotamento sanitário (ABES, 2008).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2015), a região Sul do país apresenta um índice de 89,38% de redes de abastecimento de água, 42,97% de rede de coleta de esgoto sendo que desta parcela, 94,33% apresentam algum tipo de tratamento. Em Santa Catarina, o índice de rede de abastecimento de água é de 86,85%, em contrapartida, o atendimento de rede coletora de esgoto apresenta baixo índice, com apenas 24,77%.

Recentemente, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, verifica-se a falta de divulgação das diversas técnicas usadas em saneamento básico. É comum em áreas rurais que a população consuma recursos para construir suas casas, entretanto apenas uma parcela desta inclui as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica e outras técnicas (FUNASA, 2006).

Em Treviso, município ao sul do estado de SC e localização da área de estudo, a gestão dos serviços de água e esgoto é realizada pela autarquia municipal Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAEE). Desde o último censo realizado pelo IBGE, em 2010, o município apresentava uma população de 3527 pessoas, alocadas em 1093 domicílios (IBGE, 2010). A maior parte da população (92,23%) é abastecida com água da rede geral, porém é comum ainda que propriedades privadas, geralmente em áreas rurais, colem água para abastecimento de nascentes ou poços (SNIS, 2015).

No que se refere ao sistema de coleta e tratamento de esgotamento sanitário, o município não apresenta um sistema coletivo, sendo o tratamento dos efluentes realizado com tratamento individual, muitas vezes precário, quando houver

(COSTA, 2012). A tabela 01 contém dados levantados pelo IBGE no ano de 2010 e apresenta os tipos de tratamento de esgoto sanitário nas residências em Treviso, SC.

Tabela 01 – Destinação final do esgoto sanitário no município de Treviso, SC.

Tipos de tratamento	Domicílios	% relativa
Fossa séptica	855	78,23
Rede geral	185	16,92
Vala	25	2,28
Rio ou lago	22	2,01
Fossa rudimentar	3	0,27
Não apresentavam sanitário	2	0,18
Outro tipo	1	0,09
Total	1093	100

Fonte: adaptado de IBGE, 2010.

De acordo com o censo demográfico realizado em Treviso - SC em 2010, quase 100% do resíduo sólido urbano era coletado por serviço de limpeza municipal (IBGE, 2010).

2.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água é essencial para sustentar a vida e um fornecimento adequado, seguro e acessível deve estar disponível para todos (WHOa, 2011, p. 1). Entretanto, a água destinada ao abastecimento humano precisa ser de boa qualidade, afim de não provocar danos à saúde pública. Conforme Richter e Azevedo Netto (1991, p. 1), “a qualidade da água é avaliada pela determinação de diversos parâmetros de potabilidade, como parâmetros físicos, químicos e microbiológicos”.

“De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem: pela ingestão direta, na preparação de alimentos, na higiene pessoal ou do ambiente, na agricultura ou processos industriais” (FUNASA, 2006, p. 36). Os principais agentes biológicos encontrados nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitos. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são

provenientes de águas de má qualidade. As doenças mais comuns são: febre tifoide, febre parasitoide, disenteria bacilar, disenteria amebiana, cólera, diarreia e hepatite infecciosa (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991).

Assim sendo, submeter a água com finalidade de consumo humano à processos de tratamento para remoção das impurezas, bem como, melhorar o acesso a água potável, pode resultar em benefícios tangíveis para a saúde. O tratamento de água para abastecimento tem como objetivo disponibilizar água potável, livre de contaminantes e de microrganismos patogênicos e que seja de qualidade para consumo humano. O tratamento consiste em uma série de etapas físico-químicas e de processos unitários exigidos para atenderem padrões sanitários e ambientais, na qual a água é submetida (LOCH, 2013).

As normas de qualidade para as águas de abastecimento são conhecidas como Padrões de Potabilidade, sendo este determinado por órgãos competentes, por intermédio de legislação específica (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991). Em âmbito nacional, o Governo Federal regulamentou a questão por meio da Portaria MS nº 2914/2011, que define padrões que garantam água potável para consumo humano e mantém diretrizes sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água (MS, 2011).

De acordo com a Portaria MS nº 2914/2011 (MS, 2011), a água apropriada ao consumo humano deve obedecer a certos requisitos, dentre eles:

- Passar por processo mínimo de desinfecção ou cloração;
- Estar em conformidade com o padrão microbiológico, disposto na Portaria;
- Em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez e as demais exigências contidas na Portaria;
- Apresentar indicadores de bactérias heterotróficas, como um dos parâmetros para avaliar a integridade do sistema de distribuição;
- Estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas;
- Apresentar pH no intervalo de 6,0 a 9,5 e concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição de 0,2 mg/L;
- Ser submetida a monitoramento periódico.

O tratamento da água deverá ser adotado e realizado apenas depois de demonstrada sua necessidade e os processos exigidos deverão ser determinados com base nas inspeções sanitárias e nos resultados representativos de exames e análises (SENS, 2014).

As exigências quanto à qualidade da água cresceram com o progresso tecnológico. Logo, os padrões de potabilidade necessitam apontar os Valores Máximos Permissíveis (VMP) em que características desagradáveis podem estar presentes na água (FUNASA, 2006).

As características para consumo humano são apresentadas na Portaria MS nº 2914/2011 (MS, 2011):

- A água deve ter aspecto agradável;
- Deve ter gosto agradável ou ausência de gosto objetável;
- Não deve ter odores desagradáveis ou não ter odor objetável;
- Não apresentar cor ou turbidez.

Além destas características, são definidos limites de concentração de substâncias na água por questão sanitárias e econômicas (MS, 2011).

Existem dois tipos de solução para o abastecimento de água: coletiva e individual. A solução coletiva aplica-se em áreas urbanas e áreas rurais com população mais concentrada e geralmente os custos de implantação são divididos entre os usuários. A solução individual aplica-se normalmente em áreas rurais de população dispersa. Nesse caso, as soluções referem-se exclusivamente ao domicílio, assim como os respectivos custos (FUNASA, 2006). A Portaria MS nº 2914/2011 apresenta as definições de sistema de abastecimento de água para consumo humano – SAA, sistema de abastecimento coletivo – SAC e sistema de abastecimento individual – SAI (MS, 2011).

Conforme disposto na Portaria MS nº 2914/2011, o SAA compreende uma série de instalações para fornecimento coletivo de água potável; o SAC é um sistema destinado a fornecer água potável de captação subterrânea ou superficial, com métodos simplificados; o SAI compreende o abastecimento de água em domicílios residenciais com uma única família (MS, 2011).

A escolha do manancial constitui decisão de maior importância e responsabilidade em um projeto de abastecimento de água. É levado em consideração a distância, a capacidade de atender a demanda, a qualidade e se

apresenta algum tipo de contaminação em sua extensão (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991). Em uma concepção, a captação direta de cursos d'água é projetada a montante de centros populacionais, quando possível, evitando assim que esta venha a receber alguma contaminação de efluentes. Ainda, de acordo com as características intrínsecas do manancial ao qual se extrai a água de abastecimento, faz-se necessário o uso de determinado tratamento para posterior utilização (FUNASA, 2006).

2.3.1 Sistemas de tratamento convencional

“Um sistema convencional/coletivo de tratamento de água é composto pelas etapas de gradeamento, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação” (LOCH, 2013, p. 4). As fases de um sistema convencional de tratamento de água são apresentadas em sequência, na figura 01.

Figura 01 – Etapas do tratamento convencional de água.



Fonte: SAAE, 2006, p. 05.

2.3.1.1 Gradeamento

“O tratamento da água inicia-se com a remoção dos materiais que flutuam ou estão suspensos, com o uso de telas e grades” (BASOL; ABREU, 1988, apud MACÊDO, 2004, p. 276). As grades e telas são dispositivos que tem como finalidade a remoção de sólidos grosseiros em suspensão e reter corpos flutuantes, impedindo a passagem destes e protegendo a eficiência de etapas posteriores, protegendo

bombas, registros e tubulações contra possíveis obstruções e entupimentos (SOLTO, 1990, apud MACÊDO, 2004).

2.3.1.2 Coagulação e floculação

A água possui inúmeras substâncias dissolvidas e suspensas e a clarificação - coagulação, floculação e decantação - serve como um método de retirada destas substâncias.

A coagulação é a neutralização da carga que envolve as partículas suspensas e dissolvidas, com o auxílio de coagulantes adicionados a água (MIHELIC; ZIMMERMAN, 2012 apud LOCH, 2013). Segundo Richter e Azevedo Netto (1991, p. 53), “[...] a coagulação é o processo através do qual os coagulantes são adicionados à água, reduzindo as forças que tendem a manter separadas as partículas em suspensão [...]”. Acontece em mistura rápida, permitindo a dispersão do coagulante à água e o agrupamento das impurezas presentes.

A floculação é o processo de aglomeração das partículas por efeito de transporte do fluido, formando partículas de maior tamanho (flocos) que possam sedimentar (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991). Acontece em mistura lenta.

2.3.1.3 Decantação

Processo de separação de partículas sólidas da água pela ação da gravidade, no qual se anula ou diminui a velocidade de escoamento do líquido, propiciando a sedimentação dessas partículas. Desta forma, há a separação efetiva dos flocos em tanques de decantação (SAAE, 2006).

2.3.1.4 Filtração

A filtração é o processo responsável pela remoção dos fragmentos sólidos contidos na água, juntamente com a retenção de microrganismos e compostos orgânicos e inorgânicos (DUARTE, 2011 apud LOCH, 2013). Segundo SAAE (2006), a água decantada é encaminhada às unidades filtrantes onde é efetuado o processo de filtração. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia,

de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.

2.3.1.5 Desinfecção

Conforme citam Richter e Azevedo Netto (1991, p. 280),

[...] a desinfecção tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes) e se torna um processo necessário devido a ineficiência dos processos físico-químicos na remoção total dos microrganismos.

Entre os agentes de desinfecção, o mais popularmente empregado na purificação da água é o cloro pois é facilmente disponível, barato e de fácil aplicação (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 1991).

2.3.1.6 Fluoretação

As águas de abastecimento suprem inúmeras necessidades como higiene pessoal, limpeza geral, cozimento de alimentos, consumo humano e auxílio na saúde pública. A fluoretação é a etapa que consiste na adição de compostos fluoretados que serão responsáveis pela prevenção de cáries dentárias (LOCH, 2013). Essa etapa não consiste em tratamento e sim um complemento do mesmo.

Para se obter o nível máximo de proteção contra a cárie, a Portaria MS nº 2914/2011 estabelece o seu valor máximo permitido de 1,5 mg/L de fluoreto, evitando riscos de ocorrência de fluorose causada pelo excesso da substância (MS, 2011).

2.3.2 Tecnologias sociais aplicadas a tratamento de água

Dagnino (2009, p. 8) refere-se à Tecnologia Social como “produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”.

As tecnologias sociais aplicadas ao tratamento de água para uso doméstico são quaisquer variedades de dispositivos ou métodos utilizados para os fins de tratamento de água, em nível doméstico ou em outros ambientes, como

escolas, centros de saúde e outros. Tais tecnologias permitem que as pessoas assumam a responsabilidade pelo tratamento e armazenamento seguro da sua própria água (WHOa, 2011). As tecnologias sociais para tratamento de águas podem ser aplicadas em comunidades rurais, uma vez que se tratam de metodologias mais simples e de fácil aplicação quando em comparação com os métodos tradicionais de tratamento de água para abastecimento.

2.3.2.1 Filtração lenta

Método de tratamento adotado principalmente para comunidades de pequeno porte, cujas águas dos mananciais apresentam baixos teores de turbidez e cor. Consiste em fazer a água passar através de um meio granular com a finalidade de remover impurezas físicas, químicas e biológicas (FUNASA, 2006).

No início da filtração, com a areia ainda limpa, a formação da camada gelatinosa contendo as impurezas da água se processará após alguns dias de operação. Com o prosseguimento do processo, a camada superior da areia vai se sujando cada vez mais, diminuindo a vazão da água filtrada. Observando-se essa deficiência de filtração, é recomendado efetuar a limpeza do filtro, removendo-se uma camada de dois a três centímetros da areia. Em seguida, executa-se a limpeza da areia e recoloca-se no filtro (FUNASA, 2006).

As principais vantagens que o filtro lento apresenta são o baixo custo operacional e boa eficiência na remoção de turbidez e microrganismos patogênicos (FUNASA, 2006).

2.3.2.2 Filtração em margem

Consiste em usar os materiais sedimentares das margens e do fundo de um manancial superficial como meio filtrante. Para isto, constroem-se poços de captação nas margens do manancial, criando artificialmente uma diferença de nível entre o manancial e o lençol freático, induzindo o escoamento em direção ao poço. Nesse escoamento, os contaminantes presentes na água superficial são removidos. O resultado é geralmente uma mistura entre as águas infiltradas mais recentemente através das margens e a do lençol freático (SENS, 2014). Neste processo, podem ser necessários tratamentos adicionais para atingir os padrões de potabilidade.

2.3.2.3 Desinfecção

Desinfetar uma água significa eliminar os microrganismos patogênicos presentes na mesma. Tecnicamente, aplica-se a simples desinfecção como meio de tratamento para águas que apresentam boas características físicas e químicas, a fim de garantir seu aspecto bacteriológico. É o caso das águas de vertentes ou nascentes, águas de fontes ou de poços protegidos (FUNASA, 2006). É uma prática aplicada frequentemente por ser eficiente e de simples operação.

As águas de poços, fontes, açudes, etc. destinadas a abastecimento humano podem ser cloradas no local com hipoclorito de sódio a 2,5% nos reservatórios (FUNASA, 2006). A tabela 02 faz comparativo entre volume de água de abastecimento e quantidade necessária de material de desinfecção.

Tabela 02 – Dosagem de hipoclorito de sódio a 2,5 % conforme volume de água.

Volume de água (L)	Dosagem (mL)	Medida prática
1000	100	2 copinhos de café
200	15	1 colher de sopa
20	2	1 colher de chá
1	0,08	2 gotas

Fonte: FUNASA, 2006, adaptado pela autora.

Também podem ser utilizadas substâncias como hipoclorito de cálcio ou cloro gasoso para desinfecção da água. Para este método são observadas algumas recomendações, como: aguardar 30 minutos após a cloração para consumo da água e aumentar a dose de desinfetante em épocas de surtos epidêmicos (FUNASA, 2006).

2.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

“O esgoto é um líquido cuja composição, quando não contém resíduos industriais, é de aproximadamente: 99,87% água; 0,04% de sólidos sedimentáveis; 0,02% de sólidos não sedimentáveis e 0,07% de substâncias dissolvidas” (NUVOLARI, 2011, p. 43).

Entre as doenças relacionadas com o destino inadequado de dejetos humanos podem ser citadas: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia

infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, esrongiloidíase, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose, teníase e cisticercose. Estas doenças podem ser transmitidas pelo contato direto da pele com o solo/água contaminados, pela ingestão de alimentos e água contaminados diretamente pelos dejetos ou por vetores e pela ingestão de alimentos diretamente contaminados por contato humano, por falta de higiene pessoal (FUNASA, 2006).

Nos países em desenvolvimento, apenas uma parcela do esgoto produzido é tratada por estações de tratamento de esgotos. Apesar do disposto na Legislação Federal, a realidade se mostra contrária, ou seja, grande parte do esgoto sanitário é despejado sem tratamento nos cursos d'água.

O lançamento de esgotos domésticos sem tratamento ou parcialmente tratados nos cursos d'água são fatores de risco, em decorrência da presença de patógenos presentes nos excretas e do excesso de nutrientes. A remoção do nitrogênio e do fósforo existente no esgoto sanitário tem sido cada vez mais necessária, dada à necessidade de se controlar o processo de eutrofização dos corpos d'água, cujos efeitos maléficos são amplamente conhecidos (BUENO et al, 2003, p. 3).

De acordo com Nuvolari (2011), os benefícios de implantação de sistema sanitário em uma localidade são de natureza social, higiênica, ambiental e econômica. Do ponto de vista higiênico, o objetivo é a prevenção e controle de doenças; do aspecto social, o objetivo é a melhoria na qualidade de vida da população; de caráter ambiental, a preservação dos recursos hídricos e dos solos; e de aspecto econômico, os benefícios envolvem questões como aumento da produtividade geral, devido a proteção ambiental.

O nível de tratamento do efluente vai depender da análise das condições locais, como característica e vazão do mesmo (NUVOLARI, 2011). Comumente, para o esgoto doméstico, as etapas do tratamento consistem em: remoção de matéria orgânica, sólidos em suspensão e organismos patogênicos.

Sezerino (2014, p. 55) define esgotamento sanitário como

O conjunto de ações que contemplam desde a coleta dos esgotos gerados na residência ou estabelecimento, passando pelo transporte em redes coletoras até chegar na Estação de Tratamento de Esgotos, onde será tratado de forma que possa ser disposto corretamente sob o ponto de vista sanitário no ambiente, quer seja este ambiente um corpo d'água ou solo.

Em grandes centros urbanos e com acesso a esgotamento sanitário há duas possibilidades de se tratar o esgoto gerado: com sistemas

isolados/descentralizados em cada residência ou por meio de rede pública de esgoto, no qual o efluente é encaminhado a um único ponto e sendo tratado nas estações de tratamento de esgotos, as chamadas ETEs, que consistem em elaboradas etapas até o completo tratamento do efluente e sua destinação final (FUNASA, 2006).

2.4.1 Estações de Tratamento de Esgoto

A norma NBR nº 12209/1992 fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgoto sanitário e define uma ETE como o conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento (ABNT, 1992). Dentre as etapas mais empregadas nas ETEs, de pequeno ou grande porte, destacam-se os mecanismos físicos (que promovem a separação dos sólidos e gorduras contidas nos esgotos), os mecanismos biológicos (que promovem a decomposição do material decantado e dos compostos solúveis) e as que empregam mecanismos químicos para fins específicos, como por exemplo, a desinfecção final do efluente tratado. Estes mecanismos ocorrem em diferentes etapas numa ETE, podendo ocorrer em diferentes unidades de tratamento e reatores de diferentes configurações (SEZERINO, 2014).

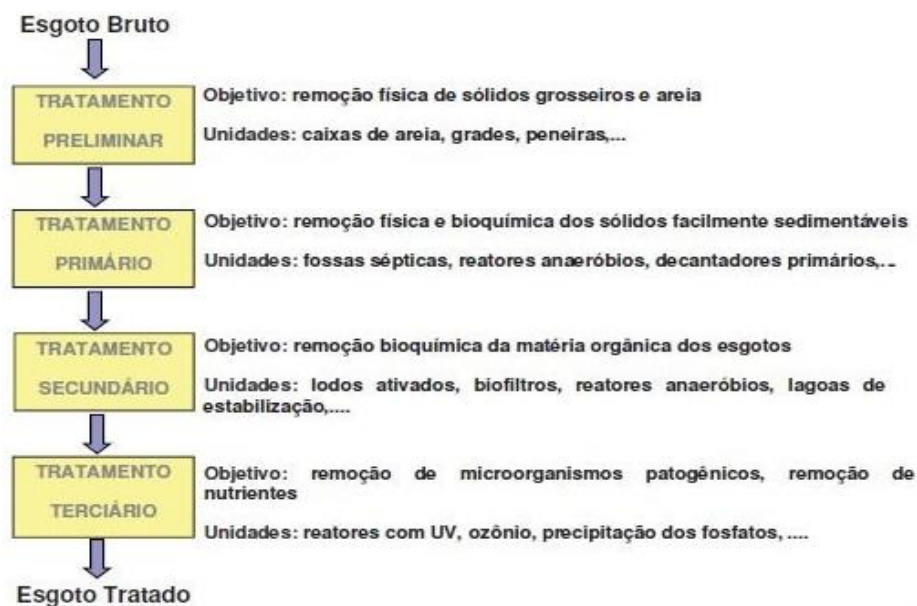
Nuvolari (2011) descreve que a ETE é bem recebida em locais com grande vazão de esgoto a ser tratado e é considerada como um sistema separador absoluto, uma vez que se delimita em coletar somente o despejo líquido proveniente do esgoto doméstico. Contudo, não é exceção que águas pluviais sejam acrescidas ao esgoto, devido a condições irregulares e carência de manutenção.

Segundo Sezerino (2014), previamente à escolha da alternativa tecnológica a ser empregada, é necessário estar atento aos critérios para a utilização destas técnicas, uma vez que podem viabilizar ou não a alternativa de tratamento do esgoto doméstico. São alguns dos critérios: tipo de solo e sua capacidade de percolação, topografia, clima, profundidade do lençol de água subterrânea, aspectos sociais/culturais, requisitos legais, características do corpo receptor, entre outros, de acordo com as características da região.

De acordo com a NBR nº 12209/1992, uma estação de tratamento de esgoto deve conter minimamente as seguintes etapas: gradeamento, desarenadores, decantador primário, filtro biológico e sistema de lodo ativado, composto de tanque de aeração, decantador final e tratamento do lodo final (ABNT, 1992).

As ETEs geralmente possuem tratamento preliminar dotado de grades, desarenadores e medidores de vazão; como tratamento primário um tanque de sedimentação; como tratamento secundário a tecnologia de lodos ativados e como tratamento terciário a remoção de nutrientes e desinfecção (CALLADO; NEVES, 2005). Não obstante, as formas de tratamento não seguem esse padrão, a característica do esgoto e o local de implantação definem a escolha dos processos mais adequados a cada região, como expresso na figura 02.

Figura 02 – Etapas de tratamento do esgoto em uma ETE.



Fonte: SEZERINO, 2014, p. 63.

2.4.2 Tecnologias sociais aplicadas a tratamento de esgoto sanitário

Em áreas rurais com população dispersa podem ser utilizadas soluções alternativas de esgotamento sanitário. Estas soluções alternativas consistem em uma modalidade de esgotamento distinta do sistema público de esgotamento sanitário e apresentam custos reduzidos, ideais para residências e pequenos povoados (CALLADO; NEVES, 2005). As alternativas devem ser selecionadas de acordo com as necessidades e condições locais onde é implantado o sistema de

tratamento, não havendo restrições quanto à capacidade de tratamento das unidades, podendo até mesmo ser complementares entre si, de modo a atender os padrões de legislação ou para efetiva proteção do manancial hídrico (ABNT, 1997).

A NBR n° 13969/1997 oferece alternativas de tratamento complementar e/ou disposição final ao tratamento primário ou tanque séptico (ABNT, 1997), sendo algumas destas técnicas apresentadas na figura 03.

Figura 03 – Alternativas para tratamento complementar de efluente sanitário.



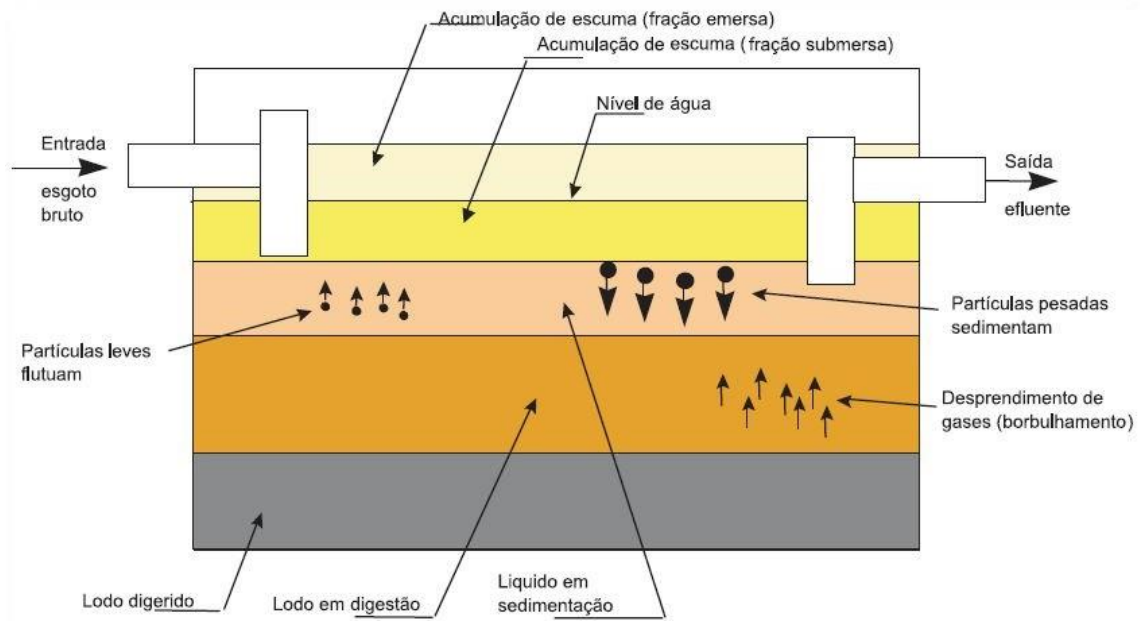
Fonte: adaptado de SEZERINO, 2014, p. 58.

O tanque séptico consiste em uma solução alternativa de tratamento primário de esgoto doméstico, que detém os despejos por um período que permita a decantação dos sólidos e a retenção do material graxo, transformando-os em compostos mais estáveis. Consistem em tanques simples ou divididos em compartimentos horizontais (câmaras em série) ou verticais (câmaras sobrepostas), utilizados com o objetivo de reter por decantação os sólidos contidos no esgoto, propiciar a decomposição dos sólidos orgânicos decantados no seu próprio interior e acumular temporariamente os resíduos com volume reduzido por determinado período (CALLADO; NEVES, 2005).

Como afirma Sezerino (2014), os tanques sépticos reúnem os objetivos dos decantadores e digestores em uma só unidade, na qual se realizam simultaneamente várias funções: decantação, sedimentação e floculação dos sólidos dos esgotos e desagregação e digestão do lodo e da espuma. A figura 04 detalha as etapas de funcionamento do tanque séptico.

O principal fenômeno ativo sobre a fase líquida é de ação física – decantação com sedimentação e flotação. A decantação consiste na separação de fases (sólidos, líquidos e gases) por diferença de massa específica. A sedimentação é o processo de disposição de sólidos por ação da gravidade. A flotação ocorre porque pequenas bolhas de gases, produzidas na digestão anaeróbia, aceleram a ascensão de partículas sólidas, distinguindo-se de simples flutuação (SEZERINO, 2014, p. 67).

Figura 04 – Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: FUNASA, 2006, p. 194.

A parte sólida retida no tanque séptico (lodo) deverá ser removida periodicamente, de acordo com o período de armazenamento estabelecido no cálculo destas unidades, uma vez que a falta de limpeza no período fixado causa diminuição da sua eficiência (FUNASA, 2006).

O dimensionamento de um tanque séptico está descrito na norma brasileira NBR 7229/1993, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993).

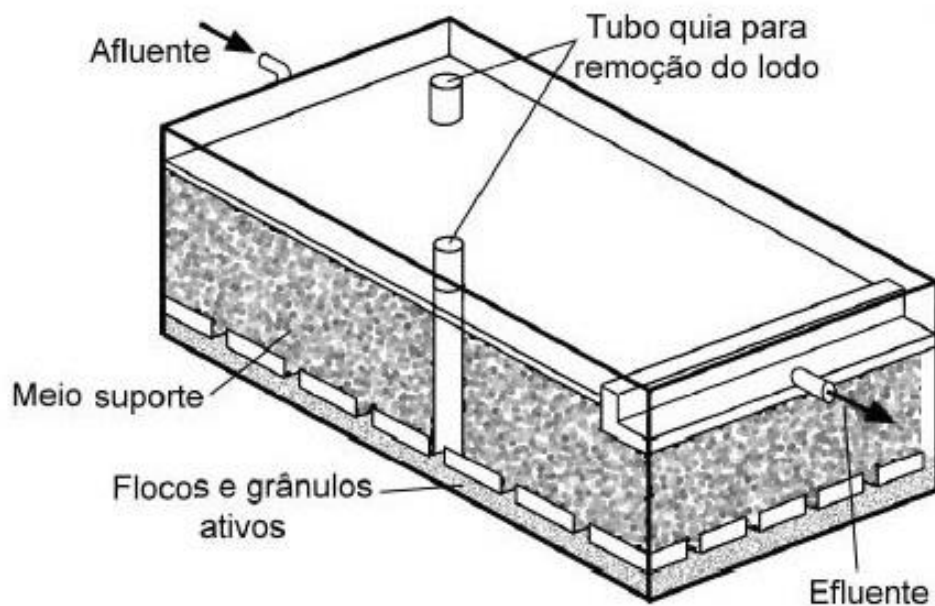
2.4.2.1 Filtro anaeróbio

Consiste em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios (ou seja, não necessitam de oxigênio dissolvido na massa líquida), dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante, geralmente brita. A aplicação desse sistema deve ser realizada de

modo criterioso, uma vez que a variação de temperatura do esgoto pode afetar o processo anaeróbio (ABNT, 1997).

Conforme refere-se Sezerino (2014, p. 75), “existem variantes na forma de alimentação do filtro anaeróbio porém o sistema mais empregado é a alimentação do esgoto afluente de forma ascendente”. Na figura 05 pode-se observar representação simples de filtro anaeróbio de fluxo ascendente.

Figura 05 – Representação esquemática de filtro anaeróbio.

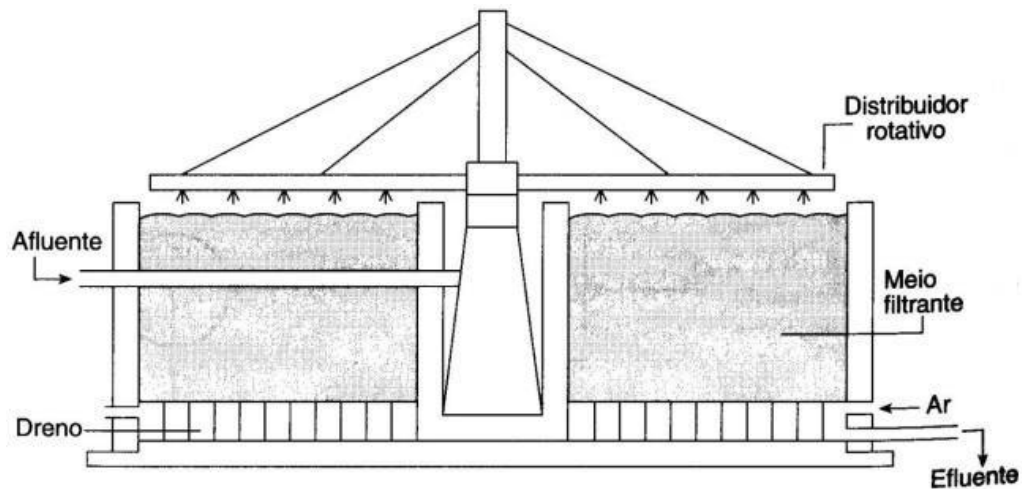


Fonte: SEZERINO, 2014, p. 75.

2.4.2.2 Filtro aeróbio/biológico

Processo de tratamento de esgoto que utiliza um meio de fixação dos microrganismos, imerso no reator, necessitando de oxigênio nas reações, fornecido através de ar introduzido por meio de equipamento, conforme representação da figura 06. Sua característica principal é a capacidade de fixar grandes quantidades de microrganismos nas superfícies do meio, reduzindo o volume do reator biológico, permitindo depuração em nível avançado de esgoto (ABNT, 1997).

Figura 06 – Representação esquemática de filtro aeróbio.



Fonte: GARRIDO *et al*, 2011, p. 13.

2.4.2.3 Valas de filtração e Filtros de areia

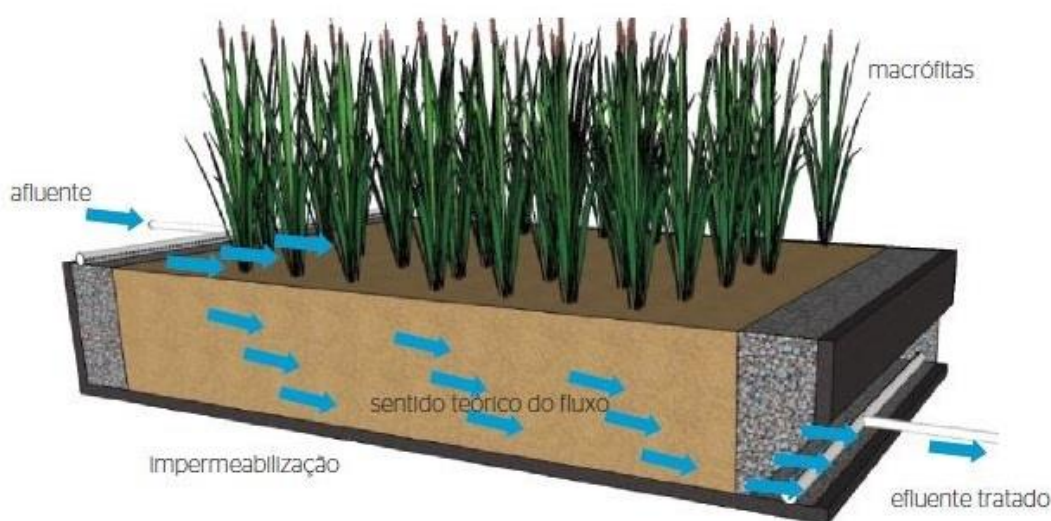
São processos de tratamento simples, consistindo na filtração do esgoto através da camada de areia, onde se processa a depuração por meio físico (retenção) e bioquímico (oxidação), devido aos microrganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sendo característicos por fácil operação e manutenção. Esse processo permite nível elevado de remoção de poluentes e operação intermitente (ABNT, 1997). Podem conter camada de brita no fundo, servindo como suporte.

A aeração e a temperatura são importantes condições ambientais, que afetam o bom rendimento do tratamento pois a presença de oxigênio gera as condições para a decomposição aeróbia do efluente e a temperatura afeta diretamente a taxa de crescimento microbiano, as reações químicas e o mecanismo de adsorção (SEZERINO, 2014).

Ainda de acordo com Sezerino (2014), a principal diferença entre filtro de areia (figura 07) e vala de filtração (figura 08) está na dimensão superior da vala de filtração, na qual possui uma relação comprimento x largura muito superior ao filtro de areia, sendo melhor utilizada nas extremidades do terreno.

Van Kaick (2002), descreve a zona de raízes como um sistema físico-biológico, utilizando-se filtros diferentes. Nesse sistema, o esgoto é lançado por meio de tubulações perfuradas instaladas na parte inferior de uma área contendo macrófitas plantadas, conforme representado na figura 09. Esses tipos de sistemas são bastante apreciados, pois tem um potencial paisagístico que é oferecido pelas plantas, quando florescem e se integram de forma agradável ao ambiente.

Figura 09 – Representação de zona de raízes.



Fonte: SEZERINO *et al*, 2015, p.153.

A principal vantagem desse sistema é a redução de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis no efluente, evitando contaminação de corpos d'água receptores. Além disso, também apresenta longa vida útil, custo relativamente baixo, fácil manutenção e ausência de produção de lodo (VAN KAICK, 2002). “Destaca-se a remoção de fósforo e nitrogênio relacionáveis ao ciclo vegetativo das plantas e às variações climáticas” (SEZERINO *et al*, 2015, p. 153).

Segundo Sezerino *et al* (2015), diversos tipos de macrófitas podem ser empregados nos wetlands, dependendo da tolerância da planta quanto a ambientes saturados de água e/ou esgoto, seu potencial de crescimento e a presença dessas plantas nas áreas onde o sistema de tratamento será implantado, caracterizando assim, fácil adaptação da planta às condições climáticas locais.

2.4.3 Disposição final do efluente líquido

Adicionalmente ao tanque séptico e sistema de tratamento complementar de esgoto sanitário, há ainda a necessidade de disposição do efluente líquido final. Este efluente é potencialmente contaminado com odores e aspectos desagradáveis, exigindo, por estas razões, uma solução eficiente de sua disposição (FUNASA, 2006).

Segundo a NBR 13969/1997, entre os processos eficientes e econômicos de disposição do efluente líquido podem ser adotados: diluição (quando lançado em corpos d'água receptores), sumidouro, valas de infiltração e reuso (ABNT, 1997).

Na escolha da melhor alternativa de disposição final a ser adotada devem ser levadas algumas considerações, como: natureza e utilização do solo, profundidade do lençol freático, grau de permeabilidade do solo e utilização e localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano (ABNT, 1997).

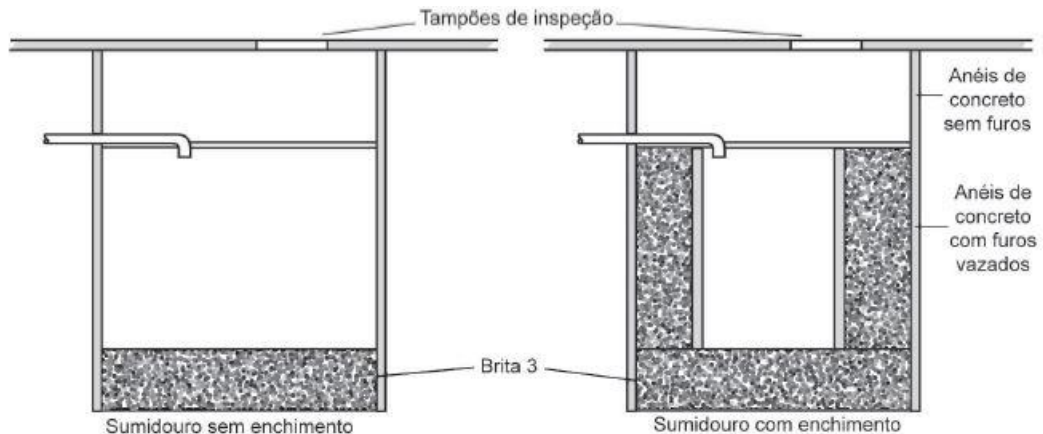
Quando o esgoto sanitário for lançado diretamente em corpo d'água receptor, a Resolução CONAMA 430/2011 observa que este deve atender aos padrões da classe do corpo receptor, após o limite da zona de mistura, sempre precedido de tratamento (CONAMA, 2011).

2.4.3.1 Sumidouro

“O sumidouro é a unidade de depuração e disposição final do efluente de tanque séptico verticalizado” (ABNT, 1997, p. 19). Pode ser preenchido ou não com material filtrante, tal qual representação da figura 10.

Quando preenchido com material filtrante, desempenha as mesmas funções da vala de infiltração, inclusive os processos, critérios e recomendações são os mesmos. Como regulamenta a NBR 13969/1997, seu uso é favorável nas áreas onde o aquífero é profundo, garantindo assim, a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível aquífero máximo (ABNT, 1997).

Figura 10– Representação de distintos sumidouros, com e sem material filtrante.



Fonte: SEZERINO, 2014, p. 86.

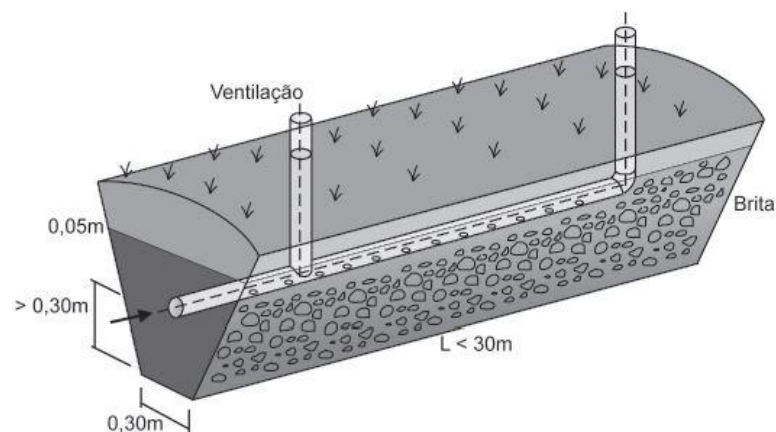
2.4.3.2 Valas de infiltração

De acordo com a NBR 13969/1997, a vala de infiltração (figura 11) 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 das características do mesmo, assim como do seu grau de saturação por água (ABNT, 1997, p. 16).

O processo de tratamento que ocorre na vala de infiltração é semelhante a vala de filtração, contudo, na vala de infiltração não há impermeabilização das laterais e fundo, permitindo assim, a infiltração do esgoto tratado no terreno (SEZERINO, 2014).

Figura 11 – Esquema representativo da vala de infiltração.



Fonte: SEZERINO, 2014, p. 83.

2.4.3.3 Reuso

Ainda que a utilização de esgotos sanitários seja uma prática difundida em alguns países, é também um conceito moderno, sendo reconhecida como importante estratégia para o desenvolvimento sustentável. Os exemplos em todo o mundo vão desde sistemas rigidamente controlados por diretrizes governamentais até iniciativas espontâneas de pequenos agricultores, acarretando, muitas vezes, em sérios riscos para a saúde pública (FLORENCIO *et al*, 2006).

As modalidades de reuso da água podem ser duas: reuso potável e não potável, incluindo neste último o reuso para fins urbanos, para fins agrícolas e florestais, para fins ambientais, para fins industriais, na aquicultura ou na recarga artificial de aquíferos. O reuso potável embora encontre exemplos de aplicação prática, não é recomendado em função da dificuldade de caracterização dos esgotos sanitários, portanto, dos riscos associados à saúde pública (FLORENCIO *et al*, 2006).

De acordo com Florencio *et al* (2006), as modalidades de reuso urbano e ambiental (paisagístico) envolvem uma grande variedade de aplicações, dentre elas: irrigação de campos esportivos, parques, jardins, cemitérios, descarga de banheiros públicos, combate a incêndios, lavagem de automóveis, limpeza de rua, desobstrução de redes de esgotos e drenagem pluvial e uso na construção civil, como compactação do solo e abatimento da poeira. Também é bastante disseminada a subdivisão dos usos agrícolas e urbanos, em uso restrito e irrestrito.

2.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

Todo resíduo sólido constitui um problema sanitário de importância, quando não recebe o devido cuidado. Considera Capanema (2014) que toda atividade humana é potencial geradora de resíduos sólidos, determinando assim que estes devem ter destinação adequada final a fim de não se tornar problema ambiental e de saúde pública.

De maneira geral, os resíduos sólidos são materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados (FUNASA, 2006, p. 227).

A NBR nº 10004/2004 classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Ainda, define resíduos sólidos (ABNT, 2004).

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, [...] bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água (ABNT, 2004, p. 7).

Os resíduos variam de composição conforme a comunidade, ou seja, de acordo com os hábitos e costumes da população, número de habitantes do local, poder aquisitivo, variações sazonais, clima, desenvolvimento, nível educacional, entre outros fatores (FUNASA, 2006). Em comunidades rurais pode-se citar ainda, os resíduos agrossilvopastoris, compreendendo os resíduos gerados nas atividades da agroindústria, nas criações animais e nos abatedouros e laticínios.

A Lei Estadual 14675/2009 que institui o Código Estadual de Meio Ambiente, define resíduos sólidos urbanos como aqueles “provenientes de residências ou qualquer outra atividade que gere resíduos com características domiciliares, bem como os resíduos de limpeza pública urbana, excluindo os resíduos perigosos”. Portanto, são Resíduos Sólidos Urbanos - RSU aqueles de origem residencial, comercial e institucional (SC, 2009).

Tendo em vista o potencial de risco à saúde pública, os resíduos sólidos devem ser classificados adequadamente, tendo como foco três categorias que apontam diretrizes para acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final (ABNT, 2004, p. 9). São elas:

- Resíduo Classe I (perigoso);
- Resíduo Classe IIA (não inerte);
- Resíduo Classe IIB (inerte).

Ainda, podem ser classificados de acordo com sua origem ou periculosidade (ABNT, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) exige que os estados e municípios elaborem seus Planos de Gestão de Resíduos, que contenham diagnóstico da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no município e

estabeleçam futuras metas de melhorias. O objetivo dos planos é melhorar os indicadores ambientais e meios de tratamento (CAPANEMA, 2014).

De acordo com Godecke (2016), dos problemas decorrentes da crescente quantidade de geração dos resíduos, pode ser citada a depleção ambiental (falta de aproveitamento e tratamento dos resíduos), resultando em prejuízos aos ecossistemas e em perda da biodiversidade. Além de reduzir o bem-estar das populações, por possíveis doenças transmitidas pelos vetores presentes nos ambientes contaminados, a depleção ambiental causa intensificação dos fenômenos climáticos decorrentes do aquecimento global. Isto porque a decomposição da matéria biodegradável presente nos resíduos e efluentes urbanos contribui para a concentração atmosférica dos gases responsáveis pelo fenômeno, os gases de efeito estufa (GEE).

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRS) surge como forma de minimização de geração dos resíduos e correta destinação dos mesmos (GODECKE, 2016).

2.5.1 Acondicionamento dos resíduos

De acordo com Barros (2012), a maneira mais eficiente de acondicionar os resíduos é no ponto de geração, em recipientes em conformidade com as características dos mesmos, ou seja, o recipiente deve possuir compatibilidade mecânica e química com tais resíduos, e isso só é possível quando se conhece a origem do resíduo e sua periculosidade. Cada comunidade atendida possui características que determinarão a melhor maneira de acondicionar e coletar os resíduos gerados.

Em geral, os RSU são acondicionados em sacos plásticos individualmente em cada domicílio, entretanto deve-se estar atento às características dos sacos plásticos, tais como: estanqueidade, resistência à queda livre e conformidade com as dimensões para cada capacidade (BARROS, 2012). No Brasil, a NBR nº 9191/2008 estabelece os requisitos para sacos plásticos destinados exclusivamente ao acondicionamento de resíduos sólidos (ABNT, 2008).

Posteriormente, os RSU são acondicionados em contêineres, conhecidos como lixeiras, que devem suportar a capacidade volumétrica dos resíduos, apresentar eficiência em relação ao seu isolamento, não permitindo a percolação de

chorume e possuir as resistências necessárias ao manuseio para efetivação da coleta (BARROS, 2012).

2.5.2 Coleta e transporte

Tratando-se da coleta e transporte de resíduos sólidos, a prática mais comumente usada é através de caminhões com sistema de compactação, devendo garantir certos requisitos, como a universalização do serviço prestado e regularidade (frequência e horário) da coleta (FUNASA, 2006).

Sob o aspecto econômico, o planejamento e a organização de um bom sistema de coleta são fundamentais, uma vez que esta fase corresponde a alto índice de custo das operações de limpeza. No que se refere ao ponto de vista sanitário, a eficiência da coleta reduz os perigos decorrentes de mau acondicionamento na fonte (FUNASA, 2006).

Em Treviso - SC, a coleta de RSU é realizada pelo CIRSURES (Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos Urbanos da Região Sul), projeto destinado à gestão adequada dos resíduos no sul do estado, contando atualmente com mais seis municípios da região: Urussanga, Orleans, Lauro Müller, Siderópolis, Cocal do Sul e Morro da Fumaça. Posteriormente, os resíduos gerados pelos municípios integrantes do consórcio são encaminhados para triagem em Urussanga, para aproveitamento dos resíduos reciclados pela cooperativa. Após essa etapa, os rejeitos são encaminhados para aterro sanitário, sua destinação final (CIRSURES, 2016).

2.5.3 Tratamento

Os resíduos sólidos contem grande diversidade de materiais resultantes de atividades cotidianas da população, apresentado em seu meio, significativa parcela de material passível de ser reciclado, diminuindo o espaço em aterros e aumentando sua vida útil (BARROS, 2012). Logo, são necessárias ações na tentativa de diminuir a quantidade de resíduos gerados.

2.5.3.1 Reciclagem

A reciclagem consiste em uma série de atividades que permitem separar, recuperar e transformar os materiais recicláveis componentes dos resíduos sólidos urbanos. Essas atividades levam a ação de reintroduzir os resíduos no ciclo produtivo (FUNASA, 2006).

Conforme Godecke (2016), a reciclagem concilia benefícios de ordem ambiental, econômica e social. Em termos ambientais, a reciclagem de resíduos sólidos secos implica em benefícios decorrentes da redução na exploração de matérias-primas utilizadas nos processos industriais, bem como na energia demandada pelos processos produtivos; de ordem econômica, a utilização de materiais reciclados resulta em aumento na competitividade das empresas, por vantagens como facilidade de acesso e os menores custos dos insumos reciclados, bem como, propaganda ecológica; do ponto de vista social, a reciclagem beneficia a sociedade como um todo, na geração de emprego e renda.

Anteriormente a reciclagem, deve-se realizar coleta seletiva dos resíduos, pois esta proporciona que o processo de reciclagem seja gerenciado com êxito, uma vez que a segregação dos materiais auxilia nos procedimentos que envolvem a catação e posterior reciclagem. No Brasil, os materiais que são recuperados na coleta seletiva são, principalmente, papéis e papelão, plásticos, vidros e metais (CAPANEMA, 2014).

A resolução CONAMA nº 275/2001 estabelece o código de cores (quadro 01) para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva (CONAMA, 2011).

Quadro 01 – Padrão de cores para diferenciação de materiais na coleta de resíduos.

Cor	Material
Azul	Papel/papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Marrom	Resíduos orgânicos

Fonte: CONAMA, 2011, adaptado pela autora.

De acordo com CIRSURES (2016), no ano de 2014, início da coleta seletiva no município de Treviso, foram recolhidos 24,29 ton de todo o RSU gerado e

entretanto, no ano seguinte a quantidade de resíduos recicláveis coletados foi de 73,67 ton.

2.5.3.2 Logística reversa

Nesta prática os resíduos são restituídos ao setor empresarial para reaproveitamento ou destinação final adequada. No contexto dos resíduos sólidos gerados em comunidades rurais, os principais resíduos de logística reversa são as embalagens de agrotóxicos. O inpEV (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias) atua como representante das empresas fabricantes, coordenando a destinação final do material encaminhado às unidades de recebimento. A destinação final das embalagens é a reciclagem ou incineração (CAPANEMA, 2014).

2.5.3.3 Compostagem

“Processo biológico, aeróbio e controlado, no qual a matéria orgânica do resíduo é convertida em composto orgânico pela ação de microrganismos já existentes neste” (FUNASA, 2006, p. 264). De acordo com Capanema (2014), considera-se que mais de 50% do resíduo é composto de matéria orgânica putrescível, passível de ser compostada.

São fatores importantes durante a compostagem: umidade, aeração, temperatura, pH, nutrientes e microrganismos presentes (FUNASA, 2006).

O processo de decomposição na compostagem ocorre em três fases. Na primeira fase, conhecida como decomposição ativa, ocorre intensa atividade dos microrganismos, que resulta no aumento da temperatura, atingindo um valor de até 70 °C. A alta temperatura é suficiente para eliminar os possíveis microrganismos patogênicos presentes no resíduo. Essa fase pode durar em torno de 60 dias nos sistemas de compostagem natural. Na segunda fase, conhecida como fase de maturação, ocorre a humificação e mineralização da matéria orgânica. Nela estão presentes as bactérias e fungos, que vivem em um ambiente cuja temperatura inicial é em torno de 45 °C. A maturação nessa fase pode durar de dois a quatro meses e a temperatura tende a baixar até os 30 °C (CAPANEMA, 2014).

Já na terceira fase, a celulose e a lignina (componentes difíceis de degradar pelos microrganismos) são decompostas e transformadas em substâncias húmicas. Nessa fase a temperatura cai, atingindo valores entre 25 e 30 °C e pode haver a presença de minhocas no composto. O aspecto do resíduo na fase final é próximo ao de terra vegetal (CAPANEMA, 2014).

Como a decomposição do resíduo sólido ocorre de forma aeróbia, é de vital importância a presença de oxigênio atmosférico durante o processo. Assim, recomenda-se que inicie a montagem e preenchimento das leiras (montes dispostos para compostar) com uma camada de podas ou galhos de árvores picados, de modo a aumentar a porosidade do meio para, em seguida, preenchê-las com os resíduos orgânicos. Também, que as leiras sejam revolvidas periodicamente após sua formação (CAPANEMA, 2014). Na figura 12 é possível observar duas leiras de compostagem, dispostas no pátio e recobertas, a fim de evitar infiltração de processos climáticos.

Figura 12 – Leira de compostagem.



Fonte: FUNASA, 2006, p. 263.

2.5.4 Disposição final

No Brasil, os métodos de disposição final de resíduos sólidos empregados são três: aterros sanitários, aterros controlados e vazadouros a céu aberto, mais conhecidos como lixões (CAPANEMA, 2014). Dos métodos aplicáveis, apenas o aterro sanitário é considerado como disposição legal.

Os lixões e aterros controlados são as opções menos indicadas uma vez que não são considerados métodos ambientalmente adequados, pois não são projetados com critérios de engenharia que visam à proteção do meio ambiente. Os aterros sanitários, por sua vez, apresentam a melhor disposição final dos resíduos. Consistem no confinamento (aterramento) dos resíduos e seu isolamento do ambiente até que sejam estabilizados através de processos biológicos, químicos e físicos que ocorrem dentro do aterro (CAPANEMA, 2014).

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve a área de estudo e os materiais e métodos de pesquisa utilizado para a realização do trabalho. O processo de desenvolvimento para realização da pesquisa foi segmentado em quatro etapas: (1) delimitação da área de estudo e coleta de dados primários; (2) levantamento de tecnologias sociais de saneamento aplicada ao local; (3) coleta de dados secundários e (4) análise dos resultados.

O trabalho foi realizado por meio de pesquisa aplicada, uma vez que visa a solução de problemas específicos, envolvendo interesses locais, no qual o presente trabalho apresenta alternativas técnicas de saneamento básico.

Segundo Silva e Menezes (2005), o presente estudo caracteriza-se como pesquisa quantitativa, visto que é baseado em interpretação de dados e equações teóricas, caracterizando-se como pesquisa descritiva. Ainda, o tema deste estudo se insere em linha de pesquisa de recursos hídricos e saneamento ambiental, conforme linhas de pesquisa e extensão caracterizadas pela Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC.

3.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Treviso, município ao sul do estado de Santa Catarina, localiza-se próximo às encostas da Serra Geral, entre as praias do litoral Sul e o planalto serrano. Situada a 145 m de altitude e pertencente à Microrregião da AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera, tendo como municípios limítrofes: Lauro Müller, Siderópolis, Urussanga e Bom Jardim da Serra (PMT, 2017) assim como observado na figura 13.

O município possui uma área de 157 km², predominantemente rural, sendo composto apenas por 1,66 km² de área urbana e 155,34 km² de área rural (PMT, 2017).

Figura 13 – Localização do município de Treviso, SC.



Fonte: WikiMapia, 2017.

O relevo do município é formado por uma topografia razoavelmente acidentada. As planícies costeiras aparecem no leste e as planícies pluviais surgem no baixo do rio Mãe Luzia. Alguns relevos residuais partem dos patamares da Serra Geral. O clima do município, segundo Köppen, classifica-se como Mesotérmico do tipo temperado. Apresenta uma temperatura média anual de 19,3 °C e uma precipitação média anual de 1660 mm (PMT, 2017).

De acordo com o IBGE (2017), em Treviso encontra-se parte da Reserva Biológica Estadual do Aguaí, com área de 7600 hectares e que se estende entre os municípios de Siderópolis, Treviso e Nova Veneza, nos beirais da Serra Geral. A fauna e flora diversificadas da Reserva constituem uma grande riqueza natural.

A área em estudo do presente trabalho (figura 14) localiza-se na zona rural do município, na comunidade de Cirenaica, a oeste do município e 2,2 km de distância da Reserva Biológica do Aguaí.

Figura 15 – Sede administrativa.



Fonte: da autora, 2017.

No interior da propriedade encontra-se zona de reflorestamento contendo vegetação nativa e exótica (em sua maioria eucalipto), em extensão de 3,5 ha, aproximadamente. O principal atrativo da área é a trilha ecológica em seu interior (figura 16), na qual são realizadas caminhadas a fim de se observar fauna e flora provenientes do bioma Mata Atlântica, realizando assim, educação ambiental (proteção e conservação de vegetação) a jovens e adultos. A trilha se entende em um percurso de 1350 metros e acompanha corrimão de madeira legal em sua extensão, contendo ainda em alguns trechos, pneus que atuam na drenagem da água e funcionam como degraus para facilitar a subida e descida dos visitantes.

Figura 16 – Trilha ecológica.



Fonte: da autora, 2017.

O Estado de Santa Catarina é composto por dez regiões hidrográficas, sendo que o município de Treviso situa-se Região Hidrográfica RH-10 – Extremo Sul Catarinense, formada pelas bacias dos rios Araranguá, Urussanga e Mampituba. Dentro dos limites da bacia do Rio Araranguá estão definidas cinco sub-bacias principais: Araranguá, dos Porcos, Mãe Luzia, Manoel Alves e Itoupava. Treviso está inserida na sub-bacia do Rio Mãe Luzia, tendo como principais rios que cortam o município: Mãe Luzia, Congonhas, Dória, Ferreira, Morosini, Manim, Rio do Pio e no limite do município, o Rio Costão (COSTA, 2012).

O município possui uma hidrografia bastante notável devido à variação topográfica do local. Com isso, podem ser encontradas diversas nascentes, cursos d'água e cachoeiras na região. De acordo com relato informado pela proprietária, a área de estudo apresenta algumas nascentes, perenes durante o ano, observadas em campo. Entretanto, em pesquisa ao Sistema de Informações Geográficas – SIGSC, encontra-se registrada a existência de uma nascente no local de coordenadas UTM (646346 E; 6844265 S), cota planialtimétrica 229 metros e distante 186 metros da edificação. Por se encontrar em área de difícil acesso, esta nascente não pôde ser localizada.

O solo que compõe a área em estudo é denominado CAMBISSOLO, apresentando como característica a grande variação de profundidade, com drenagem imperfeita a acentuada, podendo muitas vezes ser pedregoso, cascalhento e rochoso, ocorrendo em todas as regiões do Brasil, preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas (EMBRAPA, 2006). De acordo com Freitas (2016), na área há ocorrência do solo tipo Ca25, caracterizado por uma associação de CAMBISSOLO Álico Tb A moderado textura argilosa, relevo suave ondulado + Solos Litólicos Álicos A moderado. Conforme Potter, *et al.* (2004, p. 428) “este solo foi definido em função da seguinte combinação de características: alta saturação por alumínio trocável, argila de atividade baixa (Tb), horizonte A do tipo moderado e textura argilosa”. Possui baixa fertilidade natural e forte suscetibilidade à erosão.

A proprietária do local almeja futuras intenções de expansão das atividades turísticas da área, possuindo projeto denominado “Trilhas do Aguaí”, nome designado devido à proximidade da Rebio. Este projeto apresenta implantação de trilha especial para públicos com deficiência física, auditiva e visual, além de expansão da atual trilha existente no local. Pretende-se também, a implantação de labirinto ecológico, formado de pneus reutilizados, totalizando uma área de 52,5 m²,

em área de reflorestamento. Ainda, prevê-se ampliação da sede administrativa, em área total de 80 m² (figura 17).

Figura 17 – Planta baixa de sede administrativa.



Fonte: SIEBERT, 2016, p. 5

Das atividades desenvolvidas no local:

1. Recepção, no centro administrativo, por guias e condutores;
2. Apresentação de audiovisual com conteúdo didático;
3. Caminhada pela trilha e exposição às esculturas de animais silvestres, reconhecimento dos sons e do cenário natural conduzido por profissionais;
4. Lazer e entretenimento no Labirinto de Pneus proporcionado por desafio e competição entre os participantes;
5. Retorno ao centro administrativo para conclusão das atividades;
6. Plantação de mudas de árvore nativa como incentivo ecológico.

De acordo com estimativa projetada, é prevista no local população temporária de até 50 habitantes/dia, incluindo alunos, professores e funcionários da propriedade, apresentando periodicidade de visitas três vezes semanais.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA AÇÕES DE SANEAMENTO

Para intervenções de saneamento básico aplicadas ao local de estudo, citam-se:

- Ações de abastecimento de água;
- Ações de esgotamento sanitário;
- Ações de gestão de resíduos.

Não se inclui no presente trabalho ações de drenagem pluvial de águas. Estando a propriedade localizada em área rural, não há norma legislativa sobre técnicas de drenagens pluviais atuante no local, sendo este, característico de áreas urbanas. Ainda, as características do solo permitem o escoamento e drenagem das águas provenientes da chuva de forma natural, que venham a ser canalizadas aos cursos d'água próximos.

3.2.1 Coleta de dados

Por meio de visitas ao local e diálogos com a proprietária, foi possível elaborar diagnóstico das condições de saneamento básico no local. Constatou-se a existência de fossa simples a poucos metros da edificação, atualmente fora de uso. Ainda, não há qualquer técnica que viabilize o abastecimento de água no local, a água para consumo pode ser coletada diretamente das nascentes ou de cursos d'água próximos.

A coleta de resíduos é realizada periodicamente na comunidade de São Vitor e Cirenaica por caminhão coletor da CIRSURES.

3.2.2 Levantamento de tecnologias sociais aplicáveis à área de estudo

Esta etapa corresponde a determinação de uma alternativa técnica viável e de fácil manutenção no local de estudo, garantindo saneamento básico de forma adequada, considerando que a proposta do presente trabalho é a proposição de metodologias sustentáveis e de cunho social, implantadas em meio rural. O estudo de tecnologias sociais foi realizado por meio de revisão bibliográfica das técnicas sociais existentes.

3.2.2.1 Abastecimento de água

Na escolha da metodologia de fornecimento de água proposta à propriedade, constatou-se surgências de nascentes na área, caracterizando assim, método acessível de abastecimento de água individual. A presença de nascentes no interior da propriedade rural pode garantir o abastecimento de água de boa qualidade para os contribuintes. Posteriormente, avaliaram-se as metodologias existentes em bibliografias para efeitos de comparação e tomou-se por base a alternativa disponível. As características do terreno são propícias para essa finalidade, pois as nascentes se encontram em nível topográfico acima da edificação, possibilitando que a água tenha boa vazão e pressão suficiente. Assim não há necessidade de bombear a água para reservatório de água.

Na finalidade de proteger a nascente e utilizar-se da água para abastecimento humano, são necessárias medidas que comprovem a viabilização do projeto, para tanto, consultou-se a legislação na finalidade de uso da água. De acordo com o Decreto Estadual nº 4778/2006, independem de outorga o uso da água de caráter individual para necessidade básica, depois de aprovado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica referente (SC, 2006). A área de estudo insere-se no Comitê da Bacia do Rio Araranguá, ao qual dispensa necessidade de outorga quando do suprimento de água destinada ao consumo familiar ou de pequenos grupos populacionais.

Ainda, conforme estudos levantados pelo Comitê da Bacia do Rio Araranguá juntamente com o Governo do Estado, a área de estudo sofre influência do aquífero relacionado às rochas basálticas da Formação Serra Geral (SDS, 2014).

Devido à dificuldade de localização da referida nascente citada neste trabalho, escolheu-se uma dentre as nascentes disponíveis no local para análise da qualidade de água, disponível em cota menor (216 metros), a uma distância de 167 metros da edificação. Foi avaliada a vazão disponível de água através da equação 01 e realizada coleta de amostra da água de surgência, analisando-se os parâmetros: pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, coliformes fecais (*E. coli*) e coliformes totais.

$$Q = V * A \quad (1)$$

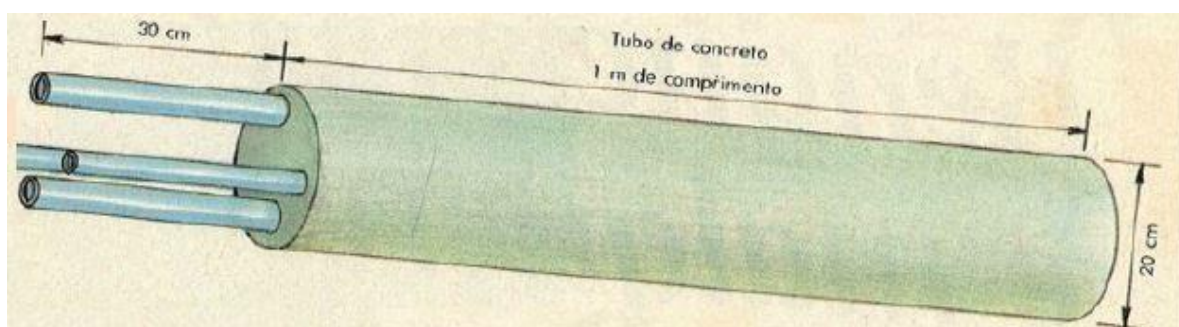
Onde: Q = vazão (cm³.s⁻¹);

V = velocidade (cm.s^{-1});

A = área da seção (cm^2)

A técnica proposta para distribuição de água caracteriza-se como tecnologia social de baixo custo, identificada como Proteção de fonte Modelo Caxambu (figura 18), desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EPAGRI). Este método é bastante difundido pela EPAGRI em comunidades rurais, local de eficiente adaptação do modelo e tem como função melhorar as condições da nascente e influenciar positivamente na qualidade e potabilidade de água. Esse modelo atua como filtro, ou seja, permite a filtragem natural da água e evita a contaminação da água por resíduos sólidos, além de diminuir a possibilidade de contaminação bacteriológica.

Figura 18 – Modelo Caxambu.



Fonte: EPAGRI, 2015.

Para implantação do modelo são necessários os seguintes materiais:

- Um tubo de concreto de 20 cm de diâmetro;
- Dois canos de PVC de 30 cm de comprimento e 40 mm de diâmetro para cano-ladrão e limpeza;
- Dois canos de PVC de 30 cm de comprimento e 25 mm de diâmetro;
- Dois adaptadores de $\frac{1}{2}$ polegada;
- Brita nº 2;
- Pedra ferro;
- Lona plástica.

Inicialmente, deve-se concretar o tubo de 20 cm de diâmetro com os canos de PVC em uma extremidade, e a outra deve permanecer aberta, de modo a

permitir a passagem da água. O tubo deve ser secado a sombra até completa secagem, tomando o cuidado de molhar todos os dias.

Para implantação do modelo Caxambu na nascente, são adotadas as seguintes etapas de construção:

1. Localizar a nascente e preparar o ambiente através da remoção de lodo, folhas e raízes; observar se há alterações no local da nascente e de volume de água por prazo de 30 dias;
2. Fazer abertura de vala para que o tubo de concreto seja assentado;
3. Coloca-se o Protetor Caxambu de modo que a parte aberta penetre ligeiramente no solo que circunda o olho d'água;
4. Assenta-se o tubo com massa de barro ou cimento;
5. Cobre-se parcialmente o tubo com camada de pedra ferro;
6. Coloca-se manualmente, pedras menores que as anteriores de modo que cubra quase todo o tubo de concreto;
7. Segue-se uma camada de brita nº 2 para cobrir as pedras menores;
8. Veda-se o local com lona plástica e recobre-se com terra até o nível do solo.

Protegida do contato direto com materiais orgânicos, a turbidez da água tende a diminuir. É recomendado à esse sistema que se faça isolamento da área, com cerca, a fim de evitar tráfego de animais, bem como, reconstituição vegetal da área.

Para atender o consumo de água faz-se necessário a utilização de um reservatório, ou seja, posteriormente à captação de água na nascente, esta segue para caixa d'água e passa por processo de desinfecção, a fim de atender aos Padrões de Potabilidade dispostos na Portaria MS nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

3.2.2.2 Tratamento de esgoto

Na escolha do processo mais adequado deve ser levado em conta alguns fatores essenciais, como o grau de permeabilidade do solo e nível do lençol freático. Para a área em estudo o projeto propõe como alternativa de tratamento de esgoto doméstico proveniente de sanitários e cozinha, sistema constituído de caixa de gordura, localizado na saída do efluente proveniente da cozinha, tanque séptico

seguido de zona de raízes (wetland) de fluxo horizontal a uma distância segura das edificações, com propósito de evitar odores desagradáveis, caso venham a surgir. Após tratamento, é previsto que o efluente siga para destinação final, através de sumidouro.

3.2.2.2.1 *Procedimentos para dimensionamento de tanque séptico*

De acordo com a NBR 7229/1993, o tanque séptico deve ser construído em uma distância mínima de 1,50 m de construções, limites de terreno e sumidouros; 3,0 m de árvores e 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza (ABNT, 1993).

Para dimensionamento do tanque é empregada a seguinte equação, de acordo com a NBR 7229/1993:

$$V = 1000 + N (CT + KLf) \quad (2)$$

Na qual: V = Volume útil (L);

N = número de pessoas;

C = contribuição de despejos (L.pessoa⁻¹.dia⁻¹);

T = período de retenção, em dias (tabelado);

K = taxa de acumulação de lodo digerido (dia), equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (tabelado);

Lf = contribuição de lodo fresco, em L.pessoa⁻¹.dia⁻¹ (tabelado).

A NBR 7229/1993 apresenta ainda, em tabela, os valores para T, K e Lf. A profundidade útil do tanque é tabelado de acordo com o volume útil calculado, e varia entre 1,20 m a 1,80 m de profundidade mínima e 2,20 m a 2,80 de profundidade máxima (ABNT, 1993).

Em relação a manutenção do tanque, o lodo e a espuma acumulados devem ser removidos a intervalos periódicos, em função da temperatura média do mês mais frio, conforme tabela em anexo à norma. O lodo seco pode ser disposto em aterro sanitário, usina de compostagem ou campo agrícola, decisão esta tomada por proprietária da área, conforme volume gerado e alternativa mais viável economicamente.

3.2.2.2.2 Procedimentos para dimensionamento de Zona de Raízes

Considerando que o efluente que sai do tanque séptico apresenta eficiência de remoção de DBO de 30 a 55%, sólidos suspensos de 20 a 99% e óleos e graxas de 70 a 90%, este segue para tratamento secundário, composto por zona de raízes. A passagem de efluente do tanque séptico para wetland funciona sem gasto de energia e utiliza-se da gravidade para conduzir o efluente, tornando-se um sistema de baixo custo e pouca manutenção.

Não há na literatura normalização vigente para construção de sistema de zona de raízes no país, entretanto, a associação de tanques sépticos como tratamento primário seguido por zona de raízes (tratamento secundário) já foi estudo de vários trabalhos e se apresenta como uma alternativa viável e eficiente para o saneamento rural do Brasil (OLIJNYK *et al.*, 2007). Nota-se significativa variabilidade nos dados de dimensionamento e composição do material filtrante, dificultando a padronização do sistema.

Para o dimensionamento de wetlands construídos de escoamento subsuperficial de fluxo horizontal, foram pesquisadas três distintas metodologias: o modelo oriundo da cinética de primeira ordem aplicada a reatores pistão, a relação área per capita e o carregamento orgânico superficial e taxa hidráulica.

Modelo oriundo da cinética de primeira ordem aplicada a reatores pistão

De acordo com Conley (1991 apud SEZERINO *et al.*, 2015, p. 153), “este modelo é o mais difundido, sendo utilizado no cálculo da área superficial da zona de raízes”, conforme a seguinte equação:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T \cdot t) \quad (3)$$

Onde: C_e = concentração efluente em termos de DBO (mg.L^{-1});

C_o = concentração afluente em termos de DBO (mg.L^{-1});

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem, em função da temperatura T (d^{-1});

t = tempo de retenção hidráulico (d).

O tempo de detenção hidráulico, em função da porosidade do meio filtrante, pode ser calculado (SEZERINO *et al.*, 2015), pela equação abaixo.

$$t = n \frac{V}{Q} \quad (4)$$

Na qual: t = tempo de retenção hidráulico (d);

n = porosidade do material filtrante (m^3 vazios. m^{-3} material);

V = volume do filtro (m^3);

Q = vazão a tratar ($\text{m}^3.\text{d}^{-1}$).

Ainda, a constante K_T pode ser obtida através de equações empíricas que relacionam a constante de reação a 20 °C (K_{20}) com a equação modificada de Van't Hoff-Arrhenius (WPCF, 1990, apud SEZERINO *et al.*, 2015).

$$K_T = K_{20} \cdot (1,06)^{T-20} \quad (5)$$

Sendo: K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem;

K_{20} = constante de reação a 20 °C (d^{-1});

T = temperatura crítica (°C).

Há uma diversidade de valores para a constante K_{20} , sendo estimado em valores que variam de 0,21 a 2,92 d^{-1} , conforme Conley (1991, apud SEZERINO *et al.*, 2015).

Dessa forma, é possível estimar a área superficial requerida para a zona de raízes, conforme a seguinte equação:

$$A = \frac{Q \cdot \ln\left(\frac{C_o}{C_e}\right)}{K_T \cdot p \cdot n} \quad (6)$$

Onde: A = área superficial requerida (m^2);

Q = vazão afluyente ($\text{m}^3.\text{d}^{-1}$);

C_o = concentração afluyente em termos de DBO_5 ($\text{mg.L}^{-1} = \text{g.m}^{-3}$);

C_e = concentração efluyente em termos de DBO_5 ($\text{mg.L}^{-1} = \text{g.m}^{-3}$);

K_T = constante de reação da cinética de primeira ordem (d^{-1});

n = porosidade do material filtrante (m^3 vazios. m^{-3} material);

p = profundidade média do filtro (m).

Ainda, é de necessidade o conhecimento da concentração efluente em termos de DBO_5 , utilizando-se da equação a seguir.

$$Ef = \left(\frac{Co - Ce}{Ce} \right) * 100 \quad (7)$$

Onde: Ef = eficiência de remoção (%)

A vazão afluente à zona de raízes é passível de ser calculada pela equação abaixo.

$$Q = pop * QPC \quad (8)$$

Ao qual: Q = vazão afluente (m^3);

Pop = população atendida (habitantes);

QPC = geração per capita ($\text{L.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$).

Relação área per capita

A relação $\text{m}^2.\text{pessoa}^{-1}$ é empregada em muitos casos como único critério de dimensionamento, em unidades residenciais unifamiliares. Para afluentes com características de esgoto doméstico sanitário, faixas de aplicação encontram-se variando de 1,0 a 5,0 m^2 por pessoa (SEZERINO *et al*, 2014). Para diferentes características de águas residuais afluentes aos wetlands, percebe-se uma ampla faixa de valores para a relação área per capita, dificultando assim, o estabelecimento de uma relação de dimensionamento relacionado.

Carregamento orgânico superficial e taxa hidráulica

Método pouco confiável, uma vez que a maioria dos valores encontrados na literatura nacional reportam o carregamento orgânico em termos de DBO e DQO, com uma grande faixa de amplitude, variando de 2,08 g DBO. $\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ (CALIJURI *et al.*, 2009) a 66 g DBO. $\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ (OLIJNYK *et al.*, 2007).

Ainda, o carregamento orgânico pode ser expresso em termos de sólidos em suspensão, variando entre 1,9 g SS. m⁻².d⁻¹ (OLIJNYK, 2008) a 41 g SS.m⁻².d⁻¹ (OLIJNYK *et al.*, 2007).

Ademais ao cálculo da área superficial, outros fatores há de ser contabilizado, como o material filtrante e macrófitas utilizadas. Quanto a esta última, a escolha deve ser feita levando-se em consideração a tolerância das plantas em ambientes saturados de água e/ou esgoto, seu potencial de crescimento e a presença dessas plantas onde o sistema de tratamento será implantado. Nesse sentido, através de pesquisas em projetos previamente implantados, concluiu-se que a *Typha spp* se destaca como sendo a macrófita mais empregada devido sua simples adaptação e apresentar estrutura interna formada por tecidos com espaços abertos, através dos quais ocorre transporte de oxigênio da atmosfera para as folhas e daí para as raízes e rizomas. Assim sendo, foi selecionada para compor o sistema de tratamento na área de estudo.

Os sistemas zonas de raízes de escoamento subsuperficial dispõem de um substrato (material filtrante) composto por camadas de areia, brita e cascalho, além das macrófitas do tipo emergente, cujas raízes são plantadas diretamente nesse recheio (SEZERINO, 2014).

3.2.2.2.3 Procedimentos para dimensionamento de sumidouro

A última etapa do sistema de tratamento de esgoto consiste na destinação final do efluente, sendo selecionado neste trabalho, o sumidouro. Esta opção permite a percolação do efluente no solo, exercendo sua depuração final. Para atender aos critérios estabelecidos no Anexo A da norma NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), deve ser realizado teste de percolação do solo para avaliar a capacidade de absorção do terreno, definindo taxa de percolação (min.m⁻¹) e conversão para taxa de aplicação superficial (m³.m⁻².d⁻¹). A fim de evitar riscos de contaminação, recomenda-se que o fundo do sumidouro esteja a uma distância mínima de 1,50 m do lençol freático.

A construção de um sumidouro começa pela escavação de vala em sequência à zona de raízes e cota mais baixa para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade.

Deve-se respeitar uma distância horizontal mínima de 1,5 m entre as paredes de poços múltiplos, outras construções e limites de terrenos; 3 m de árvores e 15 m de poços freáticos e corpos d'água. Os tubos de distribuição no interior da vala devem ter diâmetro de 10 cm, com cavas laterais de diâmetro 0,01 m (ABNT, 1997).

Os materiais de enchimento do sumidouro podem ser britas até nº 4 ou pedras com características correspondentes, como cascalho.

De acordo com NBR 13969/1997, para o dimensionamento do sumidouro deve-se calcular a área superficial útil de infiltração através da equação:

$$A = \frac{V}{Tx_A} \quad (9)$$

Onde: A = área superficial útil de infiltração (m²);

V = volume diário de contribuição (m³.dia⁻¹);

Txa = Taxa de Aplicação Superficial (m³.m⁻².dia⁻¹).

Encontrando-se valores para a área superficial de infiltração é possível calcular a altura útil do sumidouro, conforme equação abaixo.

$$A = (L * H) * 4 + (L * L) \quad (10)$$

Sendo: H = altura útil necessária (m);

A = área necessária (m²);

L = laterais do sumidouro.

A NBR 13969/1997 recomenda a inspeção do sumidouro a cada seis meses (ABNT, 1997).

3.2.2.3 Destinação de resíduos sólidos

Sabendo-se que o CIRSURES realiza coleta seletiva dos resíduos sólidos na área, não há necessidade de caracterizar destinação correta a estes. Portanto, o destino correto dos resíduos orgânicos gerados na área caracteriza fonte de estudo desta etapa.

O método de tratamento dos resíduos selecionado foi a compostagem, dentre as alternativas, por se tratar de técnica viável. A compostagem deve ser desenvolvida em duas fases distintas: a primeira, fase ativa, quando ocorrem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas; e a segunda, fase de maturação, onde ocorre a humificação do material previamente estabilizado. Ainda, alguns aspectos técnicos devem ser levados em conta para a construção de uma área de compostagem: declividade do terreno: 2% a 3%; regularização do piso, ou seja, local plano; impermeabilização da área; infraestrutura necessária, água e energia elétrica. O local preferencialmente deve ser coberto e sem ventos fortes. A impermeabilização da área e declividade do terreno permitem que o efluente líquido resultante do processo (chorume) não percole no solo (PEREIRA NETO, 2007).

Ao montar as pilhas/leiras, o ideal é que a massa de compostagem seja resultante da mistura de vários resíduos orgânicos, tais como sobras de alimentos, restos de culturas vegetais, entre outros. Dessa forma, serão garantidos o equilíbrio nutricional e a flora microbológica diversificada, definindo alta eficiência ao processo. A matéria-prima a ser compostada, deve estar livre de materiais inertes (CAOPMA, 2012). Para a melhoria do processo de compostagem poderão ser utilizados materiais orgânicos como restos vegetais da agricultura, bem como, materiais fornecedores de nutrientes minerais.

A forma geométrica dos montes pode ser duas: as pilhas, de forma cônica, e as leiras, apresentando forma prismática, de comprimento e largura variáveis. A altura para pilhas e leiras deve ser menor que 1,5 m, facilitando o revolvimento do material (PEREIRA NETO, 2007).

De acordo com Pereira Neto (2007), para dimensionamento de uma leira, calcula-se a área da seção, conforme equação:

$$A_s = \frac{B.H}{2} \quad (11)$$

Onde: A_s = área da seção reta (m^2);

B = largura da leira (m), valor estimado;

H = altura da leira (m), valor estimado.

Assim, é possível calcular o volume da leira, de acordo com a seguinte equação:

$$V = \frac{Q}{D} \quad (12)$$

Na qual: V = volume da leira (m³);

Q = quantidade de massa compostada (kg);

D = densidade da massa compostada (kg.m⁻³)

Por último, comprimento da leira é calculado pela equação:

$$C = \frac{V}{A_s} \quad (13)$$

Ainda, calcula-se a área do pátio de compostagem multiplicando-se a largura e comprimento da leira.

$$A_b = B \cdot C \frac{V}{A_s} \quad (14)$$

Onde: A_b = área da base (m²).

As leiras necessitam de área de folga para reviramento, adotando-se nesse caso o valor encontrado para área de base.

São necessários alguns cuidados básicos durante as fases da compostagem como controle de temperatura, umidade, aeração e de restos alimentares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são descritos e analisados os resultados obtidos dos dimensionamentos para as etapas de ações de saneamento propostas.

4.1 PROTEÇÃO DE FONTE MODELO CAXAMBU

O presente trabalho atende-se apenas a descrever método de abastecimento de água, não atendendo a etapa de execução do projeto. Assim, apenas calculou-se a vazão de água aflorando através da equação 01, em distintos dias, e anotou-se os resultados, amostrados na tabela 03.

Tabela 03 – cálculo da vazão de água na nascente.

Área (cm ²)	Velocidade (cm.s ⁻¹)	Vazão (cm ³ .s ⁻¹)	Vazão (L.s ⁻¹)
50	1,1	55	0,055
50	1,5	75	0,075
50	2,3	115	0,115

Fonte: da autora, 2017.

Assim, a referida nascente apresentou vazão medida de 0,081 L.s⁻¹. Vale mencionar que a última medida de vazão foi efetuada logo após período de chuvas, significando assim aumento da água disponível na nascente.

Associada à medição de vazão, fez-se também coleta de amostra de água da nascente a fim de avaliar parâmetros de potabilidade. Os resultados encontram-se descritos na tabela 04.

Tabela 04 – Valores de parâmetros analisados da amostra de água.

Parâmetros	Unidade	Resultado	VMP ⁽¹⁾
pH	-	7,3	6,0 a 9,0
Cor aparente	mg.L ⁻¹	184	15
Turbidez	NTU	24,5	5
Sólidos Totais Dissolvidos	mg.L ⁻¹	88	1000
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	2,3x10 ¹	Ausente
Coliformes Totais	NMP/100 mL	2,3x10 ¹	Ausente

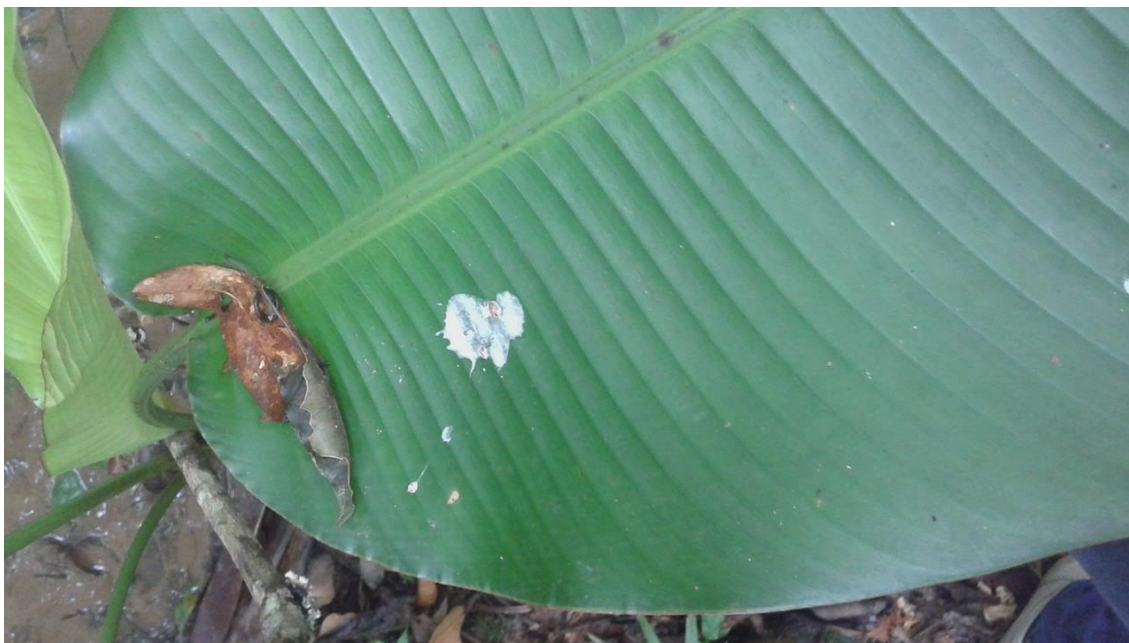
Fonte: Relatório de Ensaio Unificado Nº 137938/2017 – Laboratório de Águas e Efluentes – IPAT / IPARQUE/UNESC.

Obs.: ⁽¹⁾ Portaria MS nº 2914/2011.

Analisando-se os resultados da amostra, é notável que a cor aparente e turbidez se mostraram superiores ao permitido pelos padrões de potabilidade. Isso pode ter ocorrido devido ao possível manuseio incorreto no momento de coleta, ao qual acarretou no aumento da turbidez e cor aparente da água amostrada para análise. Ainda, estes parâmetros podem estar relacionados ao fato da lâmina d'água estar muito próxima ao solo, podendo ocasionar carreamento de sólidos na amostra.

Também notou-se presença de coliformes acima dos VMP, característica que deve estar relacionada à frequência de animais e insetos na mata. Em momento de coleta de água para posterior análise, observou-se presença de fezes de aves em local próximo a nascente (figura 19), situação que pode acarretar no aumento de coliformes fecais.

Figura 19 – Fezes de animais próximo à nascente.



Fonte: da autora, 2017

Uma vez implantado o sistema de proteção de nascentes Modelo Caxambu, a água destinada à abastecimento tende a apresentar melhores condições de turbidez e cor. Para fins de implantação do estudo de caso, sugere-se novas análises de qualidade da água nesta nascente, bem como, na nascente originalmente proposta (identificada no SIG-SC) uma vez que esta deve atender as vazões de abastecimento, como sugerido pela proprietária do local. Previamente, sugere-se consulta e respectiva autorização por parte dos órgãos competentes,

neste caso, o Comitê da Bacia do Rio Araranguá, na ocorrência deste já houver uso pretendido para a nascente.

Sugere-se ainda, acompanhamento do ciclo hidrológico da bacia na área, por período mínimo de um ano, a fim de reconhecer se o uso da água para abastecimento humano não afeta o aquífero.

Para efeito comparativo ao presente trabalho, a figura 20 detalha implantação do Modelo Caxambu em nascente localizada no município de Serra Alta, no estado de Santa Catarina.

Figura 20 – Etapas de construção do Modelo Caxambu, em Serra Alta – SC.



a) Assentamento do tubo de concreto com massa de cimento; b) Proteção da fonte, com barragem e pedras; c) Funcionamento da fonte. Fonte: PMSA, 2014.

Está previsto rede de abastecimento por gravidade com mangueira de polietileno até reservatório de 2000 litros, ao qual pode ser adicionado pastilhas de hipoclorito de cálcio ou dosado hipoclorito de sódio para desinfecção.

Para efeito comparativo ao presente trabalho, a figura 21 detalha reservatório de água de abastecimento em propriedade rural, no município de Cocal do Sul, após implantação em nascente do Modelo Caxambu na comunidade de Rio Comprudente baixo.

Figura 21 – Reservatório de água, em Cocal do Sul – SC.



Fonte: EPAGRI – Cocal do Sul, 2013.

4.2 DIMENSIONAMENTO DE FOSSA SÉPTICA

O dimensionamento do tanque séptico seguiu as disposições da NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) sendo previsto consumo temporário de 50 habitantes.dia⁻¹.

4.2.1 Parâmetros de projeto

Seguindo as recomendações da NBR 7229/1993, pode-se encontrar os parâmetros do projeto de dimensionamento de uma fossa séptica, considerando que o local apresenta ocupação temporária, através das tabelas 05, 06, 07 e 08.

Tabela 05 – Contribuição diária de esgoto e lodo fresco por tipo de prédio/ocupante.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos © e lodo fresco (Lf)	
Ocupantes permanentes			
Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
Hotel (Exceto lavanderia/cozinha)	Pessoa	100	1
Alojamento provisório	Pessoa	80	1
Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
Escritório	Pessoa	50	0,20
Edifício público/comercial	Pessoa	50	0,20
Escolas 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	Bacia sanitária	480	4,0

Fonte: ABNT, 1993, p. 04.

A partir dos dados estimados na tabela 05, encontrou-se a quantidade de esgoto gerado no local, através da quantidade de pessoas e da contribuição de esgoto.

$$L = 50 * 50$$

$$L = 2500 \text{ litros.dia}^{-1}$$

Tabela 06 – Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária.

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

Fonte: ABNT, 1993, p. 05.

Considerando uma contribuição diária de 2500 Litros.dia⁻¹, através da tabela 06, pôde-se encontrar o tempo de detenção, em dias. Ainda, visto que a temperatura média do mês mais frio de Treviso é 14,5 °C e o município apresenta temperaturas menores no inverno, é possível encontrar a taxa de lodo acumulada, na tabela 07.

Tabela 07 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

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

Fonte: ABNT, 1993, p. 05.

Assim sendo, calculou-se o volume útil de esgoto doméstico gerado, em litros, de acordo com a NBR 7229/1993, utilizando-se a equação 02.

$$V = 1000 + 50 (50 * 0,92 + 105 * 0,20)$$

$$V = 4350 \text{ L ou } 4,35 \text{ m}^3$$

Considera-se a profundidade útil do tanque séptico pelo volume de efluente (ABNT, 1993).

Tabela 08 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.

Volume útil (m ³)	Profundidade mínima (m)	Profundidade máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT, 1993, p. 05.

Para efeitos do presente trabalho, considerou-se uma profundidade útil de 1,50 metros, permitindo assim, calcular-se a área útil do tanque séptico.

$$V = h.A$$

$$A = 2,90 \text{ m}^2$$

A NBR 7229/1993 apresenta dois formatos distintos de tanques sépticos, cilíndrico e prismático, respectivamente. Adotou-se para o local de estudo, tanque prismático, devido à facilidade de construção e ausência de conhecimento do nível do lençol freático. A próxima etapa do dimensionamento é calcular as medidas internas do tanque séptico.

$$A = \text{Comprimento} * \text{Largura}$$

$$C = 2 * L$$

$$A = 2L * L$$

$$A = 2 L^2$$

$$2,90 = 2L^2$$

$$L = 1,20 \text{ m}$$

$$C = 2,40 \text{ m}$$

Portanto, o tanque séptico apresenta uma relação comprimento/largura: 2/1, conforme exigido pela NBR 7229/1993, com 2,40 m de comprimento, 1,20 m de largura e 1,50 m de altura, conforme dimensionado posteriormente e representado nas figuras 22^a e 22b.

Figura 22^a – Dimensionamento do tanque séptico.

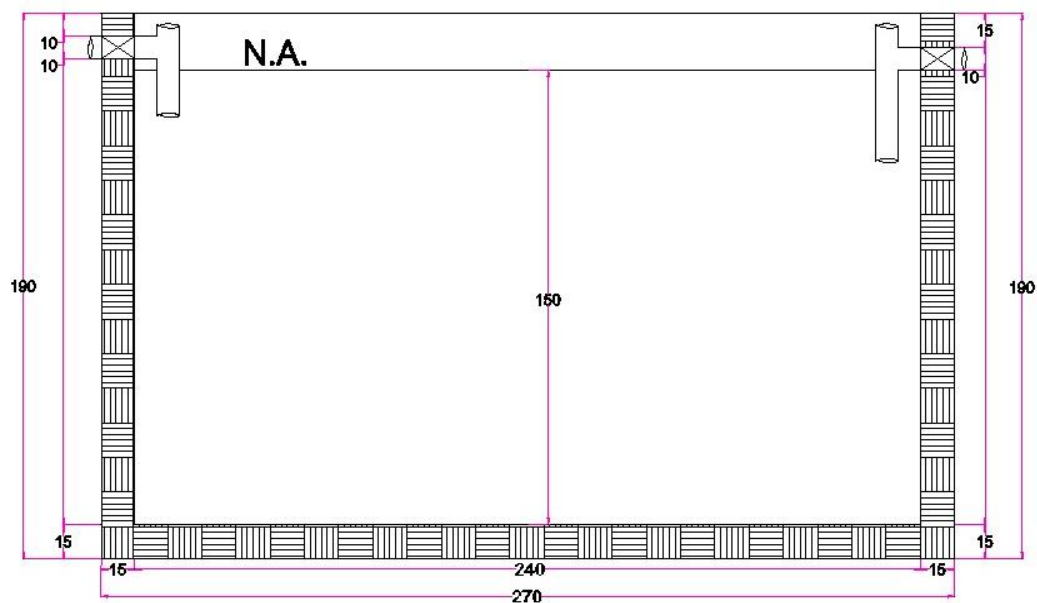
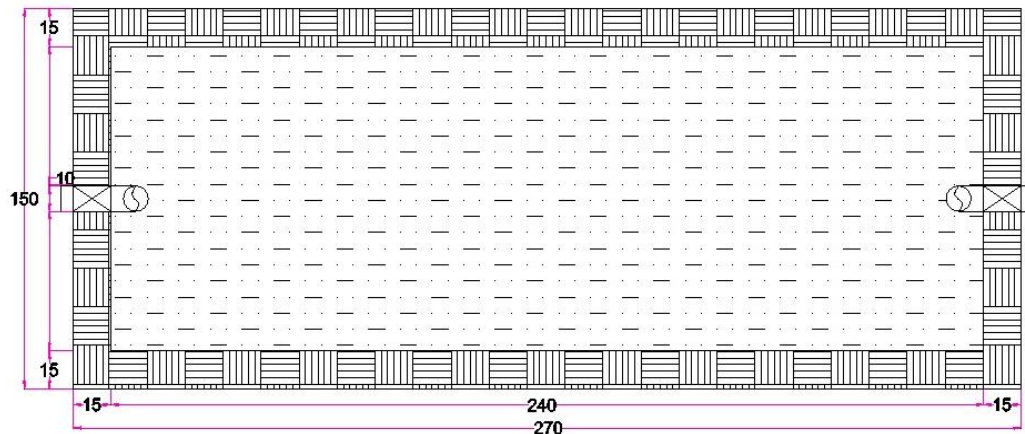


Figura 22b – Dimensionamento do tanque séptico.



Fonte: da autora, 2017.

4.3 DIMENSIONAMENTO DA ZONA DE RAÍZES

Para o dimensionamento do wetland utilizou-se o modelo oriundo da cinética de primeira ordem, pois este se mostra mais eficiente quando em comparação dos outros dois modelos.

4.3.1 Parâmetros do projeto

No dimensionamento da zona de raízes é necessário o conhecimento de alguns dados específicos, como a temperatura média do mês mais frio do município, adotado para Treviso, 14,5 °C, de acordo com base em dados de 1928 a 1980, para as Estações de Araranguá e Urussanga. Também considerou-se alguns parâmetros como:

- 50% de remoção em DBO_5 no tanque séptico;
- DBO_5 do esgoto bruto na entrada do tanque séptico de 350 mg/L ou g.m^{-3} ;
- Geração de esgoto per capita (QPC) de $50 \text{ L.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$;
- Porosidade do material filtrante (n) de $0,34 \text{ m}^3 \text{ vazios.m}^{-3} \text{ material}$;
- Profundidade média do wetland (p) de 0,70 m.

A porosidade do material filtrante foi estimada conforme média de três meios filtrantes mais comumente adotados: areia grossa, que apresenta uma porosidade de 0,32; brita nº 1, que apresenta porosidade de 0,38, e sucessivamente, uma segunda camada de areia grossa. Em um projeto de zona de raízes, as

camadas são dispostas em geomembrana pead 1 mm com a seguinte sequência: 0,10 m de areia grossa ao fundo, uma camada intermediária de brita nº 1 com espessura de 0,30 m e camada no topo de 0,10 m de areia grossa, onde são plantadas as macrófitas.

Adotou-se a constante de reação a 20°C (K_{20}) do Manual de diretrizes de águas residuais do Canadá (ENVIRONMENT CANADA, 2006) por se tratar de pesquisa mais recente e confiável quando em comparação com os valores de K_{20} disponíveis na literatura. Logo, utilizou-se para esse projeto uma constante de reação a 20 °C (K_{20}) de 1,104 d⁻¹.

Assim sendo, calculou-se a constante de reação da cinética de primeira ordem através da equação 05.

$$K_T = 1,104 * (1,06)^{14,5-20}$$

$$K_T = 0,80 \text{ d}^{-1}$$

Previamente ao cálculo da área, é necessário conhecer a concentração de DBO₅ na entrada da zona de raízes, utilizando-se da equação 07.

$$50 = \left(\frac{350 - C_e}{350} \right) * 100$$

$$C_e = 175 \text{ g.m}^{-3}$$

De acordo com art. 177 da Lei nº 14675/2009 (SC, 2009) é preconizado limite máximo de 60 mg.L⁻¹ de DBO₅ de lançamento de efluentes residuais em cursos d'água, sendo que o limite só poderá ser ultrapassado caso a retenção de carga poluidora, em termos de DBO₅, seja no mínimo de 80%. Assim, adotou-se 60 mg.L⁻¹ para concentração de DBO₅ na saída do wetland.

A vazão afluyente pode ser calculada pela equação 08.

$$Q = 50 * 50$$

$$Q = 2,5 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$$

Calculou-se a área da zona de raízes pela equação 06.

$$A = \frac{2,5 * \ln\left(\frac{175}{60}\right)}{0,80 * 0,7 * 0,34}$$

$$A = 14,05 \text{ m}^2$$

Portanto, a zona de raízes abrangerá uma área de 14 m² e profundidade de 0,70 m em forma de cava, a partir da base do solo, a 10 cm mais baixo que o cano de saída do tanque séptico, a fim do efluente seguir por gravidade. O volume útil encontrado para o wetland foi de 9,83 m³.

Ainda, calculou-se o tempo de detenção hidráulico pela equação 04.

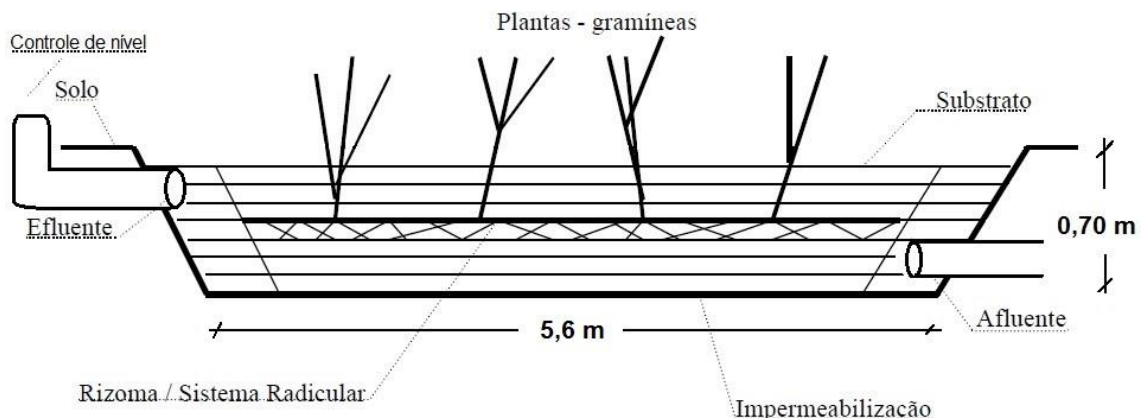
$$t = 0,34 * \frac{9,83}{2,5}$$

$$t = 1,33 d$$

Logo, o tempo de detenção hidráulica no sistema zona de raízes será de 1,33 dias ou 32,11 horas.

Adotou-se para o presente trabalho um sistema de zona de raízes com as seguintes medidas: 2,5 m de largura, 5,6 m de comprimento e 0,70 m de altura, conforme representação de dimensionamento na Figura 23.

Figura 23 – Corte de Wetland de escoamento subsuperficial de fluxo horizontal.



Fonte: SEZERINO e PHILIPPI, 1998, modificado pela autora.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO

Previamente ao dimensionamento do sumidouro, há a necessidade de se estimar a capacidade de percolação do solo onde o mesmo será implantado. Para isso, foram definidos dois locais de ensaio, com distintos solos, visto que no local onde a edificação se situa, o terreno sofreu alteração de altura, com compactação de solo argiloso sobre o mesmo. Assim sendo, fez-se teste de percolação do solo

em terreno original, próximo à edificação (aproximadamente 5,0 m) e em solo de aterro.

Baseando-se na NBR 13969/1997, o teste de percolação foi realizado cavando-se o terreno a nível do solo, em cavas com dimensão 30x30x30 cm e depositando ao fundo da mesma uma camada de brita nº 2, a uma espessura de 2 a 3 cm (figura 24). Anotou-se os resultados de infiltração de água depositada durante período de 1 hora.

Figura 24 – Realização do teste de percolação na área.

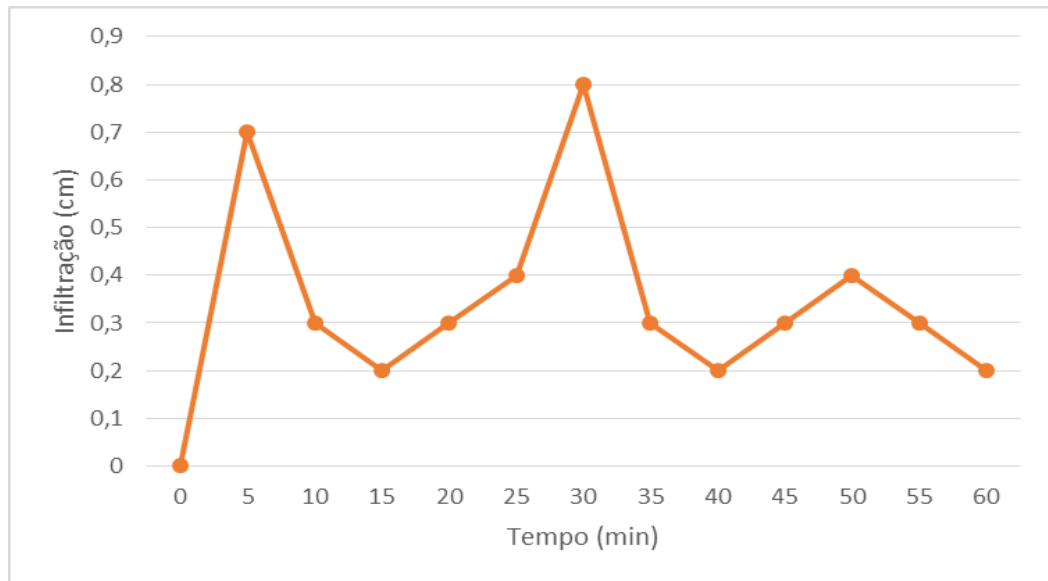


Fonte: da autora, 2017.

Os resultados da infiltração dos solos podem ser observados nos gráficos 01 e 02, ao qual referem-se ao teste realizado no solo original do terreno e no solo de aterro, posteriormente.

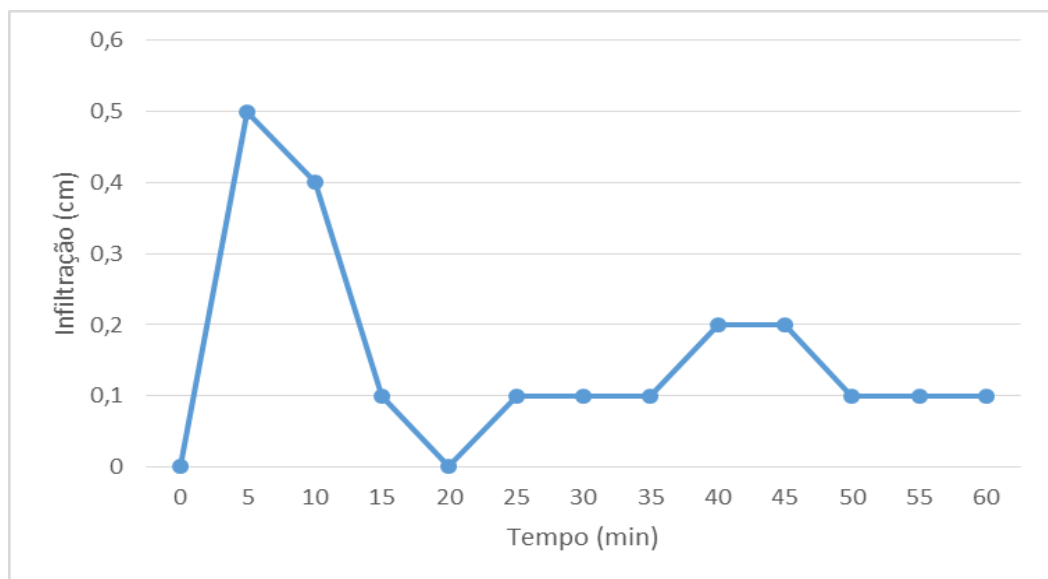
Analisando-se os gráficos é possível notar a capacidade da infiltração, medido através de régua graduada e anotado em cm. Foram anotados doze pontos em um período de uma hora e somados os valores obtidos em campo.

Gráfico 01 – Teste de percolação em solo original.



Fonte: da autora, 2017.

Gráfico 02 – Teste de percolação no solo de aterro.



Fonte: da autora, 2017.

Realizado os testes de percolação, notou-se que uma faixa de apenas 2 cm infiltrou-se no solo de aterro em um período de uma hora, tornando-se um solo desfavorável à infiltração de efluentes no mesmo. Em comparação, o solo original do terreno apresentou uma taxa de percolação de 4 cm.h^{-1} , determinando que o sumidouro deva ser construído neste solo original do local.

A tabela 09 detalha conversão de valores de taxa de percolação (min.m^{-1}) em taxa de aplicação superficial ($\text{m}^3.\text{m}^2.\text{d}^{-1}$), conforme disposto no Anexo A da NBR 13969/1997. Considerando que foi obtido 4 cm.h^{-1} , valor relativo a taxa de percolação de 1500 min.m^{-1} , este valor corresponde à taxa de aplicação superficial de $0,027 \text{ m}^3.\text{m}^2.\text{d}^{-1}$.

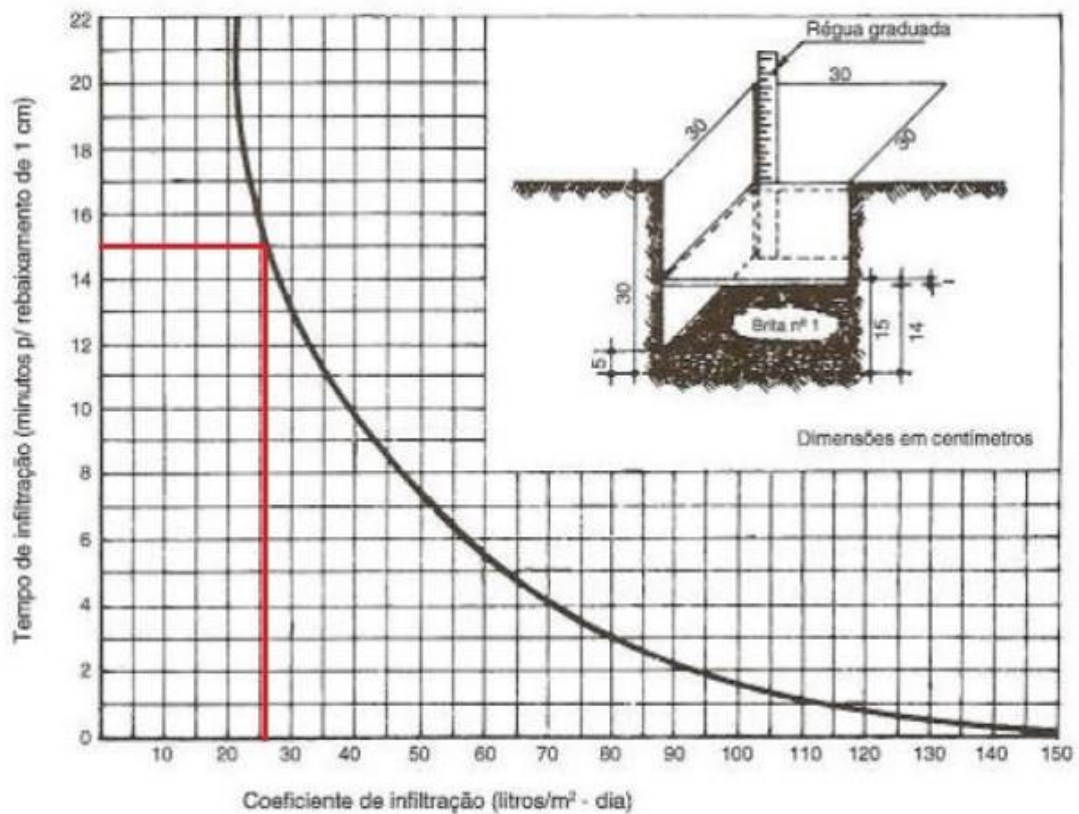
Tabela 09 – Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial.

Taxa de percolação (min.m^{-1})	Taxa máxima de aplicação diária ($\text{m}^3.\text{m}^2.\text{d}^{-1}$)
40 ou menos	0,20
80	0,14
120	0,12
160	0,10
200	0,09
400	0,065
600	0,053
1200	0,037
1400	0,032
2400	0,024

Fonte: ABNT, 1997, p. 25.

Também é possível identificar a taxa de aplicação superficial ou coeficiente de infiltração de $27 \text{ litros.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ a partir do tempo de infiltração de 15 min.cm^{-1} (taxa de percolação), obtidos por meio do gráfico de determinação do coeficiente de infiltração, apresentado na figura 25.

Figura 25 – Gráfico para determinação do coeficiente de infiltração.



Fonte: SEZERINO, 2014, p. 73, modificado pela autora.

Assim, utilizando-se do gráfico para determinação da taxa de aplicação superficial, adotou-se resultado de $0,027 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Calculou-se a área útil do sumidouro, através da equação 09.

$$V = N * C$$

$$V = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

$$A = \frac{2,5}{0,027}$$

$$A = 92,6 \text{ m}^2$$

Adotando-se um sumidouro com as laterais de 4,3 m, calcula-se a altura do mesmo pela equação 10.

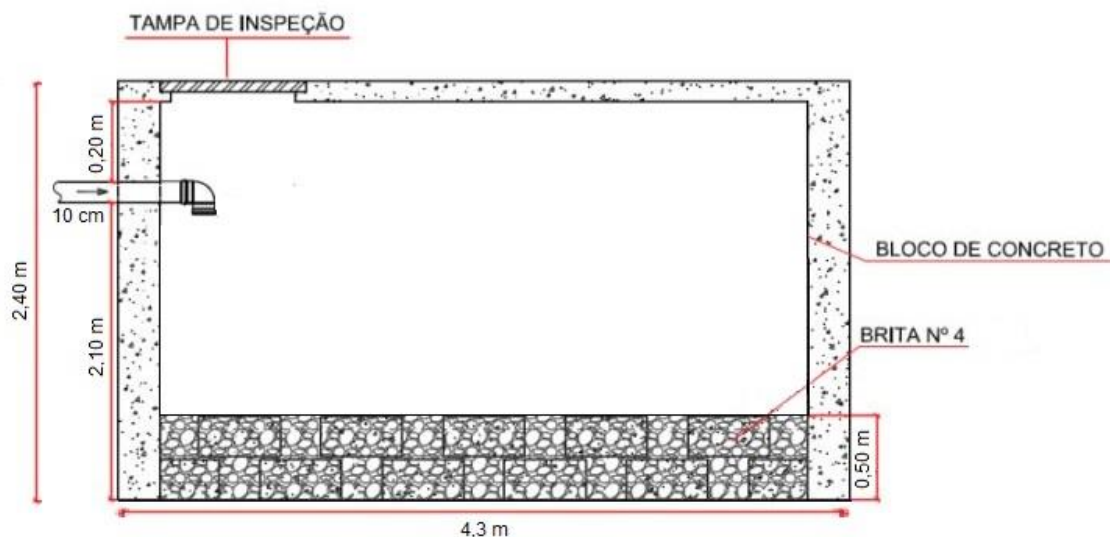
$$A = (L * H) * 4 + (L * L)$$

$$92,6 = (4,3 * H) * 4 + (4,3 * 4,3)$$

$$H = 2,40 \text{ m}$$

Assim sendo, o sumidouro deve apresentar as seguintes medidas: 4,3 x 4,3 x 2,40 m, conforme dimensionado na figura 26.

Figura 26 – Dimensionamento do sumidouro.



Fonte: da autora, 2017.

Os resultados dos testes de percolação do solo não se mostram satisfatórios uma vez que não apresentam a real situação do terreno. Os testes foram realizados em cava rasa, não executando-se cavas profundas no solo em nível próximo as dimensões do sumidouro. Sugere-se dar continuidade aos testes de percolação, realizando-se em cava profunda e durante período prolongado de 12 horas ou mais, a fim de atender ao Anexo A da NBR 13969/1997 (ABNT, 1997).

4.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

Fez-se levantamento em campo para verificar as áreas mais eficazes para colocação de lixeiras de separação de resíduos, concluindo-se que os locais mais propícios a permanência de pessoas são mais eficazes, a citar a sede administrativa, na cozinha e sala de recepção, bem como na entrada do labirinto de pneus, local aberto e de fácil localização e remoção dos resíduos (figura 27). Decidiu-se não colocar lixeiras em pontos estratégicos da trilha ecológica pela difícil manutenção das mesmas dentro do espaço fechado da vegetação presente, uma vez que a trilha apresenta o mínimo de interferência na área.

Figura 27 – Localização das lixeiras de separação de resíduos.



Fonte: da autora, 2017.

Ainda, visto que o empreendimento não pretende utilizar-se da cozinha rotineiramente, fez-se o dimensionamento da leira utilizada na compostagem dos resíduos, estimando-se a quantidade produzida.

4.5.1 Parâmetros do projeto

Previamente ao cálculo do dimensionamento é necessário conhecer determinados parâmetros, como a quantidade de resíduos gerada diariamente e a densidade da massa a ser compostada. Utilizou-se para isto, dados secundários levantados por diagnóstico realizado pela CIRSURES (2012) em Treviso.

- Geração per capita de resíduos: $0,45 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$;
- Percentual de matéria orgânica presente nos resíduos: 73%;
- Peso específico dos resíduos: 450 kg.m^3 .

Logo, é possível calcular o volume diário de resíduo orgânico gerado.

$$V = 50\text{hab} * 0,45 \frac{\text{kg}}{\text{hab.dia}}$$

$$:$$

$$V = 22,5 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

Deste volume, considera-se somente o percentual orgânico, portanto:

$$V = 16,43 \frac{kg}{dia}$$

A área da seção reta de uma leira é dimensionada a partir de sua altura e largura, valores estes estimados. Considerou-se altura e largura de 0,50 m e calculou-se pela equação 11.

$$A_s = \frac{0,50 * 0,50}{2}$$

$$A_s = 0,125 m^2$$

Em seguida, calculou-se o volume da leira para uma semana, tomando-se por base os parâmetros do projeto, através da equação 12.

$$V = \frac{16,43 * 3}{450}$$

$$V = 0,11 m^3$$

Calculou-se o comprimento da leira utilizando-se a equação 13.

$$C = \frac{0,11}{0,125}$$

$$C = 0,88 m$$

Portanto as dimensões da leira são 0,50 x 0,50 x 0,90 m. Ainda, a área do pátio necessário é calculado pela equação 14.

$$A_b = 0,50 * 0,90 \frac{0,11}{0,125}$$

$$A_b = 0,40 m^2$$

Devido a pequena dimensão da leira de compostagem, sugere-se que a mesma seja implantada próxima a edificação, em terreno impermeável.

CONCLUSÃO

Constatou-se que os objetivos propostos foram atingidos levando-se em consideração a metodologia sugerida.

Por meio de levantamento de dados primários e secundários foi possível alcançar o objetivo geral do presente trabalho, propondo-se ações de saneamento sustentáveis ao local de estudo, efetuando-se dimensionamento das referidas técnicas.

Em campo, foi possível notar a proximidade da trilha ecológica realizada na área com algumas nascentes, sugerindo-se como continuidade do presente trabalho o levantamento planialtimétrico das nascentes e localização da trilha, a fim de se respeitar a distância mínima de 50 metros de APP, conforme disposto em legislação.

Através de revisão bibliográfica pôde-se notar a existência de diferentes tecnologias sociais, difundidas através de normas, sendo estudadas e implementadas no Brasil para o tratamento de efluentes domésticos em zonas urbanas e rurais, embora verifica-se carência de políticas municipais facilitadoras na implementação das mesmas, principalmente no que tange a zonas rurais. Tratando-se do modelo Caxambu, a implantação deste sistema mostra-se como alternativa positiva à qualidade de água no local, uma vez que esta metodologia tem como objetivo diminuir os riscos de poluição e proteger a nascente.

Fez-se de notável importância para o presente trabalho a inviabilidade de localização da nascente em cota planialtimétrica 229 metros, adotando-se parâmetros de avaliação de segunda nascente caracterizada, em cota menor. Recomenda-se continuação do presente estudo para fins de avaliação de atendimento de abastecimento de água no local, através da surgência identificada no programa SIG-SC, e monitoramento da mesma a fim de verificar sua contribuição no aquífero.

Tratando-se do lançamento de efluentes domésticos, constatou-se desacordo nas normativas vigentes, uma vez que foi comparado a resolução CONAMA 430/2011 e a Lei Estadual do Meio Ambiente 14675/2009. Ambas divergem neste aspecto, referindo-se a lançamento de 120 mg.L⁻¹ e 60 mg.L⁻¹ de DBO₅, respectivamente.

Para o dimensionamento do sumidouro verificou-se que o solo não apresenta condições ideais a infiltração de efluentes pois concentra aspecto argiloso em sua maioria. Os testes de percolação alcançaram resultados insatisfatórios devido à limitação de profundidade na execução destes, recomendando-se continuação dos mesmos, seguindo os padrões da NBR 13969/1997.

Analisando-se o último objetivo específico proposto, chegou-se à conclusão de que o presente trabalho atua como subsídio para implantação das ações na área de estudo, bem como, em localidades com características semelhantes, observando-se as particularidades de cada local.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed Washington: APHA, 2012.

ARRETCHE, M. T. S. Saneamento Básico. 2005. In: COSTA, B. V. **Sistema de Esgotamento Sanitário** – Estudo de Caso: Treviso. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2012, 82 p.

ABES. **Saneamento em Santa Catarina x Investimento PAC**. Florianópolis, 2008. 29 p. Disponível em: <<https://jcientifico.files.wordpress.com/2009/10/saneamentopac.pdf>> Acesso em: 18 mar 2017

ABNT. **NBR 7229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro. 1993. 15 p.

ABNT. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ABNT. **NBR 12209**. Elaboração de Projetos Hidráulico-sanitário de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro. 1992. 59 p.

ABNT. **NBR 9191**. Sacos Plásticos Para Acondicionamento de Lixo - Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro. 2008. 2 p.

ABNT. **NBR 13969**. Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro. 1997. 60 p.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>> Acesso em: 21 mar 2017

BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 357 p.

BASOL, L.J; ABREU, R.M. Recuperação da qualidade das águas. São Paulo: CETESB, 1988. In: MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual e rev, São Paulo: Varela, 2004. 977 p.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2007.

BUENO et al. Implantação de wetlands construídas em escala real para o tratamento de esgoto sanitário em residências da barra do ribeira no município de Iguape – São Paulo. **InterfaceEHS: revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. São Paulo: vol. 8, n. 2, 2003.

CALLADO, N. H.; NEVES, M. G. F. P. **Gestão das Águas Urbanas**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos UFSC/UFAL. 2005. Disponível em: <http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/08.Gestao_Agua_Urb-220909.pdf> Acesso em: 30 mar 2017

CALIJURI M. L.; BASTOS R. K. X.; MAGALHÃES T. B.; CAPELETE B. C.; DIAS E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/Wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 421-430, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522009000300016> Acesso em: 21 abr 2017

CAPANEMA, Marlon André. Resíduos Sólidos. 2014. In: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água**. [Coordenador geral Paulo Belli Filho; autores do conteúdo: Maurício Luiz Sens, Pablo Heleno Sezerino, Marlon André Capanema]. Florianópolis. 2014. 150 p.

CAOPMA. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. Ministério Público do Estado do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2013/06/27/15_32_13_932_apostila_rsu_mppr.pdf> Acesso em: 25 abr 2017

CIRSURES. **Relatório Coleta Seletiva 2015**. Urussanga: 2016. 65 p. Disponível em: <http://www.cirsures.sc.gov.br/institucional/documentos/download/pdf/433a3e16fea5dfb3a75f96948ffd63ea/relatorio-coleta-seletiva-2015_2016-03-02.pdf> Acesso em: 17 abr 2017

CIRSURES. **Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios Consorciados ao CIRSURES**. I-Parque: 2012. 472 p.

CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. 8 p.

CONAMA. **Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>> Acesso em 19 abr 2017

CONLEY, L.M.; DICK, R.I.; LIOW, L.W. An assessment of the root zone method of wastewater treatment. Research Journal of the Water Pollution Control Federation, v.

63, n. 3, p. 239-247. 1991. In: SEZERINO, P. H.; et al. **Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias:** parâmetros de projeto para sistemas horizontais. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 20 n° 1. 2015

COSTA, B. V. **Sistema de Esgotamento Sanitário** – Estudo de caso: Treviso. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2012.

DAGNINO, Renato Peixoto. **Tecnologia social:** ferramenta para construir outra sociedade. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 2009. 95 p. Disponível em: <http://www.actuar-acd.org/uploads/5/6/8/7/5687387/ts_ferramenta_sociedade.pdf> Acesso em: 05 abr 2017

DUARTE, Marco Antonio Calazans. Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e Inter oxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, USP, São Carlos, 2011. In: LOCH, Luana. **Projeto Mini Estação de Tratamento de Água.** 2013. Disponível em: <http://www.ceavi.udesc.br/arquivos/id_submenu/708/mini_estacao_relatorio_final_1.pdf> Acesso em: 16 mar 2017

EATON, Andrew D. **Standard methods:** for the examination of water & wastewater. 21st ed [S. L.]: Centennial Edition, 2005.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª ed: Brasília, DF. 2006. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> Acesso em: 10 mai 2017

EPAGRI. **Proteção de fonte modelo Caxambu.** 2015. Disponível em: <<http://tsqa.ufsc.br/>> Acesso em: 19 abr 2017

EPAGRI – Cocal do Sul. **Dados sobre Nascentes e poços.** 2013

ENVIRONMENT CANADA. **Atlantic Canada Wastewater Guidelines Manual:** for collection, treatment, and disposal. 2006, 432 p.

FLORENCIO, Lourdinha, et al. Utilização de esgotos sanitários – marcos conceituais e regulatórios. 2006. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. **Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427 p.

FUNASA. **Manual de Saneamento.** 3. Ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006, 408 p.

FATMA. **Plano de manejo da Reserva Biológica Estadual do Aguai:** volume 1 - Diagnóstico e Planejamento. FATMA - Fundação do Meio Ambiente, Socioambiental Consultores Associados Ltda., PPMA/SC — Florianópolis: 2009. 170 p.

FREITAS, Elton. **Diagnóstico e Prognóstico Ambiental para Criação de uma Unidade de Conservação em Treviso, SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2016.

GARRIDO, J. et al. **Filtros Biológicos Aeróbios**. Curso de Engenharia Civil – UniFil. 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfEzUAC/filtros-biologicos-aerobios>> Acesso em: 12 abr 2017

GODECKE, Marcos Vinicius. Metodologias para a inserção da reciclagem nos mercados de Carbono. In: **Política nacional de resíduos sólidos e suas interfaces com os espaços geográficos: entre conquistas e desafios**. Organização de Aurélio Bandeira Amaro e Roberto Verдум. Porto Alegre: Letral, 2016. 396 p.

IBGE. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/22GLZ>> Acesso em: 08 abr 2017

IBGE. **Treviso**. 2017. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/110J>> Acesso em: 15 abr 2017

LOCH, Luana. **Projeto Mini Estação de Tratamento de Água**. 2013. Disponível em: <http://www.ceavi.udesc.br/arquivos/id_submenu/708/mini_estacao_relatorio_final_1.pdf> Acesso em: 16 mar 2017

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual e rev, São Paulo: Varela, 2004. 977 p.

MIHELIC, James R; ZIMMERMAN, Julie B. Engenharia Ambiental: fundamentos, sustentabilidade e projeto. Rio de Janeiro: LTC, 2012. In: LOCH, Luana. **Projeto Mini Estação de Tratamento de Água**. 2013. Disponível em: <http://www.ceavi.udesc.br/arquivos/id_submenu/708/mini_estacao_relatorio_final_1.pdf> Acesso em: 16 mar 2017

MS. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011. 18 p.

NUVOLARI, Arioaldo (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. rev., atual. e ampl São Paulo: Edgard Blücher, 2011. 565 p.

OLIJNYK, D. P., et al. **Sistemas de tratamento de esgoto por zona de raízes: análise comparativa de sistemas instalados no estado de Santa Catarina**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES: Belo Horizonte. 2007.

OLIJNYK, D. P. **Avaliação da nitrificação e desnitrificação de esgoto doméstico empregando filtros plantados com macrófitas (wetlands) de fluxos vertical e horizontal – sistemas híbridos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. 112 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91980/252380.pdf?seq>>

uence=1&isAllowed=y> Acesso em: 21 abr 2017

PMSA. **Fonte 'Caxambu' é implantada no município**. 2014. Disponível em: <<http://serraalta.sc.gov.br/noticias/index/ver/codMapaltem/8315/codNoticia/66020#.WSJAzGjyvIV>> Acesso em: 9 mai 2017.

PMT. **Aspectos Geográficos de Treviso**. 2017. Disponível em: <<http://www.treviso.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaltem/7394#.WSJBUWjyvIU>> Acesso em: 20 abr 2017

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**: Processo de baixo custo. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 81 p.

POTTER, R. O; et al. **Solos do Estado de Santa Catarina. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. N° 46. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Tratamento de água**: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. 332 p.

SABEI, T. R.; BASSETTI, F. J. **Alternativas Ecoeficientes para Tratamento de Efluentes em Comunidades Rurais**. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, 2013.

SC. **Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf> Acesso em: 14 abr 2017

SC. **Decreto nº 4.778, de 11 de outubro de 2006**. Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://server03.pge.sc.gov.br/LegislacaoEstadual/2006/004778-005-0-2006-002.htm>> Acesso em: 11 mai 2017

SENS, Maurício Luiz. Tratamento de água de abastecimento em meio rural. 2014. In: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água**. [Coordenador geral Paulo Belli Filho; autores do conteúdo: Maurício Luiz Sens, Pablo Heleno Sezerino, Marlon André Capanema]. Florianópolis. 2014. 150 p.

SAAE. **Sistemas de Tratamento de Água**. 2006. Disponível em: <http://www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf> Acesso em: 28 mar 2017

SEZERINO, Pablo Heleno. Tratamento de Esgoto em Meio Rural. 2014. In: Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água**. [Coordenador geral Paulo Belli Filho; autores do conteúdo: Maurício Luiz Sens, Pablo Heleno Sezerino, Marlon André Capanema]. Florianópolis. 2014. 150 p.

SEZERINO, P. H.; et al. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 20 n° 1. 2015

SEZERINO P.H., PHILIPPI, L.S. **Tratamento de esgotos utilizando o potencial solo – planta**. Florianópolis: UFSC, 1998. 9 p.

SIEBERT, Leonardo. **Projeto Trilhas do Aguaí**: turismo educativo ambiental. 2016
SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2015. Disponível em:
<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>> Acesso em: 27 mar 2017

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SOUTO, R.C. Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente. Novos Conceitos. João Pessoa: CIP-Brasil, 1990. In: MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual e rev, São Paulo: Varela, 2004. 977 p.

VAN KAICK, T. S. **Estação de Tratamento de Esgoto por meio de Zona de Raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. Dissertação (pós-graduação) – Universidade Tecnológica do Paraná. 2002. 128 p. Disponível em:
<http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2002/ppgte_dissertacao_074_2002.pdf> Acesso em: 14 abr 2017

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION – WPCF. Natural System For Wastewater Treatment. Manual of Practice FD-16. Washington: WPCF. 1990. In: SEZERINO, P. H.; et al. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 20 n° 1. 2015

WIKIMAPIA. **Mapa de Treviso**. 2017. Disponível em:
<<http://wikimapia.org/#lang=pt&lat=-28.527829&lon=-49.500961&z=11&m=o&show=/8586419/pt/Treviso>> Acesso em: 15 abr 2017

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4th ed. 2011a. 541 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Evaluating Household Water Treatment Options**: health-based targets and microbiological performance specifications. 2011b. 59 p.