



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE SANEAMENTO  
BÁSICO PARA COMUNIDADES RURAIS**

SHEYLA MAYARA FEITOSA LISBÔA

Cruz das Almas, 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

# **SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE SANEAMENTO BÁSICO PARA COMUNIDADES RURAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental.

**Orientadora:** Profa. Dra. Selma Cristina da Silva

SHEYLA MAYARA FEITOSA LISBÔA

Cruz das Almas, 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

## **SANEAMENTO BÁSICO EM COMUNIDADES RURAIS**

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

EXAMINADORES:

---

Profa. Dra. Selma Cristina da Silva - Orientadora

---

Prof. MsC. Anaxsandra da Costa Lima Duarte

---

Profa. MsC. Gabriella Laura Peixoto Botelho

SHEYLA MAYARA FEITOSA LISBÔA

Cruz das Almas, Mar/2016

## AGRADECIMENTOS

Gratidão,

A toda energia cósmica que existimos!

A Mainha Goretti, dedico o meu esforço! A satisfação por estarmos juntas na vida! O amor, o carinho, a compreensão, a garra, a educação, as palavras... a sua existência!

A Dorinha hijita, pelo amor incondicional, companhia e completa felicidade!

A Maria Esther, o amor, companheirismo, amizade, parceria, positividade, sorrisos, dias, noites, pensamentos e sonhos.

A Família Reconvexo Caponística, Camila Camila, Ró, Zana e Frida, pelo amor, alegria e inquietude.

Ao Recôncavo e a Universidade que me proporcionaram prazeres imensuráveis, crescimento diário e aprendizados incontestáveis.

Agradeço imensamente a minha orientadora, Prof. Selma C. Silva, pelo convite, paciência, grandioso conhecimento, dedicação e preciosismo.

A Prof. Alessandra Valentim agradeço a tranquilidade e o conhecimento transmitidos, a oportunidade de estágio e por apoiar as minhas ideias para o cultivo dos filhinhos do Laboratório de Toxicologia Ambiental.

Aos suntuosos amigos, meus preciosos chás, vinhos e madrugadas, Nicolas, Raquel, Éden, Carol, Maíra, Joana, Natalia (Nega), May, Sarah, Zit, por sermos nus.

Aos meus amigos, que compartilharam alegrias, resenhas e dificuldades na trajetória! A juventude de poucos, Marília, Poliana, Lopes, Rebeca, Jaílton.

Aos amigos que não lembrei...a memória é fraca, mas o abraço é forte!!!

As comunidades rurais, a simplicidade e vitalidade!!

...as ideias estão só começando!!

Saúde!

*Há uma Primavera em cada vida;  
É preciso cantá-la assim florida [...]*

“Amar” – Florbela Espanca

# **SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE SANEAMENTO BÁSICO PARA COMUNIDADES RURAIS**

## **RESUMO**

O saneamento é um instrumento que promove a saúde da população e a salubridade ambiental. Portanto, baixos índices de atendimento com estes serviços, traduzem-se em elevados coeficientes de morbidade e de mortalidade. Nas comunidades rurais, as soluções para o gerenciamento de resíduos sólidos, coleta e tratamento de resíduos e abastecimento de água são completamente diferentes daquelas utilizadas nas áreas urbanas; e o manejo de águas pluviais inexistente. Essas são chamadas de soluções alternativas e são mais indicadas para comunidades rurais porque consideram às características locais e peculiaridades da população. Logo, para a escolha da tecnologia a ser implantada deve-se levar em consideração os valores, costumes e hábitos da população para que o sistema aplicado garanta a eficácia e eficiência do funcionamento garantindo a melhoria da qualidade de vida e do ambiente. Nesse contexto, existem diversas técnicas e tecnologias que podem ser empregadas e, portanto, não há solução única para um problema. Nesse trabalho fez-se um levantamento das soluções mais utilizadas para tratamento de água de abastecimento e de esgotos gerados nas comunidades rurais e projetou-se, para uma comunidade rural hipotética localizada em região semiárida, sistemas de instalações hidrossanitárias da residência; de tratamento dos esgotos de aproveitamento de água de chuva e indicam-se os procedimentos que devem ser adotados para compostagem dos resíduos orgânicos para adubação das culturas de subsistência. Como resultados têm-se os projetos básicos dos componentes supracitados. Conclui-se que nas comunidades rurais, principalmente na região do semiárido, impera a carência de políticas públicas, de investimentos e de infraestruturas em todos os aspectos do saneamento básico: água com qualidade adequada e em quantidade suficiente; coleta, tratamento e disposição final adequados do efluente doméstico e dos resíduos sólidos e; insatisfatório aproveitamento da água da chuva. Com isso, torna-se evidente a posição de vulnerabilidade da população rural às doenças e do ambiente à contaminação.

**Palavras-Chave:** Propriedades Rurais, Projeto Hidrossanitário, Tratamento Simplificado de Efluentes Domésticos, Cisternas.

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Consumo Diário ( $C_D$ ) .....	63
Equação 2 – Volume do Reservatório ( $V_R$ ).....	64
Equação 3 – Vazão necessária para o maior peso acumulado ( $Q$ ).....	65
Equação 4 – Perda de carga distribuída ( $J_{real}$ ) .....	65
Equação 5 - Perda de carga localizada ( $J_{local}$ ) .....	66
Equação 6 - Perda de carga total ( $J_{total}$ ) .....	66
Equação 7 – Pressão dinâmica mínima para o chuveiro ( $P_{mín}$ ) .....	66
Equação 8 – Contribuição de despejo <i>per capita</i> ( $C_d$ ) .....	70
Equação 9 – Contribuição diária de esgotos ( $C_D$ ) .....	70
Equação 10 – Volume do Tanque Séptico ( $V$ ).....	71
Equação 11 – Área da Fossa ( $A$ ).....	72
Equação 12 – Dimensões do Tanque Séptico .....	72
Equação 13 - Volume do Tanque Séptico de Câmara Única ( $V$ ).....	72
Equação 14 – Concentração do esgoto efluente ao Tanque Séptico ( $C_{efl}$ ) .....	73
Equação 15 – Área dos <i>Wetlands</i> Construídos ( $A_w$ ) .....	74
Equação 16 – Área de cada <i>Wetland</i> Construído ( $A_{wi}$ ) .....	74
Equação 17 – Taxa de Aplicação hidráulica ( $T_h$ ).....	74
Equação 18 – Volume ocupado pelo meio filtrante ( $V$ ).....	74
Equação 19 – Dimensões do <i>Wetland</i> construído .....	75
Equação 20 – Área de Captação para uma Superfície Inclinada ( $A$ ) .....	76
Equação 21 – Índice Pluviométrico ( $I$ ).....	76
Equação 22 – Índice Pluviométrico de Paulo Afonso ( $I$ ).....	77
Equação 23 – Vazão a ser captada ( $Q$ ).....	77
Equação 24 – Fórmula de Manning-Strickler .....	77
Equação 25 – Área da seção molhada (seção retangular) .....	78
Equação 26 – Raio hidráulico (seção retangular).....	78
Equação 27 – Volume de água a ser descartada ( $V_{2mm}$ ).....	79
Equação 28 – Volume do reservatório de água de chuva ( $V$ ).....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Percentual de domicílios rurais com soluções alternativas de abastecimento de água por Regiões Geográficas e seus respectivos Estados .....	14
Figura 3.2 – Percentual de municípios com coleta e com tratamento de esgoto segundo Brasil e suas regiões geográficas .....	29
Figura 3.3 – Situação do atendimento com esgotos sanitários nos domicílios rurais segundo as regiões geográficas.....	30
Figura 3.4 – Áreas do semiárido nordestino com os níveis de necessidade de captação de água de chuva.....	42
Figura 3.5 – Tipos de Rufos .....	44
Figura 3.6 – Tipos de Calhas.....	45
Figura 3.7 – Índice percentual de atendimento domiciliar de coleta de resíduos sólidos .....	47
Figura 3.8 – Percentual de domicílios rurais segundo o tipo de coleta por região geográfica .....	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Classificação e usos das Águas Superficiais e Subterrâneas segundo as Resoluções do CONAMA .....	9
Quadro 3.2 – Tipo de Tratamento das Águas Superficiais e Subterrâneas para cada classe do seu enquadramento.....	10
Quadro 3.3 – Abastecimento de Água por Domicílios no Brasil .....	13
Quadro 3.4 – Parâmetros de qualidade, origem nas águas, tecnologia de tratamento e limites a serem obedecidos para a água potável .....	15
Quadro 3.5 – Soluções simplificadas para a potabilização das águas com o consumo de coagulantes (naturais).....	23
Quadro 3.6 – Soluções simplificadas para a potabilização das águas sem o consumo de coagulantes.	24
Quadro 3.7 – Sistemas Individuais e/ou Coletivos de Tratamento de Esgotos Sanitários .....	32
Quadro 3.8 – Tratamentos que podem ser ou não realizados nos resíduos sólidos e líquidos produzidos pelos processos de tratamento primário dos esgotos .....	34
Quadro 3.9 – Características, vantagens, desvantagens e custos das tecnologias de tratamento com disposição no solo utilizadas principalmente em comunidades rurais.....	35
Quadro 3.10 – Características, vantagens e desvantagens e custos das tecnologias mais utilizadas para tratamentos dos efluentes dos tanques sépticos, principalmente em comunidades rurais.	36



## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Atendimento com serviços de esgotos sanitários nos domicílios brasileiros .....	29
Tabela 3.2 – Recomendações de uso do composto orgânico .....	57
Tabela 4.1 – Estrutura Fundiária no Brasil.....	61
Tabela 5.1 – Parâmetros a, b, c e d da Equação IDF para o município de Paulo Afonso geradas com dados do TRMM.....	76
Tabela 6.1 – Diâmetro equivalente dos ramais, colunas de distribuição e barrilete do projeto em função do peso dos aparelhos .....	81
Tabela 6.2 – Comprimento Equivalente das Peças do reservatório ao chuveiro.....	82
Tabela 6.3 – Diâmetros e declividades dos ramais de descarga e de esgoto do projeto.....	83
Tabela 6.4 – Características construtivas do Tanque Séptico da propriedade rural .....	84
Tabela 6.5 – Características construtivas dos Wetlands Construídos da propriedade rural .....	84
Tabela 6.6 – Características da superfície de captação do imóvel rural.....	85
Tabela 6.7 – Características das calhas de coleta de água de chuva. ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ANA** – Agência Nacional de Águas

**ASA** – Articulação do Semiárido Brasileiro

**CERB** – Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia

**CF** – Coliformes Fecais (termotolerantes)

**CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente

**CT** – Coliformes Totais

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio

**DQO** – Demanda Química de Oxigênio

**DN** – Diâmetro Nominal

**ETA** – Estação de Tratamento de Água

**ETE** – Estação de Tratamento de Esgoto

**FIME** – Filtração em Múltiplas Etapas

**FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IICA** – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura

**INCRA** – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

**MS** – Ministério da Saúde

**NBR** – Norma Brasileira

**PIMC** – Programa “Um Milhão de Cisternas”

**PAC** – Programa de Aceleração do Crescimento

**PEV** – Pontos de Entrega Voluntária

**PLANSAB** – Plano Nacional de Saneamento Básico

**PNAD** – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

**PNRH** – Plano Nacional de Recursos Hídricos

**PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos

**PROSAB** – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico

**PPA** – Plano Plurianual de Governo

**SAA** – Sistema de Abastecimento de água

**SAC** – Soluções Alternativas de Coletivas de abastecimento

**SAI** – Soluções Alternativas de Individuais de abastecimento

**SANDEC** – Department of Water and Sanitation in Developing Countries

**SODIS** – Solar Water Desinfeccion

**SVS** – Secretaria de Vigilância em Saúde

**VIGIAGUA** - Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água

**VPM** – Valor Máximo Permitido

**WCFV** – Wetlands Construídos com Fluxo Vertical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
2.1	GERAL.....	4
2.2	ESPECÍFICOS .....	4
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
3.1	SANEAMENTO BÁSICO .....	5
3.1.1	Saneamento, Saúde e Meio Ambiente.....	5
3.2	FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS PARA CAPTAÇÃO .....	7
3.3	ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	11
3.3.1	Sistemas de Abastecimento de Água (SAA).....	11
3.3.2	Soluções Alternativas de Abastecimento .....	11
3.3.3	Qualidade das Águas .....	14
3.3.4	Tratamento de água para consumo humano .....	15
3.3.4.1	<i>Tratamento de água para comunidades rurais .....</i>	<i>18</i>
3.4	INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA E ESGOTO.....	25
3.4.1	Instalações Prediais de Água Fria.....	25
3.4.2	Instalações Prediais de Esgoto.....	26
3.4.3	Tratamento de Efluentes Domésticos .....	28
3.5	ÁGUA DE CHUVA .....	41
3.5.1	Sistema de Captação de Água de Chuva .....	44
3.6	RESÍDUOS SÓLIDOS .....	46
3.6.1	Características dos resíduos sólidos em comunidades rurais .....	48
3.6.2	Aproveitamento de resíduos sólidos em comunidades rurais.....	50
3.6.2.1	<i>Materiais recicláveis .....</i>	<i>53</i>
3.6.2.2	<i>Resíduos orgânicos.....</i>	<i>54</i>
3.6.3	Aproveitamento de Resíduos Orgânicos .....	57
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE RURAL HIPOTÉTICA.....</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>63</b>
5.1	PROJETO HIDRÁULICO DA RESIDÊNCIA HIPOTÉTICA.....	63
5.1.1	Instalações prediais de água fria.....	63
5.1.2	Instalações Prediais de Esgoto.....	66

5.2	PROJETO SANITÁRIO DA PROPRIEDADE HIPOTÉTICA .....	69
5.2.1	Tratamento Primário – Tanque Séptico de Câmara Única .....	69
5.2.2	Tratamento Complementar – <i>Wetlands construídos</i> .....	73
5.3	CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	75
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>81</b>
6.1	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA.....	81
6.2	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ESGOTO .....	82
6.3	SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	85
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>87</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE – PARTE GRÁFICA DO PROJETO .....</b>	<b>102</b>
	<b>ANEXO I – INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA .....</b>	<b>110</b>
	<b>ANEXO II – INSTALAÇÕES DE ESGOTO .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO III – TRATAMENTO DE EFLUENTES E DISPOSIÇÃO FINAL.....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXO IV – INSTAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS .....</b>	<b>117</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico no Brasil são insatisfatórios e, em função das diferenças regionais, socioeconômicas e culturais, o atendimento urbano e rural apresenta grande desigualdade. Na zona rural o problema se intensifica, com percentuais de atendimento populacional muito mais baixo do que a zona urbana. Os índices de atendimento populacional na zona rural com: o abastecimento de água é de 33,2%, o esgotamento sanitário de 5,2%, a coleta de resíduos sólidos 23,4% e o aproveitamento de águas pluviais não possui dados específicos (IBGE, 2012). O déficit expressa também que 25% da população rural total, cerca de 7,6 milhões de pessoas, vivem em situação de extrema pobreza (FUNASA, 2011a).

Segundo o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), a população brasileira era de 190.732.694 habitantes, sendo que 15,65% residentes das áreas rurais, aproximadamente, 30 milhões de pessoas, totalizando 8,1 milhões de domicílios do país. A definição de áreas rurais é eminentemente físico-geográfica e arbitrária, por não considerar as relações e processos econômicos e sociais que constituem esses espaços sociais (IICA, 2013). Contudo, a pesquisa apoiada pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário calculou a população rural em 36%, ao repensar o conceito de ruralidade no Brasil (AGÊNCIA BRASIL, 2015). A coordenadora da pesquisa, Tânia Bacelar, acredita que é necessário a compreensão da ideia correta do mundo rural para ajustar as políticas públicas, respeitando as especificidades das regiões e as peculiaridades de suas comunidades. Logo, ela acredita que ao definir uma tipologia do rural brasileiro deve considerar os contextos territoriais e as distintas formas de relacionamento das áreas rurais com os centros urbanos, com os quais mantêm relações diferenciadas de interdependência e complementaridade (IICA, 2013).

Nos municípios brasileiros com até 50 mil habitantes, que representa cerca de 90% do total existente, os investimentos em ações de saneamento, financiados pelo PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), para o quadriênio 2007-2010, foi de apenas 10% (R\$ 4 bilhões) do montante total investido (R\$ 40 bilhões) para todos os municípios brasileiros destinado para infraestruturas de saneamento: obras e projetos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e melhorias sanitárias domiciliares (FUNASA, 2007). Para o quadriênio 2011-2014, os investimentos para a maioria dos municípios renderam R\$ 3,7 bilhões, destinados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, do montante de R\$ 35,1 bilhões previstos para as estratégias de saneamento da segunda e terceira etapa do PAC (PORTAL BRASIL, 2011). Assim, são mínimos os investimentos para a maioria dos municípios brasileiros, refletindo os reduzidos percentuais de atendimento de serviços de saneamento em comunidades rurais.

O saneamento é um instrumento que promove a saúde da população e a salubridade ambiental. Portanto, baixos índices de atendimento com estes serviços, traduzem-se em elevados coeficientes de morbidade e de mortalidade. Assim, para a melhoria das condições sanitárias do país, a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) criou o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que tem como objetivo “estabelecer um conjunto de diretrizes, metas e ações para o alcance de níveis crescentes dos serviços de saneamento básico no território nacional” (BRASIL, 2007).

O PLANSAB definiu a elaboração de três programas: dois deles estão sob a coordenação do Ministério das Cidades, o Programa Nacional de Saneamento Básico Integrado e o Programa Nacional de Saneamento Estruturante e, sob a coordenação do Ministério da Saúde, o Programa Nacional de Saneamento Rural, visto a urgência dos serviços de saneamento nestas áreas do Brasil. Esse último deve, segundo a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), garantir meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, mediante utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares, com o objetivo de promover e desenvolver ações de saneamento básico em áreas rurais, visando a universalização do acesso através de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados e a participação social (BRASIL, 2007). Tal programa foi concebido entendendo que o saneamento básico é um dos fatores determinantes e condicionantes para a promoção da saúde e para o processo de desenvolvimento rural e, é uma das estratégias de erradicação da extrema pobreza.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) é o órgão federal responsável pela implementação de ações de saneamento em municípios com menos de 50 mil habitantes, em áreas rurais, inclusive no atendimento às populações remanescentes de quilombos, assentamentos rurais e populações ribeirinhas, conforme estabelecido no Plano Plurianual de Governo (PPA) para o período de 2012-2015. A FUNASA tem como objetivo integrar o meio rural em diversas dimensões (ambiental, social, econômica, política e cultural) a fim de promover soluções que favoreçam os ciclos fechados (FUNASA, 2013a). Os ciclos fechados são fundamentais para reduzir o passivo ambiental e na conscientização do valor agregado dos resíduos, transformando-os em matéria-prima para outros usos. Dessa forma, pode-se mitigar os efeitos da ausência ou deficiência do saneamento em comunidades carentes, por meio de infraestruturas alternativas, aliado à melhoria da qualidade da saúde humana e ambiental, priorizando os recursos locais e renováveis e a participação da comunidade nas tomadas de decisão.

Para a escolha da tecnologia a ser implantada deve-se levar em consideração os valores, costumes e hábitos da população para que o sistema aplicado garanta a eficácia e eficiência do funcionamento garantindo a melhoria da qualidade de vida e do ambiente. Nesse contexto, existem diversas técnicas e tecnologias que podem ser empregadas e, portanto, não há solução única para um problema. Há um conjunto de tecnologias mais ou menos apropriadas e, também, passíveis de adaptações, tornando-as mais simples para a implantação. As ações de saneamento através de sistemas convencionais são mais indicadas para grandes comunidades, entretanto, em áreas rurais, fatores como a dispersão geográfica e as características da população inviabilizam a implantação deste tipo de sistema. Para suprir as necessidades destas localidades, quando não possuem atendimento ou são parcialmente atendidas pelo sistema convencional, deve-se implantar soluções alternativas.

Este trabalho tem a finalidade de listar as possíveis tecnologias de saneamento que podem ser implantadas nas comunidades rurais e propor critérios de escolhas daquela mais apropriada para a situação em questão, bem como conceber o projeto básico para tratamento e destinação de resíduos e para aproveitamento de água de chuva para uma propriedade rural hipotética, visando melhorar as condições sanitárias e reduzir o consumo de água captada nos mananciais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Levantar alternativas de saneamento básico que melhor se adéque às comunidades rurais, visando à melhoria das suas condições sanitárias para atender a uma propriedade rural hipotética, localizada em regiões semiárida.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Levantar, com base em bibliografia específica, sistemas e/ou soluções alternativas para o tratamento e destinação de resíduos e abastecimento de água para consumo humano em comunidades rurais;
- Desenvolver o projeto de instalações hidrossanitárias da residência rural hipotética e projeto básico de tratamento de esgotos e aproveitamento de água de chuva;
- Indicar os procedimentos que devem ser adotados para compostagem dos resíduos orgânicos para adubação das culturas de subsistência.



## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 SANEAMENTO BÁSICO**

O saneamento básico é um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). É um dos mecanismos de promoção da saúde que precisa superar entraves tecnológicos, políticos, setoriais e gerenciais, em busca da qualidade, segurança e universalidade de acesso às infraestruturas e instalações, visando minimizar os danos ambientais (FUNASA, 2003). Em conformidade com relevante efetividade e eficiência de suas atividades, podem transparecer o estado harmônico da relação entre o homem e o meio ambiente.

Da insuficiência do saneamento básico surge a necessidade de ampliar a compreensão sobre os aspectos sanitários gerais, de forma mais intimista e participativa. Assim, o saneamento ambiental é o conjunto de ações, obras e serviços voltados aos programas de saúde pública, abrangendo os componentes do saneamento básico e, também, as melhorias sanitárias residenciais e o controle de agentes causadores de doenças. Além dessas medidas, tem-se a preocupação com a melhoria das condições de habitação e educação sanitária e ambiental (FUNASA, 2011b). Dessa forma, permite uma visão mais complexa sobre a relação homem e natureza tendo relação direta com os níveis de saúde que dependem da qualidade ambiental.

#### **3.1.1 Saneamento, Saúde e Meio Ambiente**

A água é o elemento essencial no desenvolvimento e sobrevivência dos organismos e, por ser um recurso natural de grandes proporções, necessita ser gerida adequadamente. Este recurso está intimamente associado à qualidade e segurança da saúde da população e do ambiente. A quantidade de água insuficiente e qualidade inadequada, a falta de coleta e tratamento de esgotos e o mal gerenciamento dos resíduos sólidos e das águas pluviais, interferem tanto na qualidade ambiental, causando impactos principalmente nos recursos hídricos, como também nos níveis de saúde da população. Com isso, a limitação do acesso a água potável, a poluição descontrolada de corpos d'água pelo lançamento de efluentes não tratados ou mesmo que tratados ainda contendo elevadas concentrações de poluentes, a magnitude da diversidade e descaso com os resíduos sólidos, a falta de um sistema de drenagem adequado, elevam os níveis de incidência de doenças comprometendo a saúde da população e afetando e desequilibrando os diversos ecossistemas.

Os efluentes líquidos são os rejeitos resultantes das diversas atividades antrópicas lançados na natureza. As características dos efluentes são inerentes à sua origem (doméstico, industrial, agrícola, drenagem pluvial e depósitos de resíduos sólidos), portanto, possuem grande heterogeneidade de substâncias nocivas ao homem e aos animais. Dessa forma, para evitar a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas, deve-se realizar o tratamento eficiente dos esgotos a fim de remover as substâncias poluidoras, principalmente: sólidos orgânicos e inorgânicos, matéria orgânica e microorganismos patogênicos, que são os poluentes presentes em maiores quantidades nos esgotos domésticos.

O lançamento de esgotos sem tratamento nos corpos d'água pode levar a incidência de doenças de origem hídrica por contaminantes químicos naturais ou introduzidos pelo homem (Ex: Intoxicação, Câncer e Metamoglobina), quando estes estiverem em quantidades inadequadas; e por transmissão ou veiculação hídrica ocasionadas por bactérias (Cólera, Febre Tifoide e Paratifóide, Gastroenterites, Leptospirose, Salmonelose, Peste Bulbônica), protozoários (Amebíase, Malária), verminoses (Helmintoses) e vírus (Hepatite Infecciosa, Poliomielite, Febre Amarela, Dengue, Febre Zyka, Febre Chikungunya) (MARKEZI, 2010; RIBEIRO e ROOKE, 2010). No Brasil, um estudo realizado no período entre 2001 e 2009 mostra que as doenças causadas pela inadequação do saneamento básico que mais resultaram em notificações ambulatoriais foram Dengue, Hepatite, Esquistossomose, Leptospirose; por internações hospitalares foram Diarréia e Dengue com 93% do total e as que levaram a óbitos foram Diarréias e Doença de Chagas que representavam juntas 83% do total (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

O campo dos resíduos sólidos destaca-se, com relação aos impactos ambientais, em proporção similar aos efluentes líquidos, devido à complexidade e diversidade de substâncias na sua composição. Quando acondicionados e/ou dispostos de maneira incorreta, os resíduos podem:

- Atrair vetores transmissores de diversas doenças (Leptospirose, Peste Bulbônica, Helmintoses, Malária, Dengue, Febre Amarela, Poliomielite, Salmonelose, Gastroenterites);
- Poluir o ar pela queima de resíduos (Doenças Respiratórias);
- Poluir o solo e a água superficial e subterrânea através da contaminação por compostos orgânicos e inorgânicos.

Para evitar esses problemas, o gerenciamento dos resíduos sólidos (manejo, tratamento e disposição final) deve contar com a participação da comunidade e ser adequado às suas

peculiaridades, buscando reduzir seu grande potencial poluidor dos corpos d'água e no solo, e deve se estabelecer as medidas de controle de vetores. Outro importante fator na redução dos agravantes ambientais é a tentativa de modificar o pensamento e o comportamento da sociedade sobre o esgotamento dos recursos naturais que, em contrapartida à economia mundial, tende a minimizar os elevados padrões de consumo e arbitrar alternativas de reciclagem e reutilização.

A drenagem das águas pluviais é uma das componentes do saneamento básico que promove a saúde e reduz os danos ao meio ambiente. Os grandes centros urbanos, principalmente as periferias, sofrem pela ausência de planejamento do manejo de águas pluviais. O manejo das águas pluviais é essencial, também, em áreas rurais e pequenas comunidades, pois atua como ferramenta auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população acometida com doenças por restrição de acesso à água segura e potável. A deficiência no sistema de drenagem pode causar doenças através do contato da pele com a água contaminada (Leptospirose) ou doenças transmitidas por mosquitos (Dengue, Febre Amarela, Malária). O escoamento indevido das águas pluviais é responsável pela erosão, desgaste do solo desprotegido por vegetação. A chuva desagrega o solo e transporta grande quantidade de sedimento e, com estes, arrastam substâncias presentes no solo para os mananciais superficiais, podendo causar o assoreamento e, também, poluição/contaminação.

Para reduzir a morbidade e mortalidade dessas doenças é fundamental que a população total (rural e urbana) possua um sistema de saneamento gerido de forma adequada e associado a isso, que haja um processo de educação ambiental, propondo inclusive, mudanças de hábitos individuais e coletivos.

### **3.2 FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS PARA CAPTAÇÃO**

As águas utilizadas para o abastecimento humano provêm de fontes superficiais e subterrâneas, que formam os mananciais. Estima-se que 39% da água potável do Brasil provêm dos aquíferos subterrâneos (ANA, 2013). No país, há a preferência pela captação de água em mananciais superficiais, pois, além da facilidade de exploração esta prática está vinculada a uma questão cultural da população (CAETANO, 2000). Segundo o autor, um sistema convencional de captação, tratamento e distribuição de águas superficiais custa 7 (sete) vezes mais que o mesmo sistema para águas subterrâneas. Isso ocorre quando se considera o sistema de abastecimento de água como um todo. Ao considerar somente a

parcela de exploração do recurso hídrico (captação), a utilização da água superficial é facilitada por estar prontamente disponível com custo mais barato que àqueles referentes às águas subterrâneas, cujos custos de exploração são elevados. Associado aos altos custos de exploração tem-se a qualidade das águas de alguns aquíferos que requerem tratamentos avançados, a exemplo dos aquíferos fissurais, que ocupam grande parte do semiárido brasileiro, que possuem elevado teor de sais devido à baixa disponibilidade hídrica e às dificuldades pluviométricas e climáticas naturais, restringindo ou encarecendo o uso da água (PINTO e HERMES, 2006). No quesito qualidade, embora as águas superficiais sejam mais utilizadas para abastecimento humano estão mais vulneráveis à poluição do que as águas subterrâneas.

A superpopulação (“inchaço”) dos grandes centros urbanos e o maior crescimento da população com ocupação desordenada nas regiões periféricas, em precárias condições sanitárias, resultam na maior geração de resíduos que não são gerenciados de forma adequada e tem como consequência a poluição do solo e dos mananciais superficiais e subterrâneos, agravando os problemas ambientais e interferindo na saúde humana. Em pequenas comunidades, as ações de saneamento são ainda mais ausentes, principalmente nas zonas rurais, onde praticamente não existe infraestrutura de saneamento.

As águas superficiais e subterrâneas são facilmente contaminadas devido à ausência e/ou deficiência de sistemas e/ou soluções eficientes e seguras de serviços de saneamento para efluentes, águas pluviais e resíduos sólidos, que possuem teores elevados e diversificados tipos de poluentes. Portanto, para reduzir a poluição das águas deve-se proceder um adequado gerenciamento de resíduos líquidos e sólidos e de manejo das águas pluviais e obedecer às legislações específicas que são utilizadas visando o controle da poluição, quais sejam:

- A Política Nacional do Meio Ambiente – Lei 6.938/81 (BRASIL, 1981) estabelece, e organiza diversas ações voltadas à manutenção e à melhoria da qualidade ambiental. Esta Lei, com base no princípio do poluidor-pagador no instrumento de comando e controle (Regulatórios) das fontes potencialmente poluidoras, criou o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, órgão consultivo e deliberativo que cria as Resoluções com critérios e padrões que devem ser seguidos para o controle da poluição dos mananciais. As Resoluções que estabelecem o controle poluição das águas são as CONAMA nº 357/2005, CONAMA nº 430/2011 e CONAMA nº 396/2008;

- A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) classifica as águas segundo os teores de sais como: doces, salobras e salinas e, estabelece o enquadramento dos corpos d'água superficiais que deve estar baseado nos níveis de qualidade para atender às necessidades da comunidade. Dessa forma, a água superficial destinada ao abastecimento humano e ao uso prioritário em momentos de escassez, deve apresentar minimamente qualidade equivalente à classe 03, na hipótese de águas doces, ou compatível com classe 01, em se tratando de águas salobras (**Quadro 3.1**). Para as águas subterrâneas, a Resolução CONAMA nº 396/2008 admite minimamente à qualidade equivalente à classe 03 para o abastecimento humano (**Quadro 3.1**).

**Quadro 3.1** – Classificação e usos das Águas Superficiais e Subterrâneas segundo as Resoluções do CONAMA

Classes	USOS		
	Resolução CONAMA Nº357/05 Águas Superficiais (doces)	Resolução CONAMA Nº357/05 Águas Superficiais (salobras)	Resolução CONAMA Nº396/08 Águas Subterrâneas
<b>Especial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano;</li> <li>• Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>• Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>		
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano;</li> <li>• Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Recreação de contato primário;</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irrigação de plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>• Dessedentação de animais.</li> </ul>	
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano;</li> <li>• Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• Recreação de contato primário;</li> <li>• Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>• Dessedentação de animais;</li> <li>• Aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprópria para abastecimento humano e irrigação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano;</li> <li>• Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>• Irrigação de plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>• Dessedentação de animais.</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abastecimento para consumo humano;</li> <li>• Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>• Pesca amadora;</li> <li>• Recreação de contato secundário;</li> <li>• Dessedentação de animais.</li> </ul>		
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Navegação e Paisagismo.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imprópria para abastecimento humano e irrigação;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos menos restritivos;</li> </ul>	
<b>5</b>	-	-	*

Fonte: Adaptação de CONAMA 357/2005 e CONAMA 396/2008. OBS: (-) – não existe; (\*) – não terão condições e padrões de qualidade conforme critérios utilizados na Resolução CONAMA 396/2008.

A água bruta captada para ser adequada ao abastecimento humano deve ser potabilizada, com isso, deve atender aos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água, Portaria MS nº 2914 (BRASIL, 2011), para consumo humano e, para tanto, requer tratamento.

As recomendações, quanto aos processos de tratamento das águas de abastecimento para consumo humano em função dos usos, obedecem à classificação das águas superficiais e subterrâneas (**Quadro 3.2**).

**Quadro 3.2** – Tipo de Tratamento das Águas Superficiais e Subterrâneas para cada classe do seu enquadramento

Classes	TIPOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO		
	Resolução CONAMA Nº357/05 Águas Superficiais (doces)	Resolução CONAMA Nº357/05 Águas Superficiais (salobras)	Resolução CONAMA Nº396/08 Águas Subterrâneas
<b>Especial</b>	• Filtração e Desinfecção	• Tratamento Simplificado	• Desinfecção
<b>1</b>	• Tratamento Simplificado ou Convencional	• Tratamento Convencional ou Avançado	• Desinfecção ou Tratamento Simplificado
<b>2</b>	• Tratamento Convencional ou Avançado	• Tratamento Avançado	• Tratamento Simplificado ou Avançado
<b>3</b>			
<b>4</b>	• Tratamento Avançado		
<b>5</b>	-	-	• Tratamento Avançado ou Simplificado e Avançado (associados)

Fonte: Adaptação de CONAMA 357/2005 e CONAMA 396/2008. OBS: (-) – não existe.

- A Resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), complementa a Resolução CONAMA nº 357/2005 e, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Em síntese, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedecem esta Resolução e outras normas aplicáveis. Comenta também sobre a disposição de efluentes no solo que, mesmo tratados, não está sujeita aos seus parâmetros e padrões de lançamento.
- A Resolução CONAMA nº 396 (BRASIL, 2008) dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas. Em síntese, deve garantir as funções socioeconômica e ambiental das águas subterrâneas; considerar as especificidades das formações dos aquíferos, respeitando as características físicas, químicas e biológicas intrínsecas, com as variações hidrogeoquímicas. Comenta que a caracterização das águas subterrâneas é essencial para estabelecer a referência de sua qualidade, a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes e, com isso, prevenir e controlar a poluição das águas subterrâneas que, uma vez poluídas ou contaminadas sua remediação é lenta e onerosa.

### **3.3 ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

A escolha do manancial a ser utilizado para captação da água para abastecimento humano dependerá dos seguintes critérios: vazão; características da água bruta; custos de implantação, operação e manutenção; localização geográfica e características da comunidade; possibilidades de futuras contaminações da água bruta e perspectivas de ampliação (LIBÂNIO, 2008).

Segundo Brasil (2011), o fornecimento de água para consumo humano ocorre através de duas formas: sistemas de abastecimento de água (SAA) e as soluções alternativas coletivas de abastecimento (SAC). O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) considera ainda as soluções alternativas individuais de abastecimento (SAI) (SVS, 2006).

#### **3.3.1 Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)**

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão. Pelo Decreto Presidencial nº5440 (BRASIL, 2005), este sistema pode ser enquadrado nas seguintes situações: o sistema isolado (abastecem isoladamente bairros, setores ou localidades em um único município) e os sistemas integrados (abastecem diversos municípios simultaneamente). Possuem uma variedade de arranjos que se integram para atender a população por meio de água encanada. O sistema completo ou “clássico” é composto pelas unidades: manancial, captação, adução, tratamento, armazenamento, distribuição e, eventuais, estações elevatórias e ligações prediais (BRASIL, 2007b). No sistema de abastecimento público a tecnologia de potabilização mais difundida é o tratamento convencional, que possui a NBR 12216/92 (ABNT, 1992) como norma regulamentadora para projetos de Estação de Tratamento de Água (ETA).

#### **3.3.2 Soluções Alternativas de Abastecimento**

Existem dois tipos de soluções alternativas para abastecimento de água: a coletiva e a individual.

A Solução Alternativa Coletiva (SAC) é toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo entre outras, fonte, poço comunitário,

distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical. Diversas as combinações, podem ser agrupadas de acordo com o tipo de manancial (subterrâneo e superficial) e a forma em que a água é distribuída para a população. Estas soluções podem ser providas ou desprovidas de rede de distribuição (BRASIL, 2007b). A inexistência de rede de distribuição deve-se ao fato do abastecimento ser particular (escolas, postos de gasolina), como também, comunitário (chafariz, veículo transportador). A existência da rede surge na necessidade de atender a vários domicílios (condomínio horizontal e vertical).

A Solução Alternativa Individual (SAI) é toda e qualquer solução alternativa de abastecimento de água que atenda a um único domicílio. Os tipos de captação a serem selecionados para sistemas unifamiliares como forma regular de abastecimento são: manancial superficial (nascentes, rios e lagoas) e subterrâneo (poço raso). O aproveitamento de água de chuva é uma solução individual, porém deve ser considerado como fonte de abastecimento complementar em localidades com condições climáticas desfavoráveis, ou seja, regiões com longas estiagens.

Em algumas cidades, a aplicação de soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água surge como ferramenta complementar à demanda do sistema de rede geral. No entanto, quando as cidades crescem sem planejamento e existe a deficiência na distribuição da água, os habitantes para suprirem suas necessidades, adotam tecnologias alternativas de abastecimento como medida única, inconsequentemente, pois não conhecem a qualidade do manancial captado e, este pode não estar em condições para consumo humano (CORDEIRO, 2008).

Em comunidades rurais e urbanas, as soluções alternativas de abastecimento humano não possuem obrigatoriedade de distribuição por rede e da responsabilidade do poder público, diferentemente dos sistemas convencionais (HELLER e PÁDUA, 2006). Segundo os mesmos autores, tem-se duas situações: transitória (emergência de origem natural ou operacional) e permanente (utilizadas por longos períodos). As motivações para adaptar soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano são diversas: inexistência/complementar de sistema de abastecimento de água, escassez hídrica, irregularidades pluviométricas, elevada evapotranspiração, redução no consumo de água potável, entre outras.



As principais fontes de abastecimento de água no meio rural são os poços rasos e nascentes (AMARAL *et al.*, 2003). No semiárido brasileiro, caracterizado por uma localidade com acentuada deficiência hídrica, as tecnologias de fornecimento de água identificadas foram: equipamentos para perfuração de poço; sistemas motor-bomba movidos por diferentes fontes de energia (elétrica, diesel e eólica); cisternas para armazenamento de água de chuva; dessalinizadores; barragem subterrânea; açudes (PEREIRA, 2012).

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (IBGE, 2012) confirma as divergências, em relação ao acesso à rede geral de distribuição e às outras formas de abastecimento, entre os domicílios urbanos e rurais. Conforme o **Quadro 3.3**, apenas 33,2% dos domicílios rurais estão ligados à rede de distribuição de água, em confronto aos 93,9% nos domicílios urbanos. A proporção de domicílios rurais que possuem soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água é de 66,8%.

**Quadro 3.3** – Abastecimento de Água por Domicílios no Brasil

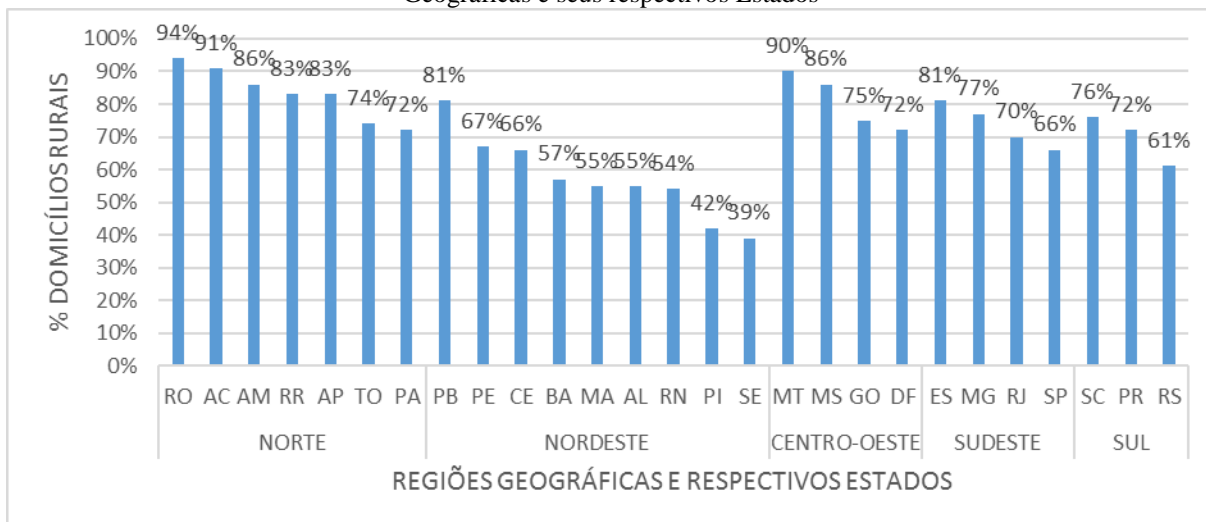
Área	Número total de domicílios	Domicílios ligados à rede			Outras formas		
		Com canalização interna (%)	Sem canalização interna (%)	Total (%)	Com canalização interna (%)	Sem canalização interna (%)	Total (%)
Urbana	54.020.165	93,3%	0,6%	93,9%	4,8%	1,3%	6,1%
Rural	8.828.948	29,7%	3,6%	33,2%	44,1%	22,7%	66,8%
Total	62.849.113	84,4%	1,0%	85,4%	10,3%	4,3%	14,6%

Fonte: IBGE (2012).

As “outras formas” de abastecimento que correspondente às soluções alternativas, atendem uma parcela muito pequena dos domicílios urbanos e a grande parcela dos domicílios rurais.

Os percentuais de domicílios atendidos com abastecimento de água por meio de soluções alternativas, considerando todos os estados federados e o Distrito Federal, podem ser observados na **Figura 3.1**. Nota-se que as regiões Norte e Nordeste são as que utilizam nos domicílios rurais respectivamente, maior e menor quantidade de soluções alternativas de abastecimento de água, a exemplo dos estados: Rondônia (RO) com o maior número de soluções alternativas do país e Sergipe (SE) com o menor número. A região Norte é predominantemente rural e, com isso, as soluções alternativas de abastecimento de água são mais utilizadas.

**Figura 3.1** – Percentual de domicílios rurais com soluções alternativas de abastecimento de água por Regiões Geográficas e seus respectivos Estados



Fonte: Adaptação de IBGE (2012).

Notadamente, a ausência de um sistema ou solução alternativa confiável e eficiente para o abastecimento de água potável traduz a insegurança da qualidade e quantidade da água que é consumida e, portanto, pode-se transformar em um problema de saúde pública. Com isso, a etapa de potabilização da água bruta é imprescindível no/para o uso de soluções alternativas, visando assegurar os níveis de saúde do consumidor.

### 3.3.3 Qualidade das Águas

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) afirma que a água se constitui como um bem direito universal: “Todos têm direito a água de qualidade em quantidade suficiente para garantir uma vida compatível com a dignidade humana”. Na perspectiva de garantir esse direito assegurado pela Constituição Federal, a Lei nº 9433 (BRASIL, 1997) contempla os seus instrumentos de gestão: outorga e cobrança pelo uso da água, enquadramento dos corpos d’água e os planos de recursos hídricos que, juntos, procuram minimizar os conflitos pelo uso da água e garantir água em quantidade e qualidade satisfatórias para atendimento das demandas da população.

As águas captadas necessitam de um tratamento para a sua potabilização antes de ser distribuída à população e, para tanto, deve obedecer aos padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 2914 (BRASIL, 2011) que controlam a qualidade da água para consumo humano e, cabe à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) fiscalizar a qualidade da água em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água (BRASIL, 2011).

A análise da qualidade da água bruta é importante para determinar a sua condição de classe atual, seus usos e escolher a tecnologia adequada para a potabilização da água. Os principais parâmetros analisados para a escolha da tecnologia de tratamento são: turbidez, cor aparente, *Escherichia coli* e presença de algas (**Quadro 3.4**).

**Quadro 3.4** – Parâmetros de qualidade, origem nas águas, tecnologia de tratamento e limites a serem obedecidos para a água potável

PARÂMETROS	ORIGENS	TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO	PORTARIA MS nº2914/11 (VMP)
<b>TURBIDEZ</b>	Lançamento de esgotos domésticos ou industriais; Carreamento de solos.	Filtração rápida	0,5 uT em 95% das amostras
		Filtração lenta Desinfecção (águas subterrâneas)	1,0 uT em 95% das amostras
<b>COR APARENTE</b>	Compostos de ferro	Oxidação Precipitação Filtração	Ferro: 0,3 mg/L Manganês: 0,1 mg/L Cor Aparente: 15 uH  OUTROS
	Compostos de manganês	Tratamento específico	
	Lançamento de efluentes industriais	Tratamento em função das características do efluente	
	Compostos orgânicos	Clarificação Desinfecção	
<b>ESCHERICHIA COLI</b>	Transmissão de doenças	Clarificação Desinfecção	Ausência em 100mL
<b>ALGAS</b>	Lançamento de efluentes pontual e difusa	Clarificação Filtração	Nitrato: 10mg/L Microcistinas: 1,0 µg/L Saxitoxinas: 3,0 µg/L

Fonte: Adaptação de Portaria MS nº 2914/2011. OBS: VMP – Valor Máximo Permitido.

O tratamento da água tem como função assegurar a potabilidade da água e pode ser realizado utilizando diversas tecnologias alternativas (coletivas e individuais) aos sistemas convencionais de abastecimento de água visando fornecer água com qualidade adequada às necessidades humanas. Além disso, o tratamento deve ser escolhido em função do tipo de poluente a ser removido.

### 3.3.4 Tratamento de água para consumo humano

A escolha do tipo de tecnologia em um sistema de tratamento de abastecimento de água considera: as características da água bruta; custos de implantação, manutenção e operação; manuseio e confiabilidade dos equipamentos; flexibilidade operacional; localização geográfica e características da comunidade e disposição final do lodo (LIBÂNIO, 2008).

A tecnologia de tratamento utilizada para potabilização das águas para consumo humano utiliza o processo de filtração em meio granular. Já para a água subterrânea que possui elevado teor de sais, utiliza-se a filtração em membrana com o objetivo de dessalinizar a água. E, para as águas subterrâneas de boa qualidade, somente é necessário realizar o processo de desinfecção. As tecnologias cuja filtração é realizada em meio granular podem ser: filtração

rápida e filtração lenta. A escolha entre essas tecnologias é realizada em função das características como cor, turbidez, densidade de algas e vazão a ser tratada (**Quadros 3.5 e 3.6**).

Para águas com elevada cor e/ou turbidez a tecnologia mais adequada é a do tratamento convencional, ou de ciclo completo, que possui as seguintes etapas para potabilização: Coagulação, Floculação, Decantação/Flotação, Filtração e Desinfecção. Essa tecnologia trabalha por filtração rápida e comumente usa coagulantes metálicos, pois trata-se de um processo de tratamento físico-químico da água.

Alternativamente ao tratamento convencional de águas superficiais, a depender da qualidade da água bruta, pode-se suprimir algumas etapas como: a floculação/sedimentação, realizando a filtração direta (ascendente, descendente e dupla filtração) (**Quadro 3.5**). Essas alternativas possuem menor custo de implantação e manutenção e possibilitam o uso de coagulantes orgânicos naturais (quiabo, quitosana, semente de moringa e tanino) alternativamente aos coagulantes metálicos (sais à base de ferro e alumínio) que não são biodegradáveis e em concentrações inadequadas causam danos à saúde ambiental e humana. Outra opção alternativa à filtração rápida é a filtração lenta, que não utiliza produtos químicos durante o tratamento, pois trata-se de um processo biológico (**Quadro 3.6**).

Após a etapa de filtração é necessário realizar a desinfecção que consiste na inativação ou destruição de organismos patogênicos em tanque de contato e, também, o residual da rede de distribuição. A filtração, para as águas superficiais, e a desinfecção, para todas as águas, são as etapas de tratamento obrigatórias pela Portaria MS nº2914 (BRASIL, 2011), em águas destinadas ao abastecimento humano. O processo de desinfecção da água geralmente é realizado com utilização de um produto químico, que comumente é o cloro. Alternativamente a este pode ser utilizada a desinfecção solar. Este processo é comumente utilizado para a desinfecção de pequenas quantidades de água em comunidades rurais.

- **Dessalinização**

O processo de dessalinização é adotado quando a água disponível para consumo humano ocorre por manancial subterrâneo, com fonte de água salobra e salgada. O sistema é mais específico, realiza a separação do excesso de soluto (sais e minerais) de uma solução através de membranas semipermeáveis. Além disso, remove microorganismos patogênicos, sólidos dissolvidos, metais, entre outros. O tratamento da água por dessalinização é oneroso e, dessa

forma, as comunidades rurais não têm como pagar o custo, entretanto, quando necessário é utilizado este tipo de solução para o tratamento da água como exemplo, o sistema implantado nas comunidades com investimento das companhias estaduais de engenharia hídrica e de saneamento. Na Bahia, esses sistemas são implantados pela CERB – Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia.

A tecnologia de dessalinização é utilizada em regiões onde a água doce é escassa ou de difícil acesso, como: em ilhas, Fernando de Noronha e Caribe; em países do Oriente Médio e; no semiárido nordestino. Em comunidades rurais do semiárido do Rio Grande do Norte (ARAÚJO *et al.*, 2005), da Paraíba (ALVES *et al.*, 2015), de Sergipe (FORMOSO, 2010) e de Pernambuco (SILVA, SILVA e SILVA, 2014), o tratamento de água salobra pelo processo de dessalinização por osmose reversa é eficaz, visto que, essa tecnologia produz água com qualidade dentro dos padrões de potabilidade, possibilitando a redução da quantidade de doenças de veiculação hídrica e mortalidade infantil, além de diminuir consideravelmente a dependência dessas comunidades por carros-pipa, açudes e barreiros. Deve-se ainda, considerar a operacionalidade e manutenção dos dessalinizadores para que o tratamento seja eficiente e adotar medidas mitigadoras dos impactos ambientais provenientes dos rejeitos altamente salinos, além de avaliar a possibilidade de aproveitamento (PORTO, AMORIM, PAULINO e MATOS, 2004), uma vez que a quantidade desse rejeito é elevada.

- **Desinfecção solar da água (SODIS)**

A SANDEC (2002) afirma que a desinfecção da água é uma solução de baixo custo para se beber água tratada a nível doméstico. O SODIS usa dois componentes da luz solar para a desinfecção da água. O primeiro, a radiação UV-A tem um efeito de germicida. O segundo componente, a radiação infravermelha, aumenta a temperatura da água e é conhecida como pasteurização quando a temperatura da água é elevada entre 70°C e 75°C. O uso combinado da radiação UV-A e produção de calor, causa um efeito conjunto que aumenta a eficiência do processo (SANDEC, 2002). Assim, a eficiência do método depende, principalmente: quantidade de energia solar disponível; clima; temperatura; presença de oxigênio dissolvido; qualidade da água a ser desinfetada e; turbidez abaixo de 30 NTU. Em águas com turbidez acima desse valor, as partículas suspensas presentes na água reduzem a penetração da radiação solar e protegem os microrganismos de serem irradiados, sendo assim, precisará de um pré-tratamento antes de ser exposta.

O método SODIS é ideal para desinfetar a água em pequenas quantidades utilizando energia solar para melhorar a qualidade da água destinada ao consumo humano. Assim, em comunidades rurais que possuam características que permitam a desinfecção solar da água, reduzida disponibilidade de água potável e rejeições da população com a desinfecção por cloração, pode-se sugerir e aplicar o SODIS a partir de programas de informação e acompanhamento da metodologia, por ser uma alternativa viável com procedimento simplificado e de grande eficácia na destruição de patógenos. Estudos, em localidades rurais, favoreceram a utilização da desinfecção da água por energia solar pelo método SODIS com positiva eficiência na destruição de patógenos em amostras coletadas obtidas de procedimentos adequados em: Campinas (MOREIRA e PATERNIANI, 2005); Cuiabá (BERTHOLINI e BELLO, 2011) e; no semiárido da Paraíba (NEVES, SANTOS e GOMES, 2014) e do Pernambuco (PEREIRA et al., 2014). Em estudo de aceitabilidade e aspectos econômicos, para duas comunidades do semiárido Paraibano, Beter (2006), indica que para o sucesso na implementação de novas tecnologias em lugares carentes de água e com baixo nível de escolaridade são necessárias condições prévias como:

- Campanhas de educação sanitária;
- Importância da qualidade da água de consumo para promoção da saúde; informações sobre o método SODIS e os níveis de eficiência quando realizado adequadamente;
- Acompanhamento intensivo até o método tornar-se rotineiro; entre outros.

Ainda, segundo Pinto e Hermes (2006), características como: o custo de US\$3,00 por ano para uma residência de 5 pessoas, utilizando garrafas de material PET e, por não necessitar de dosagem de produtos químicos, fazem com que o sistema tenha aceitação de 84% dos usuários de países em desenvolvimento, como Colômbia, Bolívia, Indonésia, Tailândia e China.

#### *3.3.4.1 Tratamento de água para comunidades rurais*

Em comunidades que não são abastecidas por rede geral de distribuição deve-se criar soluções simplificadas de tratamento para potabilizar a água e destiná-la seguramente ao consumo humano, afinal, existe a problemática de poluição e contaminação dos mananciais. A escolha de tecnologias alternativas para o tratamento de água está relacionada a:

- Variáveis de risco;

- Produtos químicos utilizados no tratamento;
- Legislação vigente;
- Custos de implantação, operação e manutenção;
- Manuseio e confiabilidade dos equipamentos e materiais;
- Flexibilidade operacional e;
- Particularidade da comunidade a ser abastecida.

Os processos de clarificação e desinfecção, a depender das características da água bruta, podem ter um funcionamento simplificado, adotando tecnologias simples, mais econômicas e de fácil acesso à comunidade o que as torna extremamente atraentes para a definição da tecnologia de tratamento.

Nas tecnologias que utilizam a filtração rápida, pode-se substituir os coagulantes químicos por coagulantes naturais. Estes por possuírem grandes cadeias moleculares, podem transformar-se em coagulantes catiônicos ou aniônicos e, portanto, aumenta a remoção de partículas coloidais da água bruta obtendo água tratada com melhor qualidade (Vaz, 2009). O autor comenta que o tratamento com biopolímero requer dosagens reduzidas e o pouco lodo que é gerado no processo de aglutinação das partículas, por não possuir sais de alumínio e ferro utilizados em ETAs convencionais, pode ser adicionado à compostagem, visto sua biodegradabilidade. São relativamente mais caros, porém, como requer dosagens menores, os custos são reduzidos em comparação aos produtos químicos.

O uso de agentes naturais de coagulação/floculação visa desestabilizar e formar flocos que serão removidos nos decantadores e/ou filtros, dependendo do tipo de tecnologia que está sendo adotada. A filtração é a etapa de tratamento posterior e conclui o processo de remoção de partículas suspensas e coloidais do tratamento da água através de um meio poroso. Os filtros sejam os rápidos ou lentos, removem as impurezas da água a partir de mecanismos de transporte e aderência (Pizzolatti, 2014). Nos filtros rápidos essa aderência é conseguida em função do uso do coagulante, já nos filtros lentos, que não utilizam coagulantes, ocorre em função dos microorganismos. Porém, quando se utiliza um pré-filtro dinâmico ou mais de um pré-filtro de pedregulhos (Filtração em Múltiplas Etapas – FIME) associados aos filtros lentos, pode-se utilizar neles o coagulante.

Os coagulantes naturais mais utilizados são: semente de *Moringa oleifera*, tanino, quitosana, quiabo, entre outros. Assim, os coagulantes naturais para coagulação da água afluyente aos pré-filtros de pedregulho que antecedem os filtros lentos no tratamento da água para abastecimento da população residente ou não na zona rural são descritos a seguir:

- **Semente de *Moringa oleifera***

A *Moringa oleifera* Lam é uma árvore nativa da Índia de caráter adaptativo, principalmente em regiões de clima tropical, sobrevive longos períodos de estiagem e possui crescimento rápido em diversos tipos de solo. Possui melhor desenvolvimento em solo preto argiloso bem drenado e ligeiramente ácido (DALLA ROSA, 1993), requerendo o mínimo de atenção. As sementes da árvore possuem propriedades coagulantes e bactericidas, sem restrições toxicológicas para humanos e animais. Além disso, não requerem ajustes de pH e alcalinidade, não causam problemas de corrosão, não modificam o sabor, possuem baixo custo e produzem baixo volume de lodo (VAZ, 2009). Segundo Pinto e Hermes (2006), o efeito do tratamento biológico da Moringa se deve a dois fatores: primeiro, uma grande parte dos microorganismos fisicamente ligados às partículas em suspensão na água ficam eliminados junto com o lodo retido; segundo, os cotilédones da Moringa possuem uma substância antimicrobiana aumentando o tratamento biológico da água. O autor comenta ainda que, o pó das sementes é adicionado a água turva, as proteínas liberam cargas positivas atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias, e outras partículas tóxicas presentes na água. Nos estudos de Vaz (2009) a solução coagulante de Moringa pode ser preparada por extração aquosa ou em solução salina, entretanto, o autor comenta que a solução salina apresenta maior durabilidade de armazenamento, melhora a eficiência da proteína presente que influencia na remoção de cor e turbidez. Tais sementes podem ser usadas no tratamento de água, independente do pH, possibilitando que as comunidades rurais tenham acesso a água com qualidade para consumo. A Moringa não garante que a água estará completamente sem patógenos, ou seja, não estará completamente purificada, porém a água estará limpa (clarificada) e para purificá-la será necessária a desinfecção (PINTO e HERMES, 2006).

- **Quitosana**

A quitosana é uma fibra natural biodegradável obtida a partir da hidrólise da quitina, biopolímero encontrado em muitas espécies de animais marinhos e plantas inferiores



(SPINELLI, 2001). A obtenção da quitosana, a desacetilação alcalina da quitina, ocorre industrialmente através de reações químicas ou enzimáticas. A quitosana é biocompatível (não-tóxica) e possui propriedades quelantes, emulsificantes e bactericidas (MOURA *et al.*, 2006). É de grande versatilidade de uso (medicina, indústria alimentícia, indústria têxtil, tratamento de águas de abastecimento e residuais, entre outros) e a eficiência na remoção de poluentes sofre interferência do pH ( $\text{pH} < 6,5$ ), força iônica, concentração do polímero e seu volume hidrodinâmico (KIMURA, 2001). O Brasil por possuir ampla faixa litorânea e diversidade biológica, possui grandes produções naturais de crustáceos, comercializados ou não. Assim, é de grande importância econômica e ambiental no tratamento das águas e na destinação adequada de resíduos (aproveitamento), visto que a substituição das substâncias sintéticas por naturais, reduz a produção e modifica a composição do lodo residual e reduz o potencial poluidor da água de abastecimento para o consumo humano e dos esgotos lançados em corpos d'água. Há a possibilidade do uso somente do polímero natural ou associado ao polímero sintético, visando menores concentrações de ambos.

- **Quiabo**

O quiabo é benéfico, agrega maior segurança na produção de água de qualidade e renda para o produtor rural, pois o cultivo é feito usualmente nas pequenas propriedades, ou seja, é um dos produtos típicos da agricultura familiar (LIMA, 2007). É uma hortaliça de clima quente adaptando-se bem ao clima tropical brasileiro, não exige solo de qualidade, apenas que o pH seja próximo ao neutro (SOUZA e LIMA, 1996). O uso do quiabo no tratamento de água e esgoto como auxiliar da coagulação química é estável e tem apelo compatível com o ambiente, especialmente quando associado ao uso de material renovável (biodegradável), ao baixo potencial de toxidez e ao potencial de sustentabilidade da agricultura familiar. Possuem sítios ionizáveis (positivos ou negativos) ao longo da cadeia, o que os fazem atuar como coagulante (BATHISTA *et al.*, 2001) para maior eficiência das etapas de tratamento posteriores e, principalmente, em situações em que é necessário a maior remoção de microrganismos patogênicos para redução de possíveis contaminações bacterianas (LIMA, 2007). O quiabo pode ser utilizado em pó ou em composição de mucilagem (obtida das sementes do quiabo) (LIMA, 2007).

- **Tanino**

Taninos vegetais são compostos de unidades monoméricas flavonóides (polifenólicos) polimerizados, significativamente presente na *Acacia mearnsii de Wildemann*, ou acácia negra, planta de origem australiana, no apoio sustentável ao tratamento de águas no Brasil (MANGRICH *et al.*, 2014). Segundo os mesmos autores, a acácia negra é cultivada no Brasil apenas no Estado do Rio Grande do Sul. São classificados como hidrolisáveis (taninos gálicos ou elágicos) e condensados (flavonóides), sendo o último dotado de grande poder de ligação (PIZZI, 2008). Os taninos naturais são, por definição, substâncias que possuem capacidade de associação e formação de complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais, atuando como agentes coagulantes naturais (TRUGILLHO *et al.*, 1997). A extração do tanino ocorre por diversos solventes tais como água, acetona, etanol ou por soluções aquosas com alguns sais como sulfito de sódio, carbonato de sódio, entre outros, sendo a afinidade definida de acordo com as organizações moleculares espelhadas pelas classes (BRÍGIDA e ROSA, 2003).

Para otimização do processo de coagulação/floculação, a TANAC S.A. possui quatro tipos dos coagulantes naturais obtidos a partir do tanino vegetal: TANFLOC POP, SG, SS e SL (TANAC, SD). Esta linha da TANAC S.A. pode ser utilizada como coagulante catiônico único no processo ou combinado aos produtos químicos. O TANFLOC SG, não possui metais em sua formação, participa na solução para o tratamento da potabilidade da água na Bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, acelerando o processo de decantação da lama presente na água (TANAC, 2015).

- Os mais adequados para aplicação na coagulação da água para suprimento das demandas da população residente em comunidades rurais são, entre os citados, a semente de *Moringa oleifera* e o quiabo que podem ser facilmente cultivados em sua propriedade. O tanino e a quitosana por serem adquiridos através de processos industriais e necessitar aferir o pH constantemente não são muito viáveis e recomendados como coagulantes naturais para o tratamento alternativo de água para consumo humano em comunidades rurais.

**Quadro 3.5 – Soluções simplificadas para a potabilização das águas com o consumo de coagulantes (naturais)**

TECNOLOGIA	REQUISITO DE USO	PROCESSO DE TRATAMENTO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
FILTRAÇÃO RÁPIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Água com cor e turbidez relativamente baixas e que não apresentem variações bruscas de qualidade;</li> </ul>	Físico-químico - coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pequeno número de unidades de tratamento;</li> <li>Baixo consumo de produtos químicos;</li> <li>Fácil operação e manutenção;</li> <li>Menor e custo de implantação;</li> <li>Economia de recursos devido à simplicidade e variedade construtiva (concreto, fibra de vidro ou chapa metálica);</li> <li>Baixa geração de lodo;</li> <li>Boa remoção de impurezas e patógenos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamento de água bruta com elevada turbidez e cor;</li> <li>Curto tempo de detenção (dificuldades de se tomar medidas corretivas);</li> <li>Evitar o uso de unidades pré-fabricadas (problemas na qualidade da água tratada);</li> <li>Alta velocidade de filtração.</li> </ul>
- Direta Ascendente (FDA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxas máximas de filtração para filtros com fluxo descendente entre 120m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia e 360m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia a depender do número de camadas do meio filtrante;</li> </ul>	Físico-químico - coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza a camada de suporte como floculador com isso reduz a taxa de crescimento da perda de carga durante a filtração (ação de profundidade);</li> <li>Ao possibilitar descargas de fundo intermediárias com introdução de água na interface, assim, as carreiras de filtração são de maior duração;</li> <li>Menor área e custos para implantação, operação e manutenção;</li> <li>Menor quantidade de coagulante por m<sup>3</sup> de água tratada;</li> <li>Menor produção de lodo;</li> <li>Possibilita a execução de descarga de fundo, resultando em eficiente método de remoção do material retido na camada suporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita de coagulantes;</li> <li>Insegurança sanitária com filtros recém lavados.</li> <li>O meio filtrante pode fluidificar;</li> <li>Unidades mais profundas;</li> <li>Requer maior carga hidráulica;</li> <li>Maior quantidade de água na limpeza dos filtros;</li> <li>Requer maior quantidade de meio filtrante.</li> </ul>
- Direta Descendente (FDD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxas máximas de filtração para filtros com fluxo ascendente ≤120m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia;</li> <li>Para grandes vazões a unidade deve possuir material filtrante mais grosso.</li> </ul>	Físico-químico – coagulação-floculação	<ul style="list-style-type: none"> <li>A redução da taxa de crescimento da perda de carga durante a filtração (ação de superfície) e carreiras de filtração com maiores durações pode ser parcialmente compensada com o emprego da camada dupla de antracito e areia;</li> <li>Segurança sanitária: impossibilidade de contaminação direta da água filtrada pela mistura com o volume final de água de lavagem que permanece no interior da câmara do filtro, além de permitir a adoção da operação segundo o princípio da taxa declinante e de maiores taxas de filtração.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita de coagulantes;</li> <li>Necessitam de lavagens frequentes;</li> <li>A qualidade da água é inferior nos primeiros minutos de funcionamento da unidade.</li> </ul>
- Dupla Filtração (DF)	.	Físico-químico - coagulação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite o tratamento de água com pior qualidade;</li> <li>Oferece mais segurança em relação às variações bruscas de qualidade da água bruta;</li> <li>Dispensa o descarte de água filtrada do filtro ascendente no início da carreira de filtração;</li> <li>Apresenta maior remoção global de microrganismos;</li> <li>Menor risco sanitário.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necessita de coagulantes;</li> <li>Requer maior área;</li> <li>Maiores custos de implantação, operação e manutenção que a FDA e FDD;</li> </ul>

Fonte: Adaptação de NBR 12216/92 (ABNT, 1992), PROSAB (2003), Paz (2007).

**Quadro 3.6 – Soluções simplificadas para a potabilização das águas sem o consumo de coagulantes**

TECNOLOGIA	REQUISITO DE USO	PROCESSO DE TRATAMENTO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>FILTRAÇÃO LENTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxas máximas para filtros lentos <math>\leq 6\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}</math>;</li> </ul>	Físico-biológico  (Clarificação)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor número de unidades de tratamento;</li> <li>Maior simplicidade (camada única de areia) e menores custos de operação e manutenção;</li> <li>Dispensa a utilização de energia elétrica e produtos químicos;</li> <li>Longa carreira de filtração (associação de pré-filtros);</li> <li>Eficiência na remoção de impurezas orgânicas, patógenos e oxidam compostos nitrogenados;</li> <li>Menor produção de resíduos de toxicidade;</li> <li>Não necessita de coagulantes;</li> <li>Produz pouco lodo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requer área;</li> <li>Alto custo de implantação;</li> <li>Fornecimento de água deve ser contínuo, para manter a camada biológica;</li> <li>Requer grande quantidade de material filtrante;</li> <li>Baixa velocidade de filtração;</li> <li>Não é eficiente para tratar águas com cor e turbidez;</li> <li>Dificuldade de remoção da matéria orgânica complexa.</li> </ul>
- Com Pré-filtro de Pedregulho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa turbidez (<math>&lt;10\ \mu\text{T}</math>);</li> <li>Baixa cor elevada (<math>&lt;10\ \mu\text{T}</math>);</li> <li>Pode tratar águas com turbidez entre 20 e <math>30\ \mu\text{T}</math> (associação de filtros).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouco aumento da carreira de filtração do filtro lento;</li> <li>Baixíssimo custo de instalação;</li> <li>Simplicidade de construção, manutenção e operação;</li> <li>Aumento da carreira de filtração do filtro lento;</li> <li>Atenuar os picos de turbidez e cor;</li> <li>Reduz o teor de sólidos e alguns parâmetros de risco físico e microbiológico da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A eficiência é limitada quando há somente este pré-tratamento;</li> <li>Quando requer bombeamento da água bruta deve-se adaptar para eliminar o desperdício de água no pré-filtro.</li> </ul>
- Filtração em Múltiplas Etapas (FIME)			<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação gradual das partículas;</li> <li>Aumento da carreira de filtração do filtro lento;</li> <li>Baixo custo de instalação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A eficiência de remoção de impurezas depende das condições climáticas;</li> <li>A frequência de picos de turbidez reduz a carreira de filtração;</li> </ul>
- Com Manta Sintética			<ul style="list-style-type: none"> <li>Auxiliar de ação biológica (melhoria da qualidade da água);</li> <li>Reduz os custos da filtração lenta (aumenta a carreira de filtração);</li> <li>Uso de taxas de filtração mais elevadas;</li> <li>Maior resistência e durabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A eficiência de remoção de impurezas depende das condições climáticas e da velocidade de entrada;</li> <li>Dificuldade de escolha (grande variedade);</li> <li>Depende das características da água bruta;</li> </ul>
<b>DESSALINI-ZAÇÃO</b>	Água do subsolo: salobra ou salgada	Membranas  Físico-químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação de outras substâncias indesejáveis contidas na água e não apenas os sais nesta dissolvidos</li> <li>Diminui consideravelmente a dependência de comunidades rurais por carros pipa, açudes e barreiros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maior custo de tratamento;</li> <li>A eficiência de remoção de impurezas depende das condições climática;</li> <li>Grande quantidade de água que vira rejeito.</li> </ul>
<b>DESINFECÇÃO SOLAR (SODIS)</b>	Água já filtrada com tempo de exposição da radiação solar mínimo de 5 horas com 50% de insolação ou 2 dias consecutivos para 100% de nuvens.	Radiação solar UV-A  Físico  (Desinfecção)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não necessita de produtos químicos;</li> <li>Alternativa técnica e economicamente viável (garrafas PET);</li> <li>Eficiente para situações emergenciais (regiões tropicais);</li> <li>Simplificada construção, operação e manutenção;</li> <li>Pode-se melhorar a eficiência pintando parte da garrafa de tinta preta fosca;</li> <li>Não altera as características químicas e organolépticas da água;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A eliminação de patógenos é mais demorada (clima);</li> <li>Águas contaminadas não são eficientemente desinfetadas (reprodução de microorganismos);</li> <li>A eficiência de desinfecção é inversamente proporcional à turbidez e espessura da lâmina de água;</li> <li>Somente pode ser concebida em instalações em batelada ou contínuas;</li> <li>Tratamento de água em pequenas quantidades.</li> </ul>

Fonte: Adaptação de NBR 12216/92 (ABNT, 1992), PROSAB (1999), PROSAB (2001), Paterniani e Roston (2003), Araújo *et al.* (2005), Paz (2007).

## **3.4 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA E ESGOTO**

### **3.4.1 Instalações Prediais de Água Fria**

O projeto de Instalação Predial de Água Fria é composto por elementos gráficos, memoriais, desenhos e especificações técnicas que definem a instalação do sistema de recebimento, alimentação, armazenamento e distribuição de água fria nas edificações. As instalações prediais de água fria deverão ser projetadas de forma que sejam compatíveis com o projeto arquitetônico e demais projetos complementares, visando a máxima economia de energia, o menor desperdício e o máximo reaproveitamento da água.

O dimensionamento das instalações de água fria deve determinar as dimensões e grandezas dos reservatórios e tubulações a fim de possibilitar:

- O fornecimento contínuo e em quantidade suficiente;
- Adequar as pressões e as velocidades;
- Preservar a qualidade da água;
- Reduzir os ruídos.

A depender da pressão disponível na rede de distribuição da água, a edificação, para armazenar a água, pode ter reservatório superior e inferior ou somente o superior. Para pressões menores e altos desníveis a serem vencidos serão necessários os dois reservatórios, tubulações de sucção e recalque, dois conjuntos motor-bomba (um ativo e outro de reserva), válvulas de retenção e de pé com crivo e, duas boias reguladoras de nível, uma para cada reservatório. A situação de altas pressões utiliza apenas o reservatório superior e uma boia reguladora de nível.

As tubulações de água fria, após o reservatório superior, são subdivididas em quatro partes estruturais, em cadeia: barriletes, colunas, ramais e sub-ramais. O barrilete é a tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as colunas de distribuição, quando o tipo de abastecimento é indireto. No abastecimento direto é considerado como a tubulação diretamente ligada ao ramal predial ou diretamente ligada à fonte de abastecimento particular. As colunas de distribuição são tubulações derivadas do barrilete e são destinadas a alimentar os ramais. Os ramais são tubulações derivadas da coluna de distribuição e destinados a alimentar os sub-ramais que, conseqüentemente, distribui aos pontos de utilização.

A verificação da pressão no sistema é importante para saber as condições de funcionamento, eficiência de desempenho e, conseqüentemente, atribuir conforto para os usuários. Por norma, a pressão estática máxima admissível é de 40m de coluna d'água e a pressão dinâmica mínima disponível no chuveiro, para os diâmetros comerciais DN20 e DN25 em função da altura do reservatório superior deve ser, respectivamente, 2,0mca e 1,0mca (ABNT, 1998). Além disso, as pressões nos demais pontos de utilização não devem ser inferiores a 0,5mca.

### **3.4.2 Instalações Prediais de Esgoto**

A água utilizada na residência é transformada em esgoto que deve ser coletado e conduzido a rede coletora de esgoto pública ou para um tratamento individual, na própria fonte geradora. Logo, o sistema predial de esgoto sanitário possui as funções básicas de coletar e conduzir, adequadamente, os despejos provenientes do uso de aparelhos sanitários, destiná-los e dispô-los apropriadamente.

Em instalações sanitárias de esgoto deve-se considerar: a tubulação primária que corresponde às tubulações com acesso à gases provenientes do coletor público e/ou dos dispositivos de tratamento; a tubulação secundária corresponde às tubulações, protegidas por desconectores contra os gases (sifões e caixas sifonadas), que atendam ao escoamento de ralos, lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e; as tubulações de ventilação das instalações prediais de esgotos sanitários, que tem a finalidade de conduzir os gases gerados no processo adequadamente para a atmosfera. Essas tubulações também evitam a ruptura do fecho hídrico dos desconectores, por aspiração ou compressão.

Segundo Brito (SD), o sistema de ventilação é formado pelos elementos principais: coluna de ventilação; ramal de ventilação; tubo ventilador; tubo ventilador primário; tubo ventilador secundário e; tubo ventilador individual. A ventilação da instalação predial de esgotos primários é realizada em edificações de um só pavimento por, no mínimo, um tubo ventilador ligado diretamente a uma caixa de inspeção ou junto ao coletor predial, subcoletor ou ramal de descarga de uma bacia sanitária, sendo prolongado acima da cobertura do prédio. Em prédios de dois ou mais pavimentos, os tubos de queda serão prolongados até acima da cobertura, sendo que todos os desconectores (vasos sanitários sifonados, sifões, ralos e caixas sifonadas) serão providos de ventiladores individuais ligados à coluna de ventilação.

Os ramais de descarga são as tubulações que recebem diretamente os efluentes de aparelhos sanitários, ou seja, as contribuições de efluentes das tubulações secundárias e considera os

efluentes a montante dos desconectores e/ou dispositivos complementares. O ramal de bacia sanitária pode ser dimensionado como ramal de descarga, porém sua contribuição é característica de tubulações primárias, ou seja, consideradas como instalações do ramal de esgoto. Os ramais de esgoto são tubulações primárias que recebem as contribuições de efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de um desconector, ou seja, admite-se o efluente de bacias sanitárias, como também, considera os efluentes à jusante dos desconectores e, transportam as contribuições afluentes à caixa de inspeção. O tubo de queda é a tubulação que recebe a contribuição dos efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga e, portanto, possui diâmetro mínimo (DN) 100mm.

Os desconectores são aparelhos destinados a impedir a passagem dos gases gerados pela decomposição do esgoto na rede e também servem para facilitar a limpeza na tubulação. Logo, todos os dispositivos providos de fecho hídrico, camada de água que permanece constantemente nos desconectores (aparelhos como o vaso sanitário, sifões e caixas sifonadas), vedam a passagem dos gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto. Para adequar às condições de ventilação dos aparelhos sanitários, segundo a NBR 8160/99 (ABNT, 1999), todos os aparelhos sanitários devem ser protegidos por desconectores, podendo ser utilizadas caixas sifonadas para a coleta dos despejos de conjuntos de aparelhos sanitários, tais como lavatórios, bidês, banheiras e chuveiros de uma mesma unidade autônoma, assim como as águas provenientes de lavagem de pisos, devendo as mesmas, neste caso, ser providas de grelhas.

As caixas sifonadas são desconectores destinados a receber efluentes da instalação secundária de esgoto (ramais de descarga) e não recebem contribuição da bacia sanitária, que são diretamente dispostas na caixa de inspeção.

As caixas de inspeção, de gordura e de passagem são ditas como dispositivos complementares que devem ser perfeitamente impermeabilizados, providos de dispositivos adequados para a inspeção, possuem tampa de fecho hermético, são devidamente ventilados e constituídos de materiais resistentes ao desgaste pelo esgoto.

As caixas de gordura podem ser dos seguintes tipos: pequena (uma), simples (uma ou duas), dupla (entre duas e doze) e especiais (superior a doze ou cozinhas de restaurantes, escolas, hospitais, quartéis, entre outros). Têm a finalidade de prevenir a colmatação dos sumidouros e obstrução dos ramais condominiais além de reduzir o desgaste nas paredes da fossa. A gordura pode ser enterrada ou aproveitada em Indústria de Sabão e Glicerina. As caixas de

inspeção recebem contribuição direta das bacias sanitárias e possuem finalidade diferente, destinada a permitir a inspeção, limpeza, desobstrução, junção, mudanças de declividade e/ou direção das tubulações (MACINTYRE, 2010). As caixas de passagem são destinadas a permitir a junção de tubulações do subsistema de esgoto sanitário, porém não possuem fecho hídrico.

### **3.4.3 Tratamento de Efluentes Domésticos**

A ausência de tratamento dos efluentes pode contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas, tornando-se indispensável o tratamento e a disposição adequada dos mesmos. Segundo Sabei e Bassetti (2013), outra importante razão para tratá-los, é a preservação dos corpos hídricos, afinal, a degradação ocorre por ação deletéria de substâncias presentes nos esgotos: a matéria orgânica pode causar a redução da concentração de oxigênio dissolvido se lançado em rios, provocando a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e liberação de odores desagradáveis. Além disso, segundo Rando (2007), é possível que os detergentes presentes nos esgotos provoquem a formação de espumas em locais de maior turbulência da massa líquida e, em áreas rurais, juntamente com os efluentes agrícolas, determinam difusamente a morte de peixes e outros animais. Há ainda a possibilidade de eutrofização pela presença de nutrientes, provocando o crescimento acelerado de algas que conferem odor, gosto e biotoxinas à água (RANDO, 2007).

No Brasil, o cenário, quanto à cobertura de serviços de esgotamento sanitário, apresenta um *déficit* muito superior ao apresentado para o abastecimento de água. Segundo o IBGE (2012), apenas 57,1% dos domicílios brasileiros possuem coleta de esgoto ligada à rede geral, sendo que outros 20,7% são atendidos por fossa séptica (ligada ou não à rede coletora) (**Tabela 3.1**). Entretanto, 22,3% dos domicílios dispõem de soluções inadequadas: 16,6% atendidos por fossas rudimentares, 3,1% por outras soluções e 2,6% não possuem alternativas para o esgotamento sanitário (**Tabela 3.1**). Ao observar os dados apresentados na Tabela 3.1, nota-se que nas áreas rurais a situação é mais grave do que nas áreas urbanas, pois somente 5,2% dos domicílios rurais possuem coleta de esgoto ligada à rede geral, 28,3% possuem fossa séptica (ligada ou não à rede coletora), as fossas rudimentares representam 45,3% e 7,7% para outras soluções.



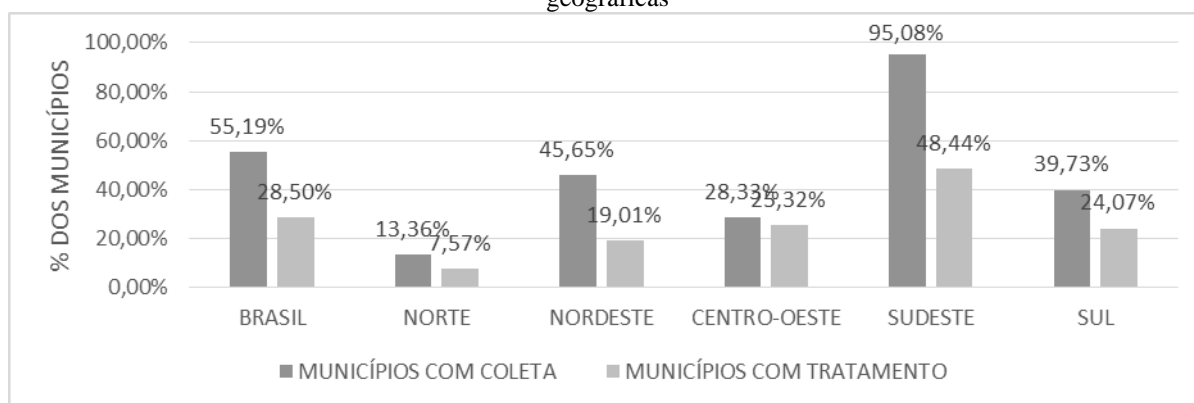
**Tabela 3.1** – Atendimento com serviços de esgotos sanitários nos domicílios brasileiros

Área	Total de domicílios	Esgotamento sanitário (% de domicílios)					Sem solução	
		Rede coletora	Fossa séptica		Fossa rudimentar	Outro		Total
			Ligada à rede coletora	Não ligada à rede coletora				
Urbana	54.020.165	65,5%	6,7%	12,8%	11,9%	2,3%	99,2%	0,8%
Rural	8.828.948	5,2%	2,7%	25,6%	45,3%	7,7%	86,4%	13,6%
Total	62.849.113	57,1%	6,1%	14,6%	16,6%	3,1%	97,4%	2,6%

Fonte: IBGE (2012).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), apresenta dados de coleta e tratamento de esgotos em relação ao total de municípios no Brasil e de suas regiões geográficas (**Figura 3.2**).

**Figura 3.2** – Percentual de municípios com coleta e com tratamento de esgoto segundo Brasil e suas regiões geográficas

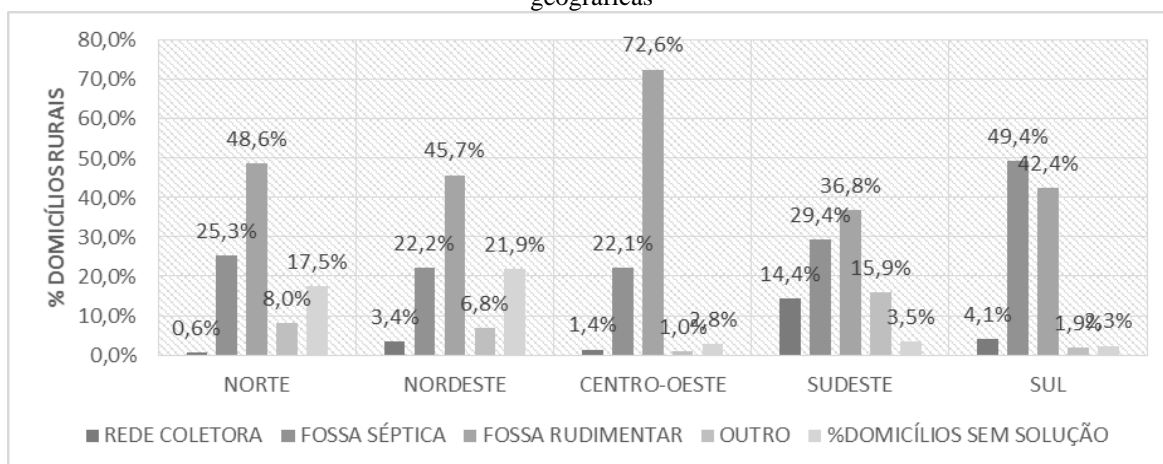


Fonte: Adaptação de IBGE (2012).

Dos 5565 municípios brasileiros, 55,19% possuem o esgoto coletado e apenas 28,5% são tratados. O maior e o menor número de municípios que possuem coleta e tratamento dos esgotos encontram-se, respectivamente, nas regiões Sudeste e Norte. Estes dados representam negativamente a realidade sobre a utilização de tecnologias para a coleta e o tratamento dos esgotos nos municípios brasileiros, importantes serviços para a melhoria da qualidade de vida e do ambiente.

A situação do esgotamento sanitário no Brasil em áreas rurais é ainda mais crítica quando os dados são explanados por região geográfica (**Figura 3.3**). Destaca-se o predomínio da utilização de fossas rudimentares em todas as regiões do Brasil, exceto a região Sul, em que o uso da fossa séptica é predominante. As fossas sépticas representam o segundo maior atendimento aos domicílios rurais em quatro das cinco regiões: Sudeste, Norte, Nordeste e Centro-Oeste. É também nas regiões Nordeste, Norte e Sudeste que apresentam elevados percentuais de domicílios com outras soluções ou sem soluções para o esgoto sanitário.

**Figura 3.3** – Situação do atendimento com esgotos sanitários nos domicílios rurais segundo as regiões geográficas



Fonte: Adaptação de IBGE (2012).

Através das barreiras sanitárias pode-se quebrar a cadeia de transmissão das doenças relacionadas com os dejetos humanos e animais. Estas barreiras são obras de saneamento para tratamento dos dejetos que evitam o contato de todas as excreções humanas e de animais com a água, o solo, os alimentos e o próprio homem. Podem ainda proporcionar o aproveitamento dos dejetos em usos diversos e ao não permitir a transmissão de doenças, melhoram a vida das comunidades e garantem o desenvolvimento das mesmas (CISAM/AMVAP, 2006).

No campo de tecnologias para o tratamento de esgotos sanitários, a escolha entre as diversas alternativas disponíveis é ampla e depende de diversos fatores, dentre eles, podem ser citados (VON SPERLING, 2005):

- Área disponível para implantação do sistema de tratamento de efluentes;
- Topografia dos possíveis locais de implantação e das bacias de drenagem e esgotamento sanitário;
- Volumes diários a serem tratados e variações horárias e sazonais da vazão de esgotos;
- Características do corpo receptor ou do solo que serão destinados os efluentes tratados;
- Disponibilidade e grau de instrução da equipe operacional responsável pelo sistema;
- Disponibilidade e custos operacionais de consumo de energia elétrica;
- Clima e variações de temperatura da região;
- Disponibilidade de locais e/ou sistemas de reaproveitamento e/ou disposição adequados dos resíduos gerados pelo sistema de tratamento de efluentes.

Para o tratamento de esgotos domésticos é mais usual o tratamento biológico, uma vez que este possui grande quantidade de matéria orgânica. Segundo Von Sperling (2005), esses esgotos passam por operações e processos de tratamento tais como, que realizam a purificação a nível preliminar (remoção de material grosseiro), primário (remoção de sólidos sedimentáveis e suspensos), secundário (remoção de matéria orgânica) e terciário (remoção de microrganismos patogênicos, metais e nutrientes). Existem vários processos utilizados para tratamento dos esgotos domésticos tais como: fossa séptica, filtros anaeróbios, lagoas de estabilização, lodos ativados, filtros biológicos percoladores, digestores anaeróbios de fluxo ascendente, sistemas de disposição no solo.

Para a escolha de um processo de tratamento dos esgotos deve considerar a disponibilidade de área, os recursos financeiros, o grau de eficiência de remoção requerida, o enquadramento do rio utilizado para lançamento dos efluentes e o grau de permeabilidade do solo quando for utilizar sistemas de disposição no solo.

Os sistemas de tratamento de esgotos sanitários podem ser: o descentralizado (individual) em que o tratamento é realizado na fonte geradora e, o centralizado (coletivo) em que há a coleta e o transporte do esgoto produzido por um grande número de domicílios para um determinado local onde ele será tratado (Estação de Tratamento de Esgotos) e, finalmente, disposto no rio ou no solo. Em comunidades rurais são comumente aplicados os sistemas individuais, por serem mais apropriados às características e condições da localidade e da população.

O desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgotos simples e econômicos é indispensável para melhorar as condições de saneamento no Brasil, sendo que estes sistemas devem ser de fácil operação e manutenção e dispensar equipamentos sofisticados (MONTEIRO JUNIOR e RENDEIRO NETO, 2011). Existem diversos sistemas simplificados que são apropriados para tratamento de esgotos em comunidades rurais que, utilizados corretamente, garantem saúde pública, empoderamento comunitário e preservação ambiental.

As tecnologias de tratamento de resíduos com ou sem contribuição hídrica mais utilizadas em comunidades rurais podem ser observadas no **Quadro 3.7**.

**Quadro 3.7 – Sistemas Individuais e/ou Coletivos de Tratamento de Esgotos Sanitários**

TIPOS	TRATAMENTO	CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	FOSSA SECA (FS)	NÃO	Possuem estruturas rústicas; Escavação feita no terreno com ou sem revestimento, a depender das características de permeabilidade do solo; Constituída por laje da fossa (piso da casinha) e casinha para proteção do usuário; Comum em zonas rurais (residências distantes); Em região de pequena densidade populacional (máx. 6 pessoas);	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Não consome água; Recomendada para áreas de baixa e média densidade; Aplicável em vários tipos de terreno; Permite o uso de diversos materiais de construção.	Imprópria para áreas de alta densidade populacional; Requer solução para águas servidas; Risco à saúde (higiene); Em terrenos inconsistentes exige impermeabilização; Podem poluir o solo; Requer pós-tratamento do resíduo.
	FOSSA ESTANQUE (FE)	NÃO	Idêntica à Fossa Seca, porém construída acima do solo, com material impermeabilizante; Adotada em zonas de lençol freático muito superficial; Lotes de pequenas proporções ou com terrenos rochosos ou facilmente desmoronáveis.	Baixo custo; Simples operação e manutenção; Não consome água; Fácil construção; Não polui o solo.	Imprópria para áreas de alta densidade populacional; Requer solução para águas servidas; Risco à saúde (higiene); Requer pós-tratamento do resíduo.
SISTEMAS INDIVIDUAIS E COLETIVOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	TANQUE SÉPTICO (TS)	SIM	Unidade cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão; Economicamente recomendado para até 100 pessoas; Pode ser de Câmara Única ou Câmara em Série.	Tecnologia simples, compacta e de baixo custo; Simples operação e manutenção; Remoção de sólidos suspensos; Remove pouca DBO; Boa resistência às variações de carga; Menor tempo de retenção; Melhor digestão; Melhor qualidade de efluente; Produção de biogás (pouco).	Pode apresentar efluente com aspecto desagradável; Pode apresentar maus odores; Dependente do clima; Produção de lodo (baixa) e necessidade de remoção; Requer tratamento complementar para a remoção de matéria orgânica e nutrientes (P e N).
	TANQUE IMHOFF (TI)	SIM	Economicamente recomendado para até 5000 pessoas; Tratamento primário realizado em Câmaras Sobrepostas nas zonas de decantação, do armazenamento do lodo, do lodo em digestão, neutra e de espuma; Fluxo ascendente; Importância dos dispositivos de remoção de gases e do lodo.	Custo médio; Simples operação e manutenção; Eficiência um pouco melhorada na remoção de sólidos suspensos e DBO; Menor tempo de retenção; Melhor digestão e qualidade de efluente (comparado aos TS); Produção de biogás (pouco).	Idem ao Tanque Séptico

Fonte: Adaptação de NBR 7229/93 (ABNT, 1993); VON SPERLING (2005).

As Fossas Seca e Estanque não têm contribuição hídrica e, portanto, não geram efluentes. O banheiro seco é uma técnica do saneamento que, similar às fossas supracitadas, não utiliza água para o transporte dos dejetos humanos (AMATUZI, BOTEGA e CELANTE, 2010). Segundo Sá (2011), a solução é ecológica porque respeita o ciclo natural dos elementos, contribuindo para a redução do consumo e desperdício de água e evitando a contaminação do solo e da água subterrânea. Além de prever, após o armazenamento em câmaras móveis ou fixas, o tratamento e aproveitamento dos resíduos. Sendo assim, o resíduo seco gerado das tecnologias mencionadas pode ser utilizado para fazer a co-compostagem (SABEI e BASSETTI, 2013) e se, suficientemente sanitizado, pode ser aproveitado na adubação de culturas (SÁ, 2011). O banheiro seco, ainda se apresenta como uma tecnologia alternativa ao sistema hídrico sanitário, principalmente em comunidades sem rede de coleta de esgoto, por ser simplificada, de baixo custo e não agredir o ambiente (SÁ, 2011). Possui grande variedade de modelos e, nos tipos em que há a separação da urina, esta deve seguir para o tratamento comum às águas servidas, como também, pode ser armazenada para posterior aproveitamento (rica em fósforo). No entanto, existe a necessidade de um melhor entendimento, aperfeiçoamento, avaliação e divulgação do uso correto dos sistemas de banheiros secos, para que estes possam ser efetivamente utilizados, sem ocasionar danos à saúde pública e ao meio ambiente (SÁ, 2011).

Os tanques sépticos (câmara única, em série ou sobrepostas) por terem contribuição hídrica geram efluentes com características que podem comprometer a qualidade da água do corpo d'água receptor e do solo e, portanto, requer um pós-tratamento antes do seu lançamento. Os efluentes podem também ser dispostos no solo, desde que este possua capacidade de infiltração e que permita a construção do sistema de forma que não causem a contaminação da água subterrânea. O tratamento complementar do efluente busca reduzir a carga orgânica e os impactos ao meio ambiente e a saúde pública, quando lançados nos corpos d'água, além disso há a possibilidade de reúso do efluente gerado.

Sendo assim, pode-se esquematizar os tratamentos que podem ou não ser utilizados nos resíduos sólidos e líquidos dos sistemas primários de tratamento de esgotos (**Quadro 3.8**).

**Quadro 3.8** – Tratamentos que podem ser ou não realizados nos resíduos sólidos e líquidos produzidos pelos processos de tratamento primário dos esgotos

TRATAMENTO	RESÍDUO SÓLIDO	RESÍDUO LÍQUIDO	
		TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO NO SOLO	TRATAMENTO COMPLEMENTAR
FOSSA SECA	Co-compostagem ou Enterrados	X	
FOSSA ESTANQUE			
TANQUE SÉPTICO	Co-compostagem; Aterro Sanitário (lodo)	Sumidouro; Vala de Infiltração; Círculo de Bananeiras	Vala de Filtração; Escoamento Superficial; Wetlands Construídos; Filtro Anaeróbico; Filtro de areia
TANQUE IMHOFF			

Fonte: Autor. Obs: X – não existe.

As características, vantagens e desvantagens das tecnologias que realizam tratamento complementar e a disposição do esgoto no solo, simultaneamente podem ser visualizadas no (Quadro 3.9); e das tecnologias que realizam tratamento complementar e que ainda geram efluentes para serem dispostos no Quadro 3.10.

**Quadro 3.9** – Características, vantagens, desvantagens e custos das tecnologias de tratamento com disposição no solo utilizadas principalmente em comunidades rurais.

		CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	CUSTOS
		TRATAMENTO COMPLEMENTAR COM DISPOSIÇÃO NO SOLO			
TRATAMENTO COMPLEMENTAR COM DISPOSIÇÃO NO SOLO	SUMIDOURO	Escavação não impermeabilizada realizada no terreno com taxa de absorção do solo maior que 40L/m <sup>2</sup> .dia; Infiltração do efluente ocorre lateralmente; Construção: paredes de alvenaria com juntas livres ou placas de concreto perfuradas; Enchimento com brita no fundo e nas laterais, externas às paredes, para evitar e reduzir a colmatação; Para manutenção a tampa ficará aberta, assim, criará o biofilme e recuperará a capacidade de absorção. Para cada tanque construir no mínimo dois sumidouros.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção ("entupimento"); Eficiência na remoção de DBO, Sólidos Suspensos e patógenos; Baixa eficiência na remoção de nutrientes (Menor que Vala de Filtração); Boa resistência a variações de carga; Não produz lodo; Proporciona fertilização e condicionamento do solo; Sem requisitos energéticos; Recarga do aquífero.	Requer pouca área; Possibilidade de maus odores; Dependente das características do solo; Construído apenas em locais onde o aquífero é profundo, em rochas sedimentares; Pode ocorrer contaminação do aquífero por nitrato.	Instalação (tanque séptico mais sumidouro): 20,00 a 40,00 US\$/hab; Operação: 4,00 US\$/hab.ano
	VALA DE INFILTRAÇÃO	Conjunto de tubulações assentadas a uma profundidade, que não exceda 1,00m, com larguras na faixa entre 0,50m e 1,00m, espaçamento mínimo entre elas de 1,00 m (medidas entre suas laterais) e comprimento máximo de cada vala de 30,0m; A taxa de absorção do solo entre 20 e 40L/m <sup>2</sup> .dia; A declividade é importante, pois o processo ocorre por gravidade; Para evitar a erosão e o aumento da infiltração por demanda pluvial deve-se sobrelevar a tampa; Para cada tanque no mínimo 2 (duas) valas.	Baixo custo; Simples operação e manutenção; Ocorre apenas por gravidade (sem gasto de energia); Eficiência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos; Baixa eficiência na remoção de nutrientes; Boa resistência a variações de carga; Não produz lodo; Proporciona fertilização e condicionamento do solo; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis.	Requer grandes áreas; Possibilidade de insetos, vermes e maus odores; Necessidade de substrato (areia grossa); Dependente das características e da declividade do solo; Dependente do clima; Necessitam de ventilação (reduzir colmatação); Manutenção por jato de ar ou água; Pode ocorrer contaminação do aquífero por nutrientes.	Instalação (tanque séptico mais vala): 20,00 a 40,00 US\$/hab; Operação: 4,00 US\$/hab.ano
	CÍRCULO DE BANANEIRAS	O sistema complementar é de fácil construção e manejo, sendo um elemento fundamental na habitação urbana ou rural por cumprir mais de uma função importante: tratar o efluente localmente, compostar resíduos orgânicos e produzir alimentos. Ao despejar o efluente do tanque em um poço (similar ao sumidouro), constituído por materiais porosos, brita, areia, plantas e, coberto por solo do local rodeado de bananeiras. Estas plantas se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica. As bananeiras aproveitam os nutrientes do efluente e funcionam como filtros naturais, pois absorvem grande parte da água para a produção de alimento e biomassa. Além da bananeira, pode-se empregar também lírios e mamoeiros.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Ocorre apenas por gravidade (sem gasto de energia); Eficiência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos; Boa eficiência na remoção de nutrientes; Boa resistência a variações de carga; Não produz lodo; Proporciona fertilização e condicionamento do solo; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis.	Requer pouca área; Possibilidade de insetos; Dependente das características do solo; Dependente do clima;	Muda de banana a partir de R\$ 3,00 (influência da espécie)

Fonte: Adaptação de NBR 13969/97 (ABNT, 1997); ERCOLE (2003); VON SPERLING (2005).

**Quadro 3.10** – Características, vantagens e desvantagens e custos das tecnologias mais utilizadas para tratamentos dos efluentes dos tanques sépticos, principalmente em comunidades rurais.

		CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	CUSTOS
<b>TREATAMENTO COMPLEMENTAR SEM DISPOSIÇÃO NO SOLO</b>	<b>VALA DE FILTRAÇÃO</b>	O sistema é utilizado quando o tempo de infiltração do solo não permite adotar outro sistema mais econômico e/ou quando a contaminação do manancial freático deve ser evitada; Taxa de absorção do solo menor que 20L/m <sup>2</sup> .dia; Constitui-se de duas camadas superpostas e, entre estas, uma camada de areia grossa lavada. Quanto maior a camada de areia, melhor será a eficiência do tratamento e, conseqüentemente, melhor o efluente. Para cada tanque no mínimo 2 (duas) valas.	Médio custo; Simples operação e manutenção; Sem gasto de energia; Eficiência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos; Baixa eficiência na remoção de nutrientes (Menor que Vala de Infiltração, Escoamento Superficial e Wetlands Construídos); Independência das condições climáticas; Boa resistência a variações de carga; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis.	Requer área menor que para as Valas de Infiltração; Possibilidade de maus odores; Necessidade de substrato (areia, brita e papel alcatroado); Suscetível a entupimentos; Dependente das características e da declividade do solo; Produz pouco lodo; Gera efluente; Manutenção por jato de ar ou água;	Instalação (tanque séptico mais valas): 20,00 a 40,00 US\$/hab; Operação: 4,00 US\$/hab.ano
	<b>ESCOAMENTO SUPERFICIAL</b>	Processo pouco difundido em solos pouco permeáveis, em que todos os fatores naturais de depuração do esgoto participam ativamente; Parte do líquido distribuído se perde por evapotranspiração, parte se infiltra no solo, e o restante escoar para a parte inferior da unidade, onde será captado. Para cada tanque no mínimo 2 (duas) áreas para aplicação superficial.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Sem gasto de energia; Eficiência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos; Baixa eficiência na remoção de nutrientes; Boa resistência a variações de carga; Não produz lodo; Proporciona fertilização e condicionamento do solo; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis e produção de biomassa.	Requer grandes áreas; Possibilidade de insetos, vermes e maus odores; Menor dependência das características do solo; Maior dependência da declividade do terreno; Dependente do clima; Gera efluente (1m <sup>2</sup> /hab);	Instalação (tanque séptico mais aplicação): 5,00 a 15,00 US\$/hab; Operação: 5,00 a 10,00 US\$/hab.ano
	<b>WETLANDS CONSTRUIDOS</b>	É um sistema alternativo natural ou construído que possui: o sistema de drenagem (ação físico-química), o material impermeabilizante e o material filtrante (ação biológica) que é constituído por plantas, selecionadas a partir da profundidade da zona de raízes e altura da planta, e pelo meio suporte. As espécies, macrófitas (flutuantes, submersas e emergentes), empregadas no processo são escolhidas por possuírem grande capacidade de desenvolvimento em situação de baixa oxigenação dos solos saturados de água, possuam um sistema radicular fasciculado, cresçam a uma mesma profundidade e considera à sua disponibilidade na região a ser instalado o leito de tratamento. A vegetação é uma barreira para a passagem do efluente, criando condições favoráveis à proliferação de bactérias que transformam nutrientes e, conseqüentemente, melhora os processos biológicos de degradação da carga orgânica. A relação solo, microrganismos, plantas, estabiliza o esgoto promovendo certo grau de purificação. Para cada tanque no mínimo 2 (dois) wetlands.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Sem gasto de energia; Eficiência na remoção de DBO, sólidos suspensos e patógenos; Eficiência na transformação de nutrientes; Boa resistência a variações de carga; Não produz lodo; Proporciona fertilização e condicionamento do solo; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis e produção de biomassa.	Requer grandes áreas (menor que as Valas de Infiltração e Escoamento Superficial); Necessidade de substrato (areia, brita e papel alcatroado); Possibilidade de insetos (fluxo superficial); Necessidade de manejo das macrófitas; Suceptível a entupimentos; Dependência das características do solo; Dependente do clima; Gera efluente de melhor qualidade (reuso).	Instalação (tanque séptico mais wetland): 40,00 a 115,00 US\$/hab; (influência do tipo de material para impermeabilizar o solo)



<b>FILTRO ANAERÓBIO</b>	O sistema consiste em um meio suporte preenchido com material inerte, resistente, leve, que facilite a distribuição do fluxo e dificulte a obstrução, possua baixo preço e seja de fácil de adquirir. Afinal, o material é o meio de adesão e acumulação dos microorganismos que, formam o lodo ativado e degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio, transformando-a em gás carbônico e metano e reduzem os sólidos presentes no efluente.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Boa remoção de DBO; Sem requisitos energéticos; Boa resistência às variações de vazão; Não exige grandes alturas ou escavações profundas; Propiciam boa estabilidade do efluente e liberdade de projeto (configurações e dimensões).	Pequena área; Pode apresentar obstrução dos interstícios; Volume grande (espaço para o material de suporte); Insatisfatória remoção de patógenos e nutrientes (N e P); Produção de lodo (baixa); pode apresentar efluente com aspecto desagradável; Possibilidade de maus odores.	Instalação (tanque séptico mais valas): 20,00 a 40,00 US\$/hab; Operação: 5,00 US\$/hab.ano
<b>FILTRO DE AREIA</b>	Os filtros podem ser anaeróbios (contínua entrada de esgotos) e aeróbios (intermitência de aplicação). O sistema é composto por única, dupla ou tripla camada de areia-brita. A granulometria está associada à eficiência na remoção da matéria orgânica e na retenção de partículas dissolvidas, nutrientes e microorganismos patogênicos. Assim, quanto menor a granulometria do filtro melhor a qualidade do efluente, porém a carreira de filtração torna-se limitada e exige menor período de limpeza.	Baixo custo; Simples construção, operação e manutenção; Sem gasto de energia; Eficiência na remoção de DBO e Sólidos Suspensos; Baixa eficiência na remoção de nutrientes (Menor que Vala de Infiltração, Escoamento Superficial e Wetlands Construídos); Independência das condições climáticas; Boa resistência a variações de carga; Sem requisitos energéticos; Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis.	Requer área menor que as Valas de Infiltração; Possibilidade de insetos e maus odores; Necessidade de substrato (areia, brita); Dependente das características e da declividade do solo; Produz pouco lodo; Gera efluente;	Instalação (tanque séptico mais valas): 20,00 a 40,00 US\$/hab; Operação: 5,00 a 6,00 US\$/hab.ano

Fonte: Adaptação de NBR 13969/97 (ABNT, 1997); VAN KAICK (2002); ERCOLE (2003); ANDRADE NETO (2006); SALATI (2006); VON SPERLING (2005); PIO *et al.* (2013).

As áreas rurais possuem particularidades diferenciadas (socioeconômica, cultural, disponibilidade de área, menor densidade populacional) e não menos importantes, em comparação às áreas urbanas, permitindo o tratamento dos esgotos na própria fonte geradora (local) por sistemas individuais que podem promover eficiência satisfatórias na remoção de poluentes, reduzindo os riscos de alteração da qualidade das águas e das características naturais dos solos. Alguns dos processos que realizam tratamento e disposição no solo, simultaneamente, não produzem efluente uma vez que os mesmos são infiltrados no solo e, com isso, se não for projetado da maneira adequada, haverá a possibilidade de contaminação do solo e, conseqüentemente, das águas subterrâneas. Os processos que realizam apenas o tratamento complementar possuem custos de implantação e operação semelhantes aos sistemas de disposição no solo que não geram efluentes. Em termos econômicos, técnicos (qualidade do efluente gerado) e sanitários (saúde pública e salubridade ambiental) pode-se presumir que os melhores sistemas são os passíveis de se realizar o reúso dos efluentes tratados.

Todas as tecnologias de tratamento complementar são simples e de baixo custo, porém os *wetlands* construídos (filtros plantados com macrófitas) são as mais atrativas porque podem utilizar como auxiliar no tratamento plantas de base alimentar humana ou animal, se constituindo, portanto, uma unidade de reúso de águas, pois durante o tratamento os esgotos suprem as necessidades hídricas e nutricionais das plantas (SENA e SILVA, 2014). Estes sistemas permitem o uso de culturas de ciclo curto como: feijão, arroz, milho, trigo, soja, etc, como plantas auxiliares do tratamento (ESCOSTEGUY *et al.*, 2008).

O efluente dos *wetlands* podem também ser reutilizados na irrigação de jardins, campos e culturas, uma vez que podem atingir eficiência de tratamento avançado e nitrificar os efluentes, evitando, assim, o uso de fertilizantes nitrogenados (SILVA, 2007). Oliveira *et al.* (2012) comenta que o aproveitamento das águas residuais na agricultura é uma alternativa para controle da poluição de corpos d'água, disponibilização de água para as culturas, aumento de produção agrícola. A irrigação das culturas deve obedecer às condições sanitárias adequadas para que não venha causar riscos à saúde de forma direta ou indireta.

Souza *et al.* (2005) reforça que o reúso é uma alternativa para a escassez hídrica da região Nordeste brasileiro, caracterizada por um curto período chuvoso, temperatura elevada e alta taxa de evaporação; com deficiência hídrica no solo na grande maioria dos meses do ano.

O tratamento complementar pode ser desenvolvido através dos *Wetlands* Construídos na propriedade rural, visto que, existe circunstâncias de grandes estiagens e de criticidade na disponibilidade e distribuição de água na região (semiárida). Além disso, a localidade possui, durante todo o ano, temperaturas médias favoráveis ao bom funcionamento do sistema, com baixa amplitude térmica; a propriedade possui área disponível para construção do sistema; o terreno permite a implantação sem gasto energético (por gravidade); os poucos resíduos sólidos gerados pelo sistema podem ser beneficiados na compostagem.

Como o tratamento primário da propriedade dispõe o efluente com fluxo intermitente, pode-se admitir o tratamento complementar através dos *wetlands* construídos de fluxo vertical (WCFV). A alternância do fluxo de entrada do esgoto favorece a oxigenação das raízes e do meio suporte, reduzindo a produção de lodo e aumentando a eficiência da nitrificação, agregando potencial de reúso do efluente para a irrigação de culturas (SILVA, 2007). Os sistemas de fluxo vertical descendente possuem plantas com sistema radicular fixo e fasciculado no meio suporte e através das raízes, com o auxílio de microorganismos rizosféricos, absorvem, sedimentam, transformam e volatilizam nutrientes presentes no esgoto (SALATI, 2006).

O meio suporte é diversificado, porém, frequentemente, é composto por areia grossa, cascalho, pedregulho e brita (SILVA, 2007). Segundo o mesmo autor, os *wetlands construídos* podem ser sustentáveis através da construção com materiais inertes reutilizados encontrados na própria comunidade e, também, há a possibilidade do uso do solo local como meio suporte, desde que este apresente características físico-químicas adequadas como porosidade e condutividade hidráulica, permitindo acrescentar o solo como substrato da solução alternativa. O dimensionamento das camadas do meio suporte e do plantio da macrófita emergente não possui valores padrões, portanto, os sistemas de tratamento com *wetlands* construídos é analisado caso a caso. No entanto, o substrato deve possuir elevada condutividade hidráulica e, ao mesmo tempo, fornecer condições para a planta e para os microorganismos se desenvolverem (SILVA, 2007).

Os materiais impermeabilizantes dos leitos construídos mais utilizados são: o concreto, a lona plástica e as mantas sintéticas de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno de alta densidade (PEAD).

Os sistemas de esgotamento sanitários simplificados, como já foi dito, podem se apresentar em diferentes associações. Ao analisar estudos em comunidades rurais que possuem sistemas simplificados para o tratamento de esgotos domésticos pode-se perceber que as tecnologias foram apropriadas e bem executadas às pequenas comunidades, por possuírem boa capacidade de remoção de poluentes. Em comunidade rural de Irati, Paraná, o tratamento do esgoto ocorre com a associação entre o tanque séptico e a zona de raízes (não especifica o fluxo). Esta possui a *Zantedeschia aethiopica* (copo-de-leite) como planta e, areia e brita como meio suporte (LEMES *et al.*, 2008). Os autores, Schirmer *et al.*, (2009), em continuidade ao trabalho anterior, verificaram os percentuais médios de remoção no sistema para DQO, P, turbidez, CF e CT foram, respectivamente, 80%, 54%, 67%, 99,6% e 94%. Um estudo, realizado por Ferreira *et al.* (2013), com a finalidade de verificar a possibilidade de padronização do sistema de *wetlands* subsuperficial de fluxo vertical, constatou valores bastante satisfatórios no tratamento de esgoto sanitário. O levantamento considerou trabalhos realizados por pesquisadores, no Brasil, e apontou eficiências médias de remoção de DBO de 77% a 99%; coliforme total (99%) e eficiências máximas de remoção de N amoniacal, N total e fósforo, respectivamente, de 89%, 93,3% e 99,6%. Na pesquisa de Silva (2007), o desempenho do tratamento dos sistemas *wetlands* construídos de fluxo vertical descendente com meio suporte de solo natural modificado (Latosolo vermelho-amarelo misturado com areia média), plantado com arroz (*Oryza sativa L.*) irrigado, obteve eficiências médias de remoção que variaram aproximadamente, de 97 a 99% (DBO); 90 a 98% (SS); 90 a 99% (turbidez); 9 a 37% (CE); 96 a 100% (P); 88 a 94% (N total); 85 a 95% (amônia) e houve aumento de 2 a 116% nas concentrações de nitrato e redução do NMP de coliformes de 1 log a 6 log. Rodrigues (2012), em uma escola rural do município de Campos Novos, Santa Catarina, o sistema analisado constitui-se por três tanques sépticos em série (tubulações de concreto armado, de 80cm de diâmetro por 1,5m de altura cada), seguido por três filtros biológicos em paralelo (também construído de tubulações com 1,0m de altura cada. O material filtrante era de brita nº 3 com 40cm de espessura e o fundo falso é de 30cm, sustentado por uma prancha de madeira naval arredondada com furos equidistantes intercalados de 2cm de diâmetro). E, por fim, o efluente segue para o leito de macrófitas com meio suporte de areia e a brita, plantado com *Typha SP.* A eficiência do sistema implantado em termos de remoção de DBO, DQO,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ , coliformes totais e coliformes termotolerantes foi, respectivamente: 72,1%, 77,4%, 80,7% e 80,7%, 99,93% e 97,54%.

### 3.5 ÁGUA DE CHUVA

Águas pluviais são as águas da chuva que escoam sobre o solo, os terraços, os telhados, entre outras superfícies. Estas águas devem ser captadas e conduzidas de forma controlada por sistemas de drenagem. O manejo adequado das águas pluviais permite evitar alagamentos, reduzir a erosão e desmoronamento de solos, proteger as edificações da umidade, garantindo conforto às pessoas. Ademais, a captação e o armazenamento (cisternas) das águas pluviais viabilizam o aproveitamento tanto na redução do consumo de água potável em usos menos nobres (lavagem de pisos, carros, irrigação de jardins, descarga dos vasos sanitários, entre outros) como a disponibilidade de fonte de água complementar para consumo humano em regiões que vivenciam problemas de escassez e/ou ausência ou ineficiência dos sistemas de abastecimento de água.

No país, as áreas urbanas são destacadas pelo potencial de desenvolvimento econômico e por constituir grandes aglomerados populacionais e, com isso, pode-se associar um grave problema para as estruturas de drenagem de águas pluviais devido ao elevado percentual de impermeabilização, grande quantidade de habitações, prédios públicos e privados e pavimentações. A Lei 11445/07 - Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007) institui a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas como um dos seus pilares, sendo um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas. A preocupação com as águas pluviais em áreas urbanas não se estende às áreas rurais. Nas zonas rurais a ausência de sistemas de drenagem aliado ao aumento do desmatamento de grandes áreas permitem que, ao chover, as águas carregem sedimentos provocando a erosão do solo exposto, impactando na qualidade dos solos e das águas superficiais.

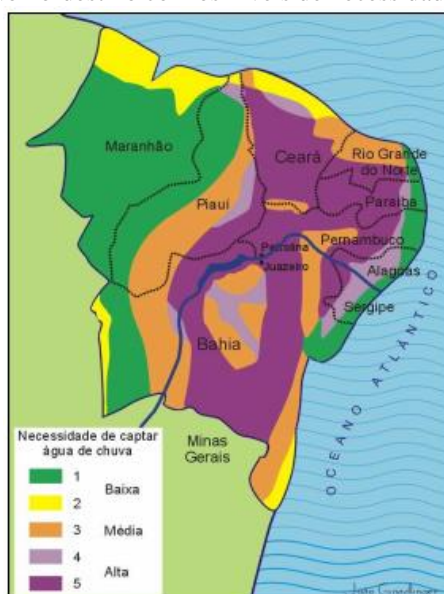
O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) destaca a necessidade e valoriza a captação de água de chuva como uma das alternativas para mitigar os efeitos de sua irregularidade, principalmente em áreas com recursos hídricos limitados e/ou de qualidade inadequada. Ressalta, ainda, que o Programa “Um Milhão de Cisternas” (P1MC), iniciado em 2002 e gerenciado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) conta com aproximadamente 578,4 mil cisternas construídas em todo semiárido brasileiro, beneficiando cerca de um milhão de pessoas (ASA,

2016). A partir da ASA, pode-se ainda informar a área média dos telhados das casas de agricultores do semiárido é de 84m<sup>2</sup> e que, mais da metade das residências possuem mais de 75m<sup>2</sup> de telhado e apenas 4% têm telhados muito pequenos (ANDRADE NETO, 2014). Portanto, a grande maioria dos imóveis rurais possuem a área da superfície de captação suficiente para atender às necessidades dessa população.

Segundo Andrade Neto (2014), o uso de cisternas para captação e reservação da água de chuva é uma prática milenar que tem evoluído, incorporado inovações tecnológicas e estruturais, barreiras sanitárias, entre outros. Afirma que, no semiárido brasileiro, a cisterna é uma alternativa ecologicamente sustentável, viável economicamente, socialmente desejável, adequada e muito conveniente para o aproveitamento da água de chuva no abastecimento familiar rural difuso e independente, considerando as características ambientais da região e socioeconômicas da população, ressaltando ainda a existência de localidades em que a água da chuva possui qualidade superior à disponível para abastecimento.

No Nordeste Brasileiro, a necessidade de usar a captação de água de chuva deve-se à alimentação intermitente e temporária de rios, baixa pluviosidade, alta taxa de evaporação, baixa disponibilidade de água ou com qualidade limitada do subsolo (GNADLINGER, 2000 e GNADLINGER, 2001). As áreas onde precisam utilizar a captação de água de chuva podem ser observadas na Figura 3.4.

**Figura 3.4** – Áreas do semiárido nordestino com os níveis de necessidade de captação de água de chuva.



Fonte: GNADLINGER (2001).

A qualidade da água captada depende das condições atmosféricas (ausência ou não de poluição); limpeza de superfícies; uso de telas e/ou métodos de filtração - para remover impurezas e evitar a acumulação destas em partes do sistema. Para Heijnen (2012) existem alguns componentes e avaliações que merecem atenção para observar a qualidade da água de chuva como:

- Tipo e condição do material do telhado;
- Arranjos de primeira descarga, de entrada e saída; materiais de cisternas e acessórios;
- Tanques subterrâneos (possibilidade de contaminação a partir de organismos patogênicos);
- Avaliar águas de chuva com relação à contaminação microbiana e contaminantes químicos (poluentes atmosféricos);
- Observar a existência de criadouros de vetores.

Dessa forma, as águas pluviais destinadas ao consumo humano direto devem, assim como qualquer que seja a fonte para uso o abastecimento doméstico, passar por um tratamento (filtração e desinfecção) para adequar aos padrões de potabilidade exigidos pela Portaria MS nº 2914 (BRASIL, 2011) e, então, garantir níveis de saúde à população e ao ambiente.

É de suma importância que os usuários entendam os perigos e riscos potenciais de negligência na captação de água da chuva. Com isso, é necessário o desenvolvimento de orientações adequadas, para que haja cronogramas de manutenção simples baseadas em abordagens de plano de segurança de águas e formatos de inspeção sanitária disponíveis para auxiliar na consistência da boa qualidade da água captada e armazenada.

Cada unidade de proveito (residências particulares, edifícios, instalações comerciais e públicas, condomínios, indústrias) deve ser tratada separadamente, como um caso particular, para o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva, devido às variáveis existentes como: área do telhado e demanda de água. O armazenamento pode ser de forma individual (cada unidade de captação), como também, pode-se construir de forma coletiva em que, há a captação de água das unidades individuais e, estas serão conduzidas e acondicionadas em um ponto comum para o uso de toda a população envolvida no projeto coletivo.

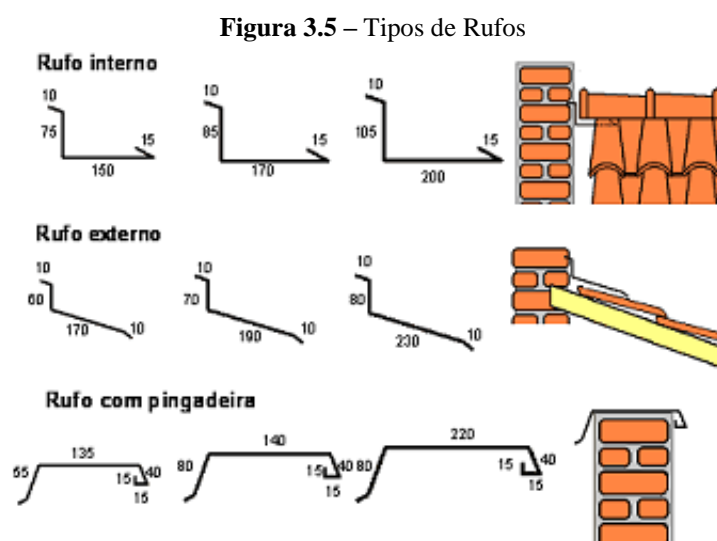
Para a instalação do sistema de captação da água da chuva deve-se fazer um estudo dos índices pluviométricos da região, da capacidade de captação do telhado e do tamanho ideal do reservatório de armazenamento de acordo às necessidades e usos. Portanto, deve-se organizar o projeto, a execução das estruturas e a implantação do sistema com a finalidade de garantir a periodicidade da realização de auditorias no sistema de captação e, conseqüente, segurança do funcionamento e da qualidade da água armazenada. O dimensionamento do sistema de captação segue a da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) e para o reservatório de armazenamento de água da chuva segue o Método de Azevedo Neto NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

### 3.5.1 Sistema de Captação de Água de Chuva

O sistema de captação é composto por calhas, condutores horizontais e verticais e, reservatório de acumulação.

As calhas são canais que recebem a água pluvial de coberturas, terraços e similares e a encaminha aos condutores verticais. O condutor vertical é a tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas e conduzi-las até a parte inferior da edificação. Os condutores horizontais são canais ou tubulações horizontais destinados a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais.

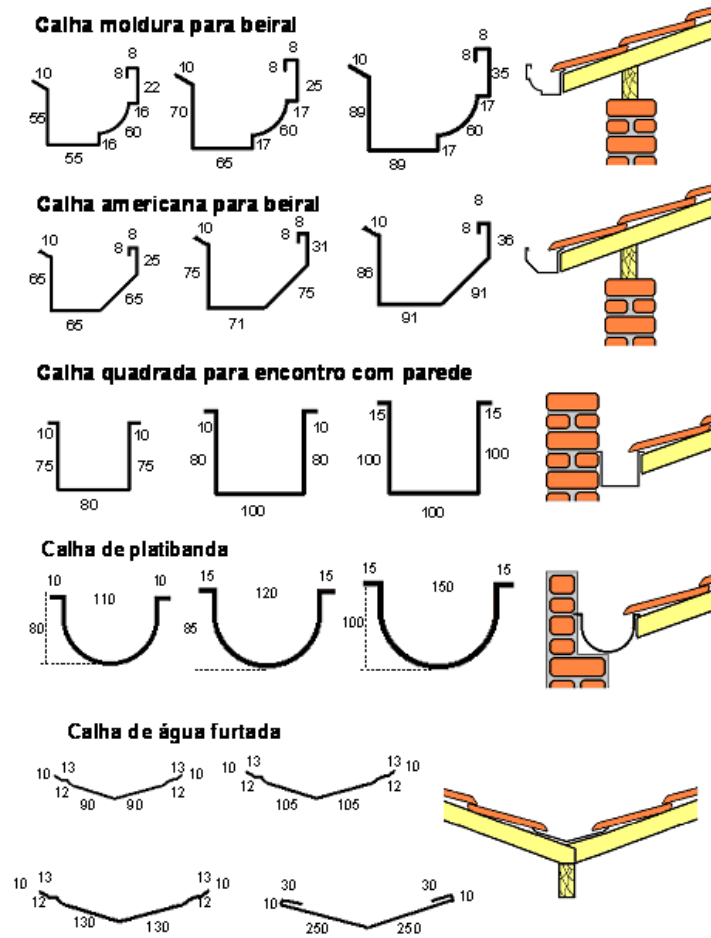
Os rufos e as calhas podem ser de vários tipos e modelos e, cada uma tem uma função específica (**Figuras 3.5 e 3.6**). Portanto, é importante saber qual a calha mais adequada de acordo com a finalidade do seu uso, como também, é função do comprimento e da maneira que a água sai das calhas.



Fonte: ZULIAN, DONÁ e VARGAS (2002)



**Figura 3.6 – Tipos de Calhas**



Fonte: ZULIAN, DONÁ e VARGAS (2002)

Os reservatórios de água de chuva são construções que se baseiam, principalmente, no tamanho do telhado da edificação e na demanda de água necessária e que, no sertão nordestino, as cisternas mais comuns possuem capacidades de 16.000 e 21.000 litros (CEARÁ, 2010). Para o aproveitamento de água de chuva o sistema deve ser dimensionado para captar, filtrar, separar a primeira chuva – os 2mm iniciais – e reservar todo o volume necessário e viável. Para a filtração deve-se ter um pré-filtro (crivo/peneira) para reter os sólidos grosseiros e, se for viável, um conjunto de filtros associados, com a finalidade de reduzir a contaminação da água armazenada. A primeira chuva realiza a limpeza da superfície de captação e, assim, o descarte dessa água possui a finalidade de dispensar a água com impurezas presentes na superfície. A depender da área da superfície pode-se fazer a reservação da primeira chuva para aproveitá-la em atividades menos nobres como lavagem de áreas, rega dos jardins, entre outros.

O reservatório de armazenamento de águas pluviais é também denominado de cisterna e, os modelos mais conhecidos e construídos nas comunidades rurais da região Nordeste, com sucesso, são as cisternas com: placas de cimento, tela-cimento, de tijolos, de cal e ferro cimento. Cada uma apresenta características próprias, vantagens e desvantagens (GNADLINGER, 2008). Segundo o programa do governo federal (PIMC), as cisternas com placas de cimento pré-moldadas têm a finalidade de armazenar água para o consumo básico de famílias rurais, residentes na região semiárida, durante o período de estiagem ou quando não há disponibilidade de água com qualidade para o consumo residencial.

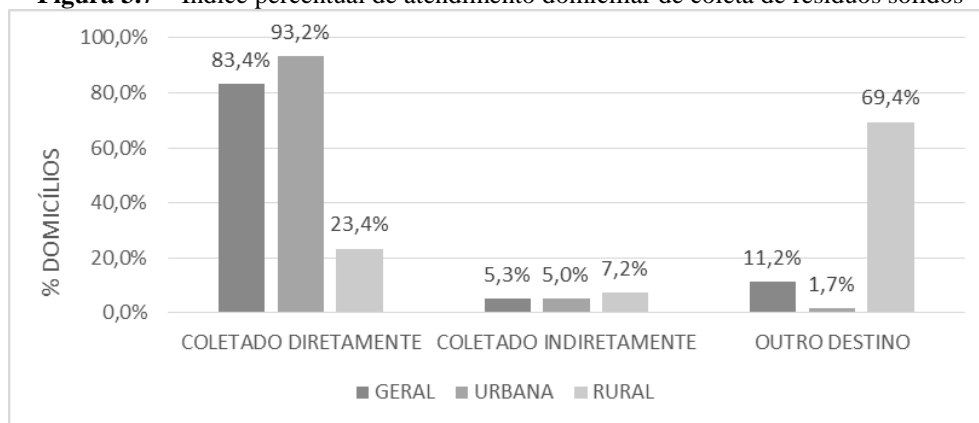
A captação, o manejo e o aproveitamento da água da chuva em cisternas tem sido amplamente estudada. A exemplo de análises dos sistemas de manejo das águas de chuva de comunidades rurais, na região do semiárido nordestino, tem-se Menezes *et al.* (2012) e Silva Neto *et al.* (2013), ressaltam que aspectos construtivos do sistema, isolamento do reservatório/cisterna, separação da água da primeira chuva, higienização das estruturas de condução da água, etc, devem ser garantidos para reduzir os contaminantes da água pluvial armazenada. Isso porque em comunidades rurais pobres, em localidades que apresentam elevada escassez hídrica, quando o atendimento e/ou a qualidade da água são insuficientes tem-se a água da chuva como possibilidade para o abastecimento humano e, devido a necessidade de água com qualidade, deve-se associar a educação sanitária e o tratamento das águas da chuva como medida preventiva de doenças por contaminação bacteriana e parasitária (XAVIER *et al.*, 2011). Com finalidade de múltiplos usos, a água da chuva pode passar por tratamentos antes e após as cisternas, filtração e desinfecção. Assim, pode-se realizar o tratamento da água para atender ao consumo humano ao utilizar a filtração por meio granular, em camada sobrepostas, de areia fina, areia grossa, seixo, pedregulho e carvão mineral (GUIMARÃES *et al.* 2015) e a desinfecção solar (MACIEL *et al.*, 2014 e PEREIRA *et al.*, 2014).

### **3.6 RESÍDUOS SÓLIDOS**

Com relação aos resíduos sólidos, a diferença entre os percentuais de resíduos coletados nas zonas urbana e rural é mais expressiva. Nota-se que o percentual de resíduos coletados na zona urbana é significativamente maior do que na zona rural, em que 93,2% dos domicílios urbanos têm acesso à coleta direta, enquanto somente 23,4% dos domicílios rurais recebem este tipo de serviço (**Figura 3.7**). Outro valor apresentado e bastante expressivo para as áreas rurais é que aproximadamente 70% dos resíduos sólidos possuem outro destino, ou seja, não

há coleta direta nem indireta. Com isso, pode-se sintetizar que quando não há a coleta, a destinação é inadequada ou sanitariamente duvidosa (resíduos queimados, enterrados, jogados em terrenos baldios, entre outras formas inadequadas), por não ser a destinação prevista pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010).

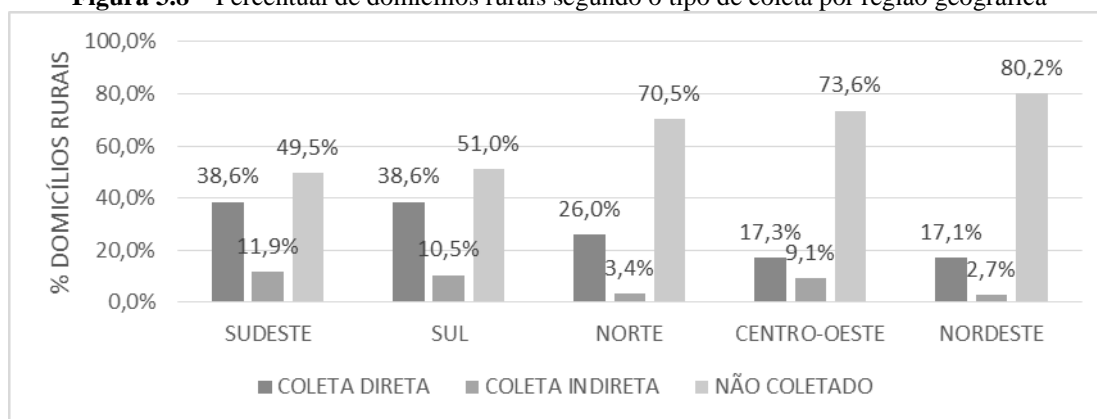
**Figura 3.7** – Índice percentual de atendimento domiciliar de coleta de resíduos sólidos



Fonte: Adaptação de IBGE (2012).

A discrepância é ainda maior quando se considera a divisão em regiões geográficas brasileiras. Os domicílios rurais das regiões Sudeste e Sul possuem o maior índice de coleta direta, 38,6% para ambas e, de coleta indireta, respectivamente 11,9% e 10,5%. A região Nordeste possui os menores índices de coleta direta e indireta, 17,1% e 2,7%, respectivamente (Figura 3.8).

**Figura 3.8** – Percentual de domicílios rurais segundo o tipo de coleta por região geográfica



Fonte: Adaptação de IBGE (2009).

Os resíduos sólidos que não são coletados geram grande insegurança e pressupõe que o gerenciamento é inadequado. Nota-se que, em todas as regiões brasileiras, a maior quantidade de resíduos gerados em zonas rurais não é coletada, tendo um destino diferente daquele que é

coletado pelo serviço de limpeza urbana. As regiões que possuem maior percentual de resíduos não coletados são: Nordeste (80,2%), Centro-Oeste (73,6%) e Norte (70,5%) (**Figura 3.8**). Sendo que, aproximadamente, metade ou mais da metade da área rural em todas as regiões não possui coleta direta ou indireta e, portanto, os resíduos têm outros destinos que não os aterros sanitários. Pode-se ainda ressaltar que, a existência dos serviços de coleta não garante a disposição em aterros sanitários e, portanto, a situação pode ser pior.

A inexistência e/ou ineficiência do serviço de coleta resulta em um inadequado destino dos resíduos sólidos que promovem grande fonte de riscos diretos e indiretos à saúde humana e ambiental. Os resíduos orgânicos e inorgânicos são potencialmente poluidores do solo e dos recursos hídricos. Os resíduos passíveis de reutilização e/ou reciclagem podem poluir mananciais e acumular água da chuva, formando ambientes favoráveis à reprodução de vetores que podem infectar populações próximas, acometendo-as com doenças relacionadas aos resíduos sólidos como: Leptospirose, Helmintoses, Febre Dengue, Doenças Respiratórias, entre outras.

A preocupação com o gerenciamento dos resíduos sólidos nas zonas urbanas é abordada especialmente pela PNRS, por serem áreas de geração de grande quantidade de resíduos e que podem causar danos significativos ao meio ambiente e riscos de doença à população.

### **3.6.1 Características dos resíduos sólidos em comunidades rurais**

Pesquisas e estudos sobre as características qualitativas e quantitativas dos resíduos sólidos, em propriedades rurais, não são tão frequentes quando comparados aos resíduos sólidos urbanos. Internacionalmente, a China possui as melhores referências em comunidades rurais e, segundo Chung e Poon (2001) há grande apoio de políticos, pois preocupam-se em motivar as comunidades rurais e urbanas em separar os resíduos na fonte de geração, visando o bem-estar da sociedade e admitindo um eficiente mercado de recicláveis. Abdul *et al.* (2008), registraram a geração *per capita*, uma média de 646,43g de resíduo/hab.dia, em 21 aldeias rurais, com a distribuição dos resíduos: resíduo domiciliar e orgânico (42,49%); resíduos de construção e demolição (11,70%); papel e papelão (8,77%); plástico (8,24%); madeira (6,90%); vidro (5,89%); borracha e couro (5,10%); e têxtil (4,83%).

No Brasil, os dados sobre o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos em comunidades rurais não estão diferentes das pesquisas mundiais. Dias *et al.* (2007), em trabalho realizado

no Recôncavo da Bahia, na cidade de Conceição do Almeida, a geração per capita obtida na caracterização física dos resíduos domiciliares rurais foi de 300g de resíduo/hab.dia, com índices expressivos de matéria orgânica, o que corresponde a 64% do total dos resíduos. Os resíduos passíveis de reciclagem (plásticos, metais, papéis e vidros) perfizeram um total de 17% do total. Em Encruzilhada do Sul-RS, apontaram que as famílias rurais dão o destino adequado (reciclagem) para os resíduos recicláveis domiciliares: plástico (15%), alumínio (15%), vidro (20%) e papel (10%). Destes, apenas 5% de plástico, 5% de alumínio, 5% de vidro e 10% de papel, são recolhidos pela prefeitura e, o restante possui destinos duvidosos e prejudiciais. Este estudo, relata também, que ao contrário do que ocorre na zona urbana, os resíduos sólidos da zona rural apresentam uma baixa carga orgânica, pois, devido à histórica falta de coleta e características próprias da área rural, os moradores destas regiões tendem a reaproveitar boa parte de seus resíduos orgânicos pela compostagem ou enterram no solo (OLIVEIRA e FEICHAS, 2007).

Segundo Pasquali (2012), atualmente é constante, permanente e crescente o planejamento do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. No entanto, no meio rural a questão ainda é pouco difundida, tornando-se uma lacuna no planejamento ambiental. No Brasil, os elementos pertinentes a todo processo da geração à disposição final dos resíduos sólidos urbanos e rurais, apresentam situação diferenciada em cada município.

A caracterização, identificação e quantificação dos resíduos sólidos gerados e coletados são de grande importância para seguir as diretrizes da PNRS que incluem a elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos, tanto nacional, como estaduais e municipais (BASSANI e MOTA, 2011). Além da estruturação política, permitem avaliar a geração de resíduos e assim, selecionar equipamentos específicos, conceber rotas de coleta, elaborar programas de recuperação de materiais e obter indicadores. Admitem ainda, identificar os materiais que podem ser desviados do fluxo de resíduos, as oportunidades de reutilização e reciclagem, e as especificações dos compradores de materiais recuperados (TCHOBANOGLIOUS, THEISEN e VIGIL, 1993).

A fim de compreender a multiplicidade da questão dos resíduos sólidos nas zonas rurais do Brasil deve-se atentar para a geração, tratamento e disposição final de resíduos sólidos domiciliares e agrossilvopastoris, por possuir uma maior representatividade nessas comunidades. O estudo da composição gravimétrica para o campo deve ser diferenciada visto

que, frequentemente, o modelo das propriedades é unifamiliar e também devido às adversidades vividas pela população como: isolamento geográfico, situação econômica, restrições educacionais, ausência de recurso público, entre outras.

No meio rural, as alterações nos padrões de consumo das populações atrelada à modernização da agricultura influenciam no aumento da produção e variedade dos resíduos domésticos, além do descarte inadequado de recipientes oriundos das atividades agrícolas (PEDROSO, 2010). Esta relação, sociedade rural e meio ambiente, em desarmonia, com o impróprio destino dos resíduos que, descontroladamente, pode provocar a poluição visual, dos recursos hídricos, do meio edáfico, do ar, como também, a proliferação de vetores transmissores de doenças.

Assim, o planejamento dos procedimentos e o projeto das técnicas de operação e manuseio, em áreas rurais, para conter os impactos ambientais e os riscos à saúde, devem ser mais específicos e com atuação particularizada em função das características dos recursos e das populações envolvidas.

### **3.6.2 Aproveitamento de resíduos sólidos em comunidades rurais**

A gestão ambiental dos resíduos sólidos é fundamentada na Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010) que refere-se, em sua extensão, à coleta seletiva, aos sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, da educação ambiental, da redução da periculosidade dos resíduos e da exigência do respeito/adequação/eficiência à ordem de prioridade dos processos de gestão e gerenciamento: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento, disposição final.

A minimização dos resíduos sólidos, com princípios da redução na fonte, reutilização e reciclagem dos resíduos, dentre as novas formas de gestão, faz parte das medidas que trazem resultados de cunho não só ambiental, mas econômico, social e também educacional, com a (FUNASA, 2006):

- Redução da exploração dos recursos naturais;
- Economia de água e energia para novas produções;
- Redução de gastos com transporte de resíduos para os aterros;
- Aumento da vida útil dos aterros;
- Economia de recursos financeiros para novas produções;

- Geração de empregos diretos e indiretos;
- Inclusão social de comunidade de baixa renda que vive do recurso encontrado nos resíduos;
- Sensibilização da população envolvida nos programas de coleta seletiva.

A PNRS, em seu Art. 9º, determina que somente poderão ser destinados à disposição final (aos aterros sanitários), os rejeitos, ou seja, somente os resíduos que não podem ter um aproveitamento, qualquer que seja a forma. Para os resíduos secos inorgânicos, possíveis de serem reintroduzidos como matéria-prima em processos produtivos diversos ou dar utilidade, há a indicação da coleta seletiva e da educação ambiental como importantes instrumentos de gestão ambiental de resíduos sólidos. Para os resíduos úmidos orgânicos há possibilidade de beneficiamento realizando a compostagem e de tratamento por biodigestão e incineração.

Em comunidades rurais, atualmente, apesar da grande diversidade de resíduos há uma menor geração e, em sua maioria, os resíduos sólidos são classificados como materiais orgânicos. Os materiais inorgânicos que possuem valor reciclável devem ser destinados ao processo de coleta seletiva desde que seja economicamente viável e, os materiais orgânicos destinados à compostagem, visto que é a técnica mais utilizada no aproveitamento de resíduos para a produção de culturas. A destinação adequada visa a melhoria da qualidade de vida da população e a proteção dos recursos hídricos.

O sistema de coleta seletiva em zonas rurais é possível, porém a longo prazo sob os aspectos econômicos e educacionais. Em termos econômicos, os autores Pedroso e Parreira (2010) comentam que para reduzir os custos da coleta seletiva deve-se:

- Planejar bem os trajetos e frequências de coleta;
- Instalar pontos de entrega voluntária;
- Alavancar a reciclagem com a criação de centros de reciclagem para o desenvolvimento da coleta seletiva nas propriedades circunvizinhas;
- Mostrar que pode ser um meio de complementação de renda e uma forma de interagir interação social entre as propriedades.

Sob os aspectos educacionais, os autores Renk (2012); Pedroso (2010) e Lima *et al.* (2005) enfatizam que para a mobilização da população e as transformações de hábitos e costumes

para a coleta seletiva na zona rural, antes, é necessário realizar uma série de ações informativas de conscientização e sensibilização da estreita relação entre a sociedade e a natureza, voltadas para a logística reversa, manejo integrado, coleta seletiva e outros instrumentos da PNRS. Ainda, segundo Renk (2012), Pasquali (2012) e Lima *et al.* (2005), atualmente, os tipos de resíduos gerados em áreas rurais têm se assemelhado aos urbanos como: plástico, vidro, papel, alumínio. Diante das mudanças das características das famílias rurais que têm, cada vez mais, reduzido a produção de alimentos nas propriedades e consumido produtos industrializados, portanto, deve-se atentar à grande diversidade de resíduos produzidos que podem não ser coletados e terem destinação inadequada.

No Brasil, existem poucos estudos a respeito de áreas rurais de municípios que realizam a coleta seletiva e que oferecem programas de educação ambiental. Nas comunidades em que ocorre a implantação da coleta seletiva, os benefícios na qualidade de vida da população e do meio ambiente e ainda, a possibilidade de gerar emprego e renda, desenvolvendo a região, superam os custos do projeto e as dificuldades de investimento público e de acesso às localidades. Cada localidade possui características gerenciais distintas, portanto, deve-se observar as suas peculiaridades para que o órgão responsável pela limpeza urbana então possa adotar as ações para o gerenciamento de resíduos em conjunto com a comunidade e os empresários envolvidos no tema.

Nos domicílios rurais, nas fontes geradoras, os resíduos sólidos devem ser adequadamente segregados quanto à sua natureza física e, acondicionados quanto à sua composição química. A separação possui importância em manter o potencial de reciclagem dos resíduos: para os orgânicos a compostagem e, para os inorgânicos a reutilização. O acondicionamento é fundamental, em condições ideais, tanto para os resíduos orgânicos, impedindo vetores (roedores e insetos), helmintoses e contaminação do solo e água, quanto para os resíduos inorgânicos, evitando a poluição visual, além dos perigos sanitários como: poluição do ar (queimar); poluição do solo (enterrar) e; da acumulação indevida da água da chuva na proliferação de transmissores de doenças. Para ambos os resíduos, o acondicionamento é uma etapa crucial para não reduzir/perder o valor social, ambiental e econômico agregado aos materiais que poderão ser aproveitados.

Como a questão da reciclagem dos resíduos inorgânicos nas zonas rurais é ainda incipiente deve-se pensar em procedimentos que promovam o manejo adequado dos resíduos sólidos e



que ofereçam menores custos considerando a segurança ambiental. A Lei nº 12.305/10 não aborda a obrigatoriedade da coleta seletiva em zonas rurais, porém afirma a necessidade da modificação do pensamento das populações urbanas e rurais para minimizar a geração dos resíduos sólidos e maximizar a reutilização, o tratamento dos resíduos orgânicos (compostagem) e inorgânicos (reciclagem) e a destinação final adequada.

#### *3.6.2.1 Materiais recicláveis*

Os resíduos sólidos recicláveis em áreas rurais possuem pequena representatividade e, a grande maioria, possui destinos inadequados (queimados, enterrados, dispostos em qualquer lugar) que não são contemplados pela PNRS. As dificuldades em adaptar o gerenciamento de resíduos sólidos rurais são inúmeras, pode-se citar:

- Recursos para efetivar políticas públicas no meio rural;
- Pequenas populações distribuídas em grandes áreas;
- Transtornos associados à coleta e ao transporte dos resíduos;
- Falta de acesso à informação da população (educação ambiental);
- Situação socioeconômica desfavorável;
- Particularidades culturais.

A coleta seletiva é uma ferramenta importante de gestão da PNRS, porém esse modelo já possui dificuldades de implantação em áreas urbanas, devido aos hábitos ambientais e sanitários insatisfatórios da população, em comunidades rurais, a situação é ainda mais grave, porque o acesso à informação é limitado. Além disso, a coleta seletiva possui alto custo e, como a quantidade de resíduos recicláveis da zona rural é muito pequena em relação aos resíduos recicláveis urbanos, o custo seria mais elevado, o que poderia inviabilizar esse tipo de coleta. Entretanto, caso o município possua cooperativas de catadores de recicláveis, usinas de triagem ou o sistema de coleta seletiva, deve-se fomentar as atividades citadas e, após as duas etapas supracitadas, os resíduos serão coletados porta-a-porta por veículos transportadores (caminhões basculantes ou baú) periodicamente e regularmente ou, voluntariamente, os próprios geradores farão a entrega nos pontos de coleta de recicláveis (PEVs), em lugares estratégicos da comunidade rural. Neste caso, os resíduos coletados seguem para a reciclagem (aproveitamento).

No município, abrangendo a área rural, caso não exista medidas para o gerenciamento dos resíduos recicláveis, ainda sim, deve-se manuseá-los adequadamente, visando reduzir o consumo e a máxima reutilização dos materiais e, por fim, os resíduos deverão ser coletados ou entregues em pontos específicos, e destinados adequadamente (aterro sanitário).

### *3.6.2.2 Resíduos orgânicos*

A significância desta parcela de resíduos sólidos em áreas rurais promove um pensamento de incentivo ao aproveitamento da matéria orgânica, devido ao seu potencial ambiental e socioeconômico que beneficia conjuntamente o homem e o ambiente. Os processos de decomposição da matéria orgânica encontrados na natureza podem ser imitados, em processos de biodigestão e compostagem.

O processo de biodigestão de resíduos orgânicos é bastante antigo na produção de biogás (mistura de gases) e adubo orgânico, sendo que, a principal função para a implantação é a proposta da melhoria da qualidade das ações de saneamento no meio rural. Esse processo realiza a mineralização da matéria orgânica biodegradável por bactérias anaeróbias para a produção do biogás e biofertilizante (TARRENTO e MARTINEZ, 2006). A biodigestão dos resíduos orgânicos é pensada como veículo de promoção da qualidade sanitária, ambiental e socioeconômica, com fundamentos da autossuficiência e sustentabilidade. Porém, esse procedimento é mais lento, provoca odores fortes e desagradáveis, gera chorume e é mais oneroso que a compostagem.

A compostagem é o processo biológico de oxidação da matéria orgânica facilmente biodegradável em composto orgânico, com a ação natural de organismos aeróbios. A eficiência no tratamento permite eliminar organismos patogênicos, estabilizar a matéria orgânica (restos de alimentos e excrementos de animais), economizar no tratamento de efluentes (não produz chorume) e produzir fertilizante natural de boa qualidade na adubação de culturas nas próprias comunidades para alimentação humana ou animal. A desvantagem é o grande risco de atração de animais, caso ela seja aberta. O processo é ambientalmente seguro quando há cuidados na construção e operação do tratamento para manter as características da decomposição aeróbia da matéria orgânica. O composto orgânico é a perfeita transformação dos resíduos orgânicos por promover a melhoria das condições do solo (físico-químicas) e possuir fungicidas naturais e organismos benéficos na eliminação de patógenos nos solos e plantas. O melhor composto orgânico possui a maior diversidade de

resíduos orgânicos estabilizados, com isso, pode-se também acrescentar dejetos humanos pós-tratamento primário (resíduos das fossas). Dessa forma, deve-se conscientizar a população para a produção e consumo de produtos orgânicos (adubação natural) e interrupção do uso de herbicidas e pesticidas, visando a melhoria da qualidade sanitária, ambiental e socioeconômica da comunidade.

Segundo a FUNASA (2013b), o composto orgânico pode ser formado por resíduos facilmente putrescíveis como: restos de legumes, verduras, frutas e alimentos; filtros e borra de café, cascas de ovos, saquinhos de chá; galhos de poda, palha, flores de galho e cascas de árvores saudáveis; papel de cozinha, caixas para ovos e jornal; palhas secas e grama (em pequenas quantidades). E, não deve participar os resíduos não putrescíveis ou de difícil decomposição, e outros por razões de higiene ou por conterem substâncias poluentes como: carne, peixe, gordura e queijo (podem atrair roedores); materiais inorgânicos; cinzas, tintas, produtos químicos e de limpeza; fezes de animais domésticos, papel higiênico e fraldas. Sabe-se que, quanto maior a diversidade de resíduos adicionados, numa proporção em volume aproximadamente igual entre carbono e nitrogênio, melhor é a qualidade do composto orgânico, com isso, pode-se ainda incluir os resíduos sólidos de tratamentos primários de esgoto e obter um “co-composto”.

O processo da compostagem é dividido em três fases (FUNASA, 2013b):

- Fase da decomposição (1ª Fase): ocorre à oxidação da matéria orgânica facilmente degradável. A temperatura pode chegar naturalmente a 65-70°C. Com esta temperatura por um período de 15 dias é possível eliminar os microorganismos patogênicos;
- Fase de degradação (2ª Fase): componentes como a celulose e a lignina, de difícil degradação, são transformadas em substâncias húmicas, pode aparecer no composto a presença de minhocas. O aspecto do composto é próximo a de terra vegetal. O intervalo da temperatura diminui para 25-30°C.
- Fase de maturação (3ª Fase): apresentam-se as bactérias, actinomicetos e fungos. A temperatura fica no intervalo de 45-30°C, e o tempo pode variar de dois a quatro meses;

Para obter um composto orgânico de qualidade deve-se atentar aos fatores que influenciam no beneficiamento dos resíduos e controlá-los (FUNASA, 2013b):

- a) Microorganismos: responsáveis pela degradação da matéria orgânica e, estão presentes em boa quantidade nos resíduos domiciliares. Ao controlar a umidade e a aeração os microorganismos multiplicam-se e auxiliam no processo de compostagem;
- b) Temperatura: fundamental para garantir a destruição térmica de microorganismos patogênicos. A temperatura ótima para o processo deve ser na faixa de 55°C. Acima de 65°C, a temperatura retarda a atividade dos microorganismos aumentando o tempo de compostagem;
- c) Umidade: importante para que ocorra a decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos;
- d) Aeração: a presença de oxigênio é essencial no processo de decomposição. Caso não haja oxigênio suficiente, a decomposição será mais lenta e produzirá odores desagradáveis;
- e) Granulometria: quanto menor o tamanho das partículas, maior a superfície de exposição ao oxigênio, acelerando o processo de compostagem. No entanto, partículas muito pequenas causam a compactação do composto, dificultando a aeração e, conseqüentemente, a eficiência do processo;
- f) Relação Carbono/Nitrogênio (C/N): importante fator para a velocidade do processo. O resíduo orgânico doméstico é rico em nitrogênio (N) e os resíduos como folhas e galhos são ricos em carbono (C). A proporção C/N regula a ação dos microorganismos na transformação dos resíduos em adubo, sendo necessária a mistura destes resíduos. Recomenda-se a proporção na faixa entre 25/1 e 35/1;
- g) pH: como é um processo aeróbio aumenta o pH. No início da formação do composto o pH é ácido, variando entre 5 e 6 dias. No decorrer do processo o pH torna-se alcalino com valores superiores a 8,0.

Assim, os resíduos orgânicos provenientes de propriedades rurais podem, de forma racional, ser beneficiados a partir da compostagem, resultando em um ótimo produto (composto orgânico) utilizado na adubação suplementar para as culturas, tem efeito de condicionar o solo, fornece melhores condições ao desenvolvimento das raízes das plantas, ajuda na estruturação do solo, evitando problemas com erosão e reduzindo o volume de resíduo a ser destinado ao aterro Silva (2008). Teixeira *et al.* (2002) e Silva (2008) atentam sobre o percentual de aplicação que deve estar relacionado às condições do solo (níveis de desgaste e degradação), assim como, às especificidades das culturas e no teor de nutrientes do composto à exigência das culturas. Segundo Pereira (1985) a dose padrão de aplicação média, utilização de 20 a 30 toneladas de composto orgânico por hectare para a maioria das espécies. Silva

(2008) comenta a dosagem para a cultura da abóbora (15 ton/ha), batata doce (20 ton/ha), feijão (10 ton/ha) e milho (10 ton/ha). Teixeira *et al.* (2002) apresenta ainda, algumas indicações de dosagens para diversos cultivos em chácaras e jardins (**Tabela 3.2**).

**Tabela 3.2** – Recomendações de uso do composto orgânico

Agricultura	Quantidade do composto	
	Plantio	Cobertura
Abacaxizeiro	3 a 4 L/cova	1 a 2 L/pé semestre
Abóbora e pepino	2 a 3 L/cova	
Açaizeiro para fruto	5 a 8 L/cova	5 a 7 L/pé semestre
Coqueiro	8 a 10 L/cova	8 a 10 L/pé semestre
Hortaliças de folhas largas	10 a 20 L/m <sup>2</sup>	
Melanciaira	3 a 5 L/cova	
Mamoeiro	6 a 8 L/cova	8 a 10 L/pé anual
Maracujazeiro	4 a 5 L/cova	5 a 7 L/pé semestre
Outras fruteiras	6 a 8 L/cova	3 a 5 L/pé semestre
Pimentãozeiro e pimenteira-de-cheiro	3 a 5 L/cova	1 a 2 L/pé na frutificação
Pimenteira-do-reino	8 a 10 L/cova	6 a 8 L/pé anual
<b>Jardinagem</b>		
Arbustos	3 a 5 L/cova	2 a 3 L/pé semestre
Gramados	5 a 8 L/ m <sup>2</sup>	2 a 3 L/ m <sup>2</sup> semestre
Plantas interiores	4 a 5 L/ m <sup>2</sup>	2 a 3 L/ m <sup>2</sup> semestre
<b>Vaso</b>		
Vaso pequeno (1 litro)	0,2 a 0,3L/vaso	0,1 a 0,2 L/vaso semestre
Vaso médio (2,5 litros)	0,4 a 0,6 L/vaso	0,2 a 0,3 L/vaso semestre
Vaso grande (5 litros)	0,8 a 1,2 L/vaso	0,2 a 0,3 L/vaso semestre

Fonte: Teixeira *et al.*, 2002.

### 3.6.3 Aproveitamento de Resíduos Orgânicos

Os resíduos orgânicos, após serem segregados e acondicionados, devem ser direcionados para o local onde será realizado a compostagem. O detalhamento de todo o processo de aproveitamento dos resíduos orgânicos na propriedade rural tem como base a metodologia da FUNASA (2013b) e de Oliveira *et al.* (2005).

- Local para a compostagem:

O local onde será realizado o composto orgânico deve ser de fácil acesso e com espaço suficiente para o tipo de composteira a ser construída, permitindo o reviramento da mistura e o transporte do material dentro da propriedade rural. Deve ser protegido dos ventos e da insolação direta, com pouca declividade e ter água disponível para realizar o controle de umidade.

- Materiais necessários para a produção do composto:

Deve-se dispor de materiais básicos como: pá, carrinho de mão, mangueira d'água, ancinho, enxada, um vergalhão de ferro ou termômetro (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

- Composteira:

A leira deve ter de 1,2 a 1,5 m de altura, 1,5 a 2 m de largura e o comprimento de 2 a 4 m. Mas essas dimensões podem ser alteradas em função da quantidade disponível de resíduos domésticos e do espaço disponível, porém não se deve ter leiras menores que 1,0 m<sup>3</sup> (1,0 m de altura x 1,0 m de largura x 1,0 m de comprimento), pois dificulta a manutenção da temperatura ideal (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Existem diversos modelos de composteiras: de pilha, buraco na terra, dupla, de madeira, de arame, entre outras (FUNASA, 2013b). Estas possuem diferentes tamanhos e no tipo de material utilizado para compor a estrutura, entretanto, todos têm o mesmo procedimento durante a realização da compostagem.

- Produção do composto orgânico:

Para a produção do composto devem ser aproveitados os resíduos orgânicos, poda e resíduo de capina e, deve proceder da seguinte forma:

- Triturar os resíduos de forma que mantenha um tamanho de entre 10 a 50mm;
- Misturar o material úmido com material seco, em parcelas;
- Revolver e regar periodicamente o material;
- Controlar a temperatura: usar um termômetro apropriado ou, de uma maneira mais rústica, introduz-se uma barra de ferro até o centro do composto. A barra deve ser tocada periodicamente com a palma da mão e estar bem quentes. Caso o calor seja suportável ao toque, provavelmente se tem a temperatura ideal. Se a mão não suportar o toque, então é necessário revirar a leira. Se a barra de ferro estiver fria, não está ocorrendo a compostagem.
- Controlar a umidade: aperta-se com a mão uma porção do composto: se escoar água na forma de gotas, umidade está adequada; se escoar em fio há excesso de umidade e, portanto, deve-se acrescentar materiais secos; se a mão permanecer seca, o composto precisa ser regado, com moderação;

- Controlar a aeração: é preciso revolver o material disposto no 3º, 10º, 40º e 50º dia após sua formação ou sempre que outros fatores estiverem em desequilíbrio.

O composto orgânico ficará bioestabilizado no período de 30 a 60 dias e curado entre 90 a 120 dias. O composto pronto é solto, possui cor escura e cheiro de terra. Quando esfregar o composto pronto nas mãos elas não se sujam. Após o adubo pronto deve esperar de 2 a 4 semanas para a sua aplicação no solo e, deve ser aplicado entre 15 a 20 dias antes do plantio.

## 4 CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE RURAL HIPOTÉTICA

A Lei nº 6.746/79 (BRASIL, 1979) comenta que o módulo fiscal corresponde à área mínima necessária a uma propriedade rural para que sua exploração seja economicamente viável, ou seja, regula os direitos e obrigações relativos aos imóveis rurais, para os fins de execução da reforma agrária e promoção da política agrícola nacional. Possui unidade de medida de área, expressa em hectares, fixada diferentemente para cada município, pois considera as peculiaridades locais como: o tipo de exploração predominante no município (hortifrutigranjeira, cultura permanente, cultura temporária, pecuária ou florestal); a renda obtida com esta exploração predominante; outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, sejam expressivas em função da renda ou da área utilizada; e o conceito de propriedade familiar (BRASIL, 1964). Para o Código Florestal possui relevância na determinação da área passível de exploração dentro de Áreas de Preservação Permanente, entre outras áreas nesta categoria, além da eventual responsabilidade pela recomposição da vegetação (BRASIL, 2012).

O módulo fiscal, de acordo com a Lei nº 8.629/93 (BRASIL, 1993), é também parâmetro para a classificação fundiária do imóvel rural quanto a sua dimensão:

- Minifúndio - o imóvel rural de área inferior a 1 (um) módulo fiscal;
- Pequena Propriedade - o imóvel rural de área compreendida entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;
- Média Propriedade - o imóvel rural de área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais;
- Grande Propriedade – o imóvel rural de área superior a 15 (quinze) módulos fiscais.

Oliveira (2003) categoriza a produção agrícola em relação ao tamanho das propriedades rurais, segundo o INCRA, como aqueles que têm menos de 200 hectares de extensão (pequenas), os que têm mais de 200 e menos de 2000ha (médias) e aqueles que possuem mais de 2000ha (grandes) (**Tabela 4.1**). Ao analisar os dados do censo agropecuário (IBGE, 1996) nota-se que as grandes propriedades não possuem representatividade na produção vegetal e animal brasileira, apesar de ocuparem, aproximadamente, um terço da área agropecuária do Brasil. Cabe às pequenas unidades de produção a responsabilidade e representação, além da produção para o mercado interno, de maior participação na geração de emprego e renda no campo.



**Tabela 4.1** – Estrutura Fundiária no Brasil

Grupos de área total (ha)	imóveis	% dos imóveis	área total (ha)	% de área	área média (ha)
Menos de 10	1.338.711	31,6%	7.616.113	1,8%	5,7
De 10 a -25	1.102.999	26,0%	18.985.869	4,5%	17,2
De 25 a -50	684.237	16,1%	24.141.638	5,7%	35,3
De 50 a -100	485.482	11,5%	33.630.240	8,0%	69,3
De 100 a -200	284.536	6,7%	38.574.392	9,1%	135,6
De 200 a -500	198.175	4,7%	61.641.828	14,7%	311,6
De 500 a -1.000	75.158	1,8%	52.191.003	12,4%	694,4
De 1.000 a -2.000	36.859	0,9%	50.932.790	12,1%	1.381,8
De 2.000 a -5.000	25.417	0,6%	76.466.668	18,2%	3.008,5
5.000 e Mais	6.847	0,1%	56.164.841	13,5%	8.202,8
<b>Total</b>	<b>4.238.421</b>	<b>100,0 %</b>	<b>420.345.382</b>	<b>100,0%</b>	

Fonte: INCRA – situação em agosto de 2003 in II PNRA, Brasília, 2003. Retirado de Oliveira (2003).

Oliveira (2003), utilizando dados do Censo Agropecuário (IBGE, 1996), sintetizou informações a respeito do potencial das pequenas unidades rurais e, dessa forma, alega que são os maiores produtores em quantidade e diversidade de produtos: animais (equinos, asininos, muares, caprinos, coelhos, suínos, ovinos e aves), lavoura temporária (algodão, batata inglesa, feijão, fumo em folha, mandioca, milho e trigo em grãos e tomate), lavoura permanente (fibra de agave, algodão, banana, cacau (amêndoas), café (em coco), castanha de caju, coco-da-baia, guaraná, laranja, maçã, mamão, pimenta do reino e uva para mesa e vinho) e extração vegetal (borracha, carvão vegetal, castanha-do-Pará, erva-mate, lenha e madeiras em toras).

Afirma também que as pequenas propriedades não estão paradas no tempo. São as que mais geram empregos no campo e, conseqüentemente, mais renda; seus produtores podem obter subsídios do governo para a melhoria dos cultivos e ao acesso às tecnologias para aumentar a produtividade do agricultor. Sendo assim, são as propriedades que possuem o verdadeiro potencial para o desenvolvimento do mercado interno do país, em termos de produção.

É comum em propriedades como estas possuírem mais de uma residência familiar em um único lote, ou seja, habitados de forma coletiva, com número médio de dois dormitórios por residência (CASTRO *et al.*, 2004). A partir de dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010), em referência ao Brasil e suas regiões, o número médio de moradores por residência rural é de 5 (cinco) pessoas.

A propriedade rural hipotética encontra-se nesta categoria de pequena propriedade, visto seu número e importância para o desenvolvimento local/regional/nacional. E, com este projeto,

reforça o papel fundamental dos serviços de saneamento para a melhoria da qualidade de vida da população rural, na redução de impactos ambientais e promoção de melhores produtos. Assim, a propriedade será atendida por soluções alternativas de saneamento básico: tratamento e reúso das águas residuais geradas, captação e aproveitamento de água pluvial. Serão consideradas duas residências idênticas com um único pavimento, na propriedade rural e, em cada uma: 05 (cinco) habitantes, dois dormitórios, uma cozinha, uma sala, um banheiro e uma área de serviço. O croqui da fachada principal da residência e da planta baixa da residência podem ser vistos na **Figura 1a e 1b – APÊNDICE**.

A propriedade rural encontra-se no semiárido baiano, no município de Paulo Afonso, com precipitações pluviométricas em torno de 540mm/ano e períodos de estiagem entre 6 a 8 meses (CLIMATE, 2016). O terreno da propriedade é classificado como minifúndio, possui baixa declividade, é habitado de forma coletiva, com duas residências de 80m<sup>2</sup> cada e, possui características produtivas da agricultura de subsistência. A água captada para consumo humano é obtida em manancial subterrâneo, poço, a qual será elevada por bombeamento para o reservatório de distribuição. Dessa forma, supôs que o abastecimento de água para a comunidade rural ocorre com pressão suficiente para atender todos os domicílios rurais e, portanto, não há necessidade de considerar a reservação inferior, muito menos as tubulações de sucção e recalque. E, com base no IBGE (2000), o valor de referência do consumo mínimo de água para usos domésticos é de 80L/hab.dia.

Portanto, trata-se de um projeto básico das instalações hidráulicas para uma das residências a ser abastecida pelo sistema de abastecimento de água local. E, todos os fluidos que fazem parte dos sistemas propostos na localidade utilizam a gravidade como transporte.

## 5 METODOLOGIA

A realização dessa proposta de projeto respaldou-se em normas e procedimentos encontrados em pesquisa bibliográfica. Com base nas peculiaridades da população residente, na propriedade rural hipotética, serão indicadas soluções alternativas de saneamento. Como a propriedade rural é imaginária não haverá um diagnóstico sobre as condições de saneamento e o perfil dos usos da água para fins produtivos, portanto, será adotado parâmetros de situações de necessidade vividas pelas comunidades rurais do Brasil.

### 5.1 PROJETO HIDRÁULICO DA RESIDÊNCIA HIPOTÉTICA

O dimensionamento das instalações deve considerar a planta do imóvel e as características de distribuição da água, dimensionada com base na NBR 5626/1998 – Instalação Predial de Água Fria, com auxílio de Botelho *et al.* (1998) e do Tigre (2010), e outras referências bibliográficas para compor o projeto hidráulico da residência.

#### 5.1.1 Instalações prediais de água fria

Para o dimensionamento hidráulico da residência hipotética ocupada por 5 (cinco) pessoas, pode-se representar o traçado das tubulações das instalações de água fria (**Figura 2 – APÊNDICE**). O projeto foi subdividido em ambientes para melhor visualizar as estruturas a serem dimensionadas:

- Ambiente 1 – área de serviço: tanque de lavar roupas com duas cubas;
- Ambiente 2 – cozinha: pia de cozinha e filtro;
- Ambiente 3 – banheiro social: chuveiro, lavatório, bacia sanitária com caixa acoplada.

#### • Dimensionamento do Reservatório

O consumo per capita de água ( $C_{pc}$ ) corresponde ao volume diário por habitante, depende do tipo e padrão da edificação e, é estabelecido em função da renda familiar para comunidades rurais.

**Cálculo do Consumo Diário ( $C_D$ ):**

**Equação 1** – Consumo Diário ( $C_D$ )

$$C_D = Pop * C_{pc} * k$$

Sendo  $k$  o coeficiente de segurança,  $k = 1,2$ .

### ***Cálculo do Volume do Reservatório de Água Potável ( $V_R$ ):***

Deve-se estabelecer o tempo de reservação ( $T_{res}$ ) para o período de desabastecimento de projeto que deve ser:  $1 \text{ dia} \leq T_{res} \leq 3 \text{ dias}$ .

O reservatório de distribuição de água é elevado e a rede de distribuição possui pressão suficiente para alimentar por gravidade o reservatório dos domicílios rurais. Sendo assim, as residências da propriedade rural não necessitam de reservatório inferior e tubulações de sucção e recalque. O volume do reservatório ( $V_R$ ) é dado por:

**Equação 2** – Volume do Reservatório ( $V_R$ )

$$V_R = T_{reserv} * C_D$$

Cada domicílio da propriedade rural, como as características são similares, possuem o mesmo volume do reservatório de água potável. Caso não haja reservatório com a capacidade calculada, utiliza-se aquele com volume imediatamente superior ao volume calculado.

- **Dimensionamento das Tubulações (PVC)**

Para o dimensionamento dessas tubulações é preciso conhecer o número de peças de utilização e a demanda que cada peça necessita para funcionar adequadamente e, a sequência do dimensionamento é sempre de jusante para montante, ou seja, do ponto mais distante da instalação até a caixa d'água. A demanda é a vazão que se refere ao peso dos aparelhos utilizados, e este peso se relaciona com os diâmetros mínimos necessários para o bom funcionamento das peças. A relação entre os pontos de utilização, seus pesos e vazões pode ser determinado através da Tabela 1 (NBR 5626/98). O diâmetro equivalente, para materiais em PVC, e o somatório dos pesos dos pontos de utilização estão relacionados no Ábaco Luneta (Tigre, 2010), apresentando o diâmetro em milímetros para tubo soldável e em polegadas para tubo roscável (**Figura 1 – ANEXO I**).

Os sub-ramais possuem os diâmetros iguais ou inferiores aos ramais e, para determinar os diâmetros mínimos dessas tubulações é necessário saber os tipos de peças de utilização presentes na residência e através da Tabela de Diâmetros mínimos dos sub-ramais (BOTELHO e RIBEIRO JUNIOR, 1998) (**Tabela 2 – ANEXO I**). Dessa forma, para obter os diâmetros das tubulações dos ramais, colunas de distribuição e barrilete, a partir do último aparelho de utilização, deve-se atribuir símbolos (letras ou algarismos), a fim de titular os trechos e defini-los, para cada parte estrutural da instalação de água fria. Então, ao realizar o somatório dos pesos referentes aos aparelhos de utilização, a partir da Tabela 1

(NBR 5626/98), verifica-se no *Ábaco Luneta* (Tigre, 2010) os diâmetros de cada trecho de cada barrilete, coluna de distribuição e ramal.

Para os cálculos da pressão no chuveiro, ponto geometricamente mais desfavorável, deve-se supor a pior das hipóteses e, portanto, são necessários dados como: diâmetro do chuveiro, altura do ponto de entrada de água, o ramal do projeto com maior peso acumulado e, os comprimentos reais e equivalentes das tubulações do reservatório ao chuveiro.

A partir de dados do trecho com o maior peso acumulado ( $\Sigma P$ ) determina-se a vazão ( $Q$ ) através da seguinte equação:

**Equação 3** – Vazão necessária para o maior peso acumulado ( $Q$ )

$$Q = 0,3\sqrt{\Sigma P}$$

Com o diâmetro e vazão estabelecidos, a perda de carga ( $J$ ) pode ser encontrada através do *Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao* para tubulações de cobre e plástico (**Figura 2 – ANEXO I**) para tubulações de cobre e plástico de acordo com o material da tubulação.

O comprimento real é a distância real da tubulação e para determina-la deve-se visualizar a parte gráfica do projeto. Para o cálculo de verificação de pressão no chuveiro, o comprimento real medido é a distância entre a saída da água do reservatório e a entrada da água no ponto de utilização.

A partir do comprimento real ( $L_{real}$ ) e da perda de carga ( $J$ ) encontrada no *Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao* tem-se a perda de carga distribuída ( $J_{real}$ ) representada:

**Equação 4** – Perda de carga distribuída ( $J_{real}$ )

$$J_{real} = J * L_{real}$$

O comprimento equivalente é obtido, a partir dos diâmetros das tubulações e dos tipos de peças (acessórios e conexões) utilizadas no trecho, pela Tabela de Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido (BOTELHO e RIBEIRO JUNIOR, 1998) (**Tabela 3 – ANEXO I**). Para o cálculo do comprimento equivalente na verificação de pressão do chuveiro, as peças que serão utilizadas estão no mesmo trecho do comprimento real. Assim, para determinar as perdas de carga localizada ( $J_{local}$ ) deve-se analisar a tabela supracitada e realizar o somatório do comprimento equivalente de cada peça utilizada ( $L_{local}$ ). De maneira análoga à anterior tem-se:

**Equação 5** - Perda de carga localizada ( $J_{local}$ )

$$J_{local} = J * L_{local}$$

Assim, pode-se calcular a perda de carga total ( $J_{total}$ ) somando as perdas de cargas distribuída e localizada:

**Equação 6** - Perda de carga total ( $J_{total}$ )

$$J_{total} = J_{real} + J_{local}$$

Para encontrar a altura da saída de água do reservatório ( $H$ ) deve-se subtrair do valor padronizado de pressão dinâmica mínima para o chuveiro ( $P_{mín}$ ) do valor da perda de carga total ( $J_{total}$ ) e, assim, com a equação a seguir:

**Equação 7** – Pressão dinâmica mínima para o chuveiro ( $P_{mín}$ )

$$P_{mín} = H - J_{total}$$

Sabendo que, a pressão dinâmica mínima disponível no chuveiro, para os diâmetros (DN) 20mm e (DN) 25mm em função da altura do reservatório superior deve ser, respectivamente, 2,0mca e 1,0mca (ABNT, 1998).

Segundo Botelho e Ribeiro Junior (1998), o sistema de instalações hidráulicas possui complementos referentes ao reservatório como: a tubulação de saída do reservatório, a tubulação de limpeza e a tubulação do extravasor. A primeira deve ser elevada 2cm em relação ao fundo do reservatório. A segunda deve estar posicionada no fundo do reservatório e possui diâmetro mínimo (DN) de 32mm, em pequenos reservatórios, para que a água seja escoada facilmente e o reservatório seja esvaziado completamente. A tubulação do extravasor deve estar posicionada acima do nível da água, a uma distância mínima equivalente ao diâmetro nominal desta tubulação e, possuir prolongamento da tubulação para algum local visível de escoamento livre, podendo receber contribuição da tubulação de limpeza quando utilizada.

### **5.1.2 Instalações Prediais de Esgoto**

O dimensionamento das instalações sanitárias de uma residência é realizado segundo as recomendações da NBR 8160 (ABNT, 1989) e do tratamento individual de esgotos, no caso de não possuir rede coletora de esgoto, pela NBR 7229 (ABNT, 1993) que trata de projetos de tanques sépticos. O dimensionamento do tratamento complementar terá como referências os estudos de Van Kaick (2002) e Silva (2007).

Na propriedade rural, como há contribuição hídrica para o transporte dos dejetos humanos, há produção das águas residuárias: águas servidas (proveniente das pias, chuveiros, lavanderias, lavadoras) e as águas imundas (do vaso sanitário) que devem ser devidamente coletadas e tratadas. A partir da localização (zona rural), da planta da residência, das características estruturais e habitacionais e por não apresentar rede pública coletora de esgotos passando próximo a edificação, será utilizado como sistema de tratamento primário dos esgotos os tanques sépticos e o tratamento complementar ocorrerá por *wetlands* construídos.

- **Diâmetros dos ramais**

Os diâmetros das tubulações dos aparelhos sanitários são obtidos diretamente da Tabela 3 (NBR 8160/99) considerando as contribuições (UHC) de cada aparelho sanitário. Deve-se atentar que a tubulação da bacia sanitária possui diâmetro mínimo (DN) 100mm. Logo, foram considerados para os diferentes ambientes (1, 2 e 3) os três trechos: AB, CD e EF e encontrados os seus respectivos diâmetros.

Os ramais de esgoto são obtidos diretamente da Tabela 5 (NBR 8160/99) considerando as contribuições (UHC) dos possíveis desconectores e dispositivos complementares.

Para ambos os ramais são recomendadas as seguintes declividades mínimas (NBR 8160/99):

- a) 2% para tubulações com diâmetro nominal igual ou inferior a 75mm;
- b) 1% para tubulações com diâmetro nominal igual ou superior a 100mm.

- **Dimensionamento dos desconectores**

Para os desconectores, precisa satisfazer as seguintes condições (NBR 8160/99):

- a) Ter fecho hídrico com altura mínima de 0,05 m;
- b) Apresentar orifício de saída com diâmetro igual ou superior ao do ramal de descarga a ele conectado.

Ao realizar o somatório das contribuições de cada peça sanitária utilizada afluente ao desconector associado (caixa sifonada), pode-se determinar o diâmetro nominal do ramal de esgoto desse desconector a partir da Tabela 4 (NBR 8160/99). As caixas sifonadas possuem características mínimas (NBR 8160/99):

- a) Ser de DN 100, quando recebem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 6 UHC;

- b) Ser de DN 125, quando recebem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 10 UHC;
- c) Ser de DN 150, quando recebem efluentes de aparelhos sanitários até o limite de 15 UHC.

- **Dimensionamento dos dispositivos complementares**

Para a caixa de gordura deve-se considerar a quantidade de cozinhas ligadas ao dispositivo e, devem ser divididas em duas câmaras, uma receptora e outra vertedora, separadas por um septo não removível. As especificidades construtivas das caixas de gordura podem ser visualizadas no *Item 5.1.5.1.3* da NBR 8160/99 (ABNT, 1999). Sabendo que, para uma cozinha, as dimensões mínimas da caixa de gordura simples (CGS) cilíndrica possui:

- a) Diâmetro interno mínimo: 0,30 m;
- b) Parte submersa do septo: 0,20 m;
- c) Capacidade de retenção: 18 L;
- d) Diâmetro nominal da tubulação de saída: *DN 75*;

O resíduo da caixa de gordura deverá ser aproveitado para a produção de sabão, para consumo na própria residência.

Para garantir a acessibilidade aos elementos do sistema de inspeção, devem ser respeitadas as seguintes condições estabelecidas pela NBR 8160/1999:

- a) a distância entre dois dispositivos de inspeção não deve ser superior a 25,00 m;
- b) a distância entre a ligação do coletor predial com o público e o dispositivo de inspeção mais próximo não deve ser superior a 15,00 m; e
- c) os comprimentos dos trechos dos ramais de descarga e de esgoto de bacias sanitárias, caixas de gordura e caixas sifonadas, medidos entre os mesmos e os dispositivos de inspeção, não devem ser superiores a 10,00 m.

Portanto, as caixas de inspeção receberão a contribuição dos ramais de esgoto e, terão as seguintes características:

- a) Profundidade máxima de 1,00 m;
- b) Forma prismática, de base quadrada, de lado interno mínimo de 0,60 m;
- c) Tampa facilmente removível, permitindo perfeita vedação;
- d) Fundo construído de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.



As especificidades da caixa de passagem que receberá as contribuições das caixas de inspeção para dispor os efluentes nos tanques sépticos:

- a) Quando prismáticas de base poligonal, permitir na base a inscrição de um círculo de diâmetro mínimo igual a 0,15 m;
- b) Ser providas de tampa cega, quando previstas em instalações de esgoto primário;
- c) Ter altura mínima igual a 0,10 m;
- d) Ter tubulação de saída dimensionada pela tabela de dimensionamento de ramais de esgoto, sendo o diâmetro mínimo igual a  $DN\ 50$ .

- **Dimensionamento da tubulação de ventilação**

A distância máxima entre o desconector e a tubulação de ventilação é obtida diretamente da Tabela 1 (NBR 8160/99), com dados do diâmetro nominal da tubulação de entrada do desconector. Para a edificação de um pavimento, após saber as limitações do sistema de ventilação, a contribuição do esgoto e a existência de bacia sanitária, pode-se encontrar o diâmetro dos ramais de ventilação diretamente na Tabela 8 (NBR 8160/99).

## **5.2 PROJETO SANITÁRIO DA PROPRIEDADE HIPOTÉTICA**

### **5.2.1 Tratamento Primário – Tanque Séptico de Câmara Única**

Os tanques sépticos são dimensionados com base na NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) e as unidades de pós-tratamento com base na NBR 13969/1997 (ABNT, 1997). Estes sistemas são indicados:

- Para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgotos;
- Como alternativa de tratamento de esgotos em áreas providas de rede coletora local;
- Quando da utilização de redes coletoras com diâmetro e/ou declividades reduzidos;
- Unidade anterior ao tratamento complementar de efluentes.

Os tanques sépticos devem respeitar distâncias horizontais mínimas de (NBR 7229/93):

- a) 1,5 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água;
- b) 3,0 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- c) 15,0m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

As distâncias mínimas são computadas a partir da face externa mais próxima aos elementos considerados.

O detalhamento das distâncias verticais no dimensionamento de tanque sépticos devem obedecer aos dispositivos de entrada e saída, constituídos por três sanitários ou septos, devem observar as seguintes relações de medidas (NBR 7229/93):

- a) Dispositivo de entrada: parte emersa, pelo menos 5 cm acima da geratriz superior do tubo de entrada, e parte imersa aprofundada até 5 cm acima do nível correspondente à extremidade inferior do dispositivo de saída;
- b) Dispositivo de saída: parte emersa nivelada, pela extremidade superior, ao dispositivo de entrada, e parte imersa medindo um terço da altura útil do tanque a partir da geratriz inferior do tubo de saída;
- c) As geratrizes inferiores dos tubos de entrada e saída são desniveladas em 5 cm;
- d) Entre a extremidade superior dos dispositivos de entrada e saída e o plano inferior da laje de cobertura do tanque, deve ser preservada uma distância mínima de 5 cm.

No cálculo da contribuição de despejos, deve ser considerado o seguinte (NBR 7229/93):

- a) Número de pessoas a serem atendidas;
- b) 80% do consumo local de água.

Para o cálculo, o sistema atenderá as duas residências da propriedade rural com um total de 10 pessoas e, o consumo de água per capita (C) de 80L/hab.dia. Dessa forma, a contribuição de despejo *per capita* ( $C_d$ ):

**Equação 8** – Contribuição de despejo *per capita* ( $C_d$ )

$$C_d = 0,8 * C$$

Onde:

C – Consumo diário de água per capita (L/hab.dia);

$C_d$  – Contribuição de despejo per capita (L/hab.dia);

• **Cálculo da contribuição diária de esgotos ( $C_D$ ):**

**Equação 9** – Contribuição diária de esgotos ( $C_D$ )

Onde:

$$C_D = C_d * N$$

$C_D$  – Contribuição diária de esgotos (L/dia);

$C_d$  – Contribuição de despejo per capita (L/hab.dia);  
 $N$  – Número de pessoas atendidas pelo sistema (hab).

- **Cálculo do Volume do Tanque Séptico (V):**

**Equação 10** – Volume do Tanque Séptico (V)

$$V = 1000 + N * (C_d * T_{det} + K * L_f)$$

Onde:

$N$  – Número de pessoas atendidas pelo sistema (hab);  
 $C_d$  – Contribuição de despejo per capita (L/hab.dia);  
 $T_{det}$  – Período de detenção (Tabela 2 – NBR 7229/93) (dia);  
 $K$  – Taxa de acumulação total de lodo (Tabela 3 – NBR 7229/93);  
 $L_f$  – Contribuição de lodo fresco (Tabela 1 – NBR 7229/93) (L/hab.dia).

Sabendo que, o período de detenção dos despejos ( $T_{det}$ ) é em função da contribuição diária de esgoto encontrada para a população ou atividade e, esta relação está representada na Tabela 2 (NBR 7229/93). A taxa de acumulação total do lodo ( $K$ ) é determinada pelo período de limpeza e pela faixa de temperatura do mês mais frio da localidade em que será implantada a fossa séptica. Esta taxa pode ser visualizada na Tabela 3 (NBR 7229/93).

As edificações possuem baixo padrão de contribuição de esgoto. A propriedade rural está localizada na região do semiárido, possui baixas amplitudes térmicas e, no mês mais frio possui uma média térmica acima de 20°C. O período de limpeza será o maior (cinco anos), devido a população possuir renda baixa e encontrar-se distante dos centros. Na limpeza, os resíduos serão destinados ao beneficiamento por co-compostagem, deve-se deixar 10 % do volume do lodo com intuito de não perder a eficiência do tanque afinal as novas bactérias precisam se adaptar ao meio.

- **Altura útil da fossa (Hu)**

Informar que a profundidade útil mínima e máxima é encontrada através do volume do tanque séptico (Tabela 4 – NBR 7229/93). Adotar uma altura dentro dessa faixa para calcular a área da fossa.

- **Área da Fossa (A):**

**Equação 11** – Área da Fossa (A)

$$V = A * H_u \rightarrow A = \frac{V}{H_u}$$

Onde:

V – Volume do tanque séptico m<sup>3</sup>;

A – Área do tanque séptico (m<sup>2</sup>);

H<sub>u</sub> – Altura útil do tanque séptico (Tabela 4 – NBR 7229/93) (m).

- **Dimensões da fossa séptica**

A fossa séptica terá o formato prismático de base retangular. Com isso, para a relação comprimento/largura: mínima 2:1 e máxima 4:1.

Ao adotar a relação mínima entre comprimento e largura, tem-se:

**Equação 12** – Dimensões do Tanque Séptico

$$A = L * B$$

Onde:

A – Área do tanque séptico (m<sup>2</sup>);

L – Comprimento do tanque séptico (m);

B – Largura do tanque séptico (m).

Após realizar todas as associações entre dados do projeto, realidade local e dados tabelados é possível calcular o volume útil total do tanque séptico de câmara única (V) através da seguinte equação:

**Equação 13** - Volume do Tanque Séptico de Câmara Única (V)

$$V = L * B * H_u$$

Onde:

V – Volume útil total do tanque séptico (m<sup>3</sup>);

L – Comprimento do tanque séptico (m);

B – Largura do tanque séptico (m);

H<sub>u</sub> – Altura útil do tanque séptico (m).

Admitindo a concentração afluyente (esgoto bruto) de DBO de 350mg/L e a de SS de 300mg/L (VON SPERLING, 1996). E, segundo Metcalf et al. (2003), os tanques sépticos apresentam eficiência de remoção entre 33 e 63 % de DBO e entre 53 e 85 % de sólidos em

suspensão. Assim, para o cálculo da concentração do esgoto efluente ao tanque, adotou as seguintes eficiências:

- Eficiência de remoção de DBO: 50%
- Eficiência de remoção de SS: 60%

Com isso, tem-se a equação:

**Equação 14** – Concentração do esgoto efluente ao Tanque Séptico ( $C_{efl}$ )

$$C_{efl} = \left(1 - \frac{E}{100}\right) \cdot C_{afl}$$

Onde:

$C_{efl}$  – Concentração efluente, em mg/L;

$C_{afl}$  – Concentração afluyente, em mg/L (DBO = 350mg/L e SS = 300mg/L);

E – Eficiência de remoção (%).

- **Caixa de distribuição**

A caixa de distribuição tem a finalidade de receber os efluentes do tanque séptico e distribuí-los uniformemente nos *wetlands* construídos. E, portanto, o seu dimensionamento deve seguir as condições (NBR 7229/93):

- a) Diâmetro interno mínimo de 0,45m;
- b) Altura interna entre 0,40m e 0,50m.
- c) A geratriz inferior interna das tubulações de saída, deve estar no mesmo nível dos *wetlands construídos* e, a 0,15m do fundo da caixa.
- d) A tubulação de entrada na caixa de distribuição deve estar a uma altura de 0,30 m do fundo da caixa.

### 5.2.2 Tratamento Complementar – *Wetlands construídos*

A partir da concentração efluente de DBO e SS dos tanques sépticos pode-se detalhar o dimensionamento dos *wetlands* construídos. Logo, o esgoto afluyente aos *wetlands* construídos terá uma concentração de DBO e SS de, respectivamente, 175mg/L e 90mg/L. Deve-se considerar dois *wetlands* construídos com fluxo vertical, com funcionamento alternado e, que serão dimensionados obedecendo à relação entre o Comprimento(L):Largura (B) de 2:1 a 4:1.

A área ocupada pelos *wetlands* será:

**Equação 15** – Área dos *Wetlands* Construídos ( $A_w$ )

$$A_w = Q \left( \frac{\ln C_o - \ln C_e}{K} \right)$$

Onde:

$A_w$  – Área superficial dos *wetlands* construídos ( $m^2$ );

$Q$  – Vazão afluyente ( $m^3/d$ );

$C_o$  – Concentração do efluente dos tanques sépticos ( $mg/L$ ), com DBO = 175 $mg/L$  e SS = 90 $mg/L$

$C_e$  – Concentração efluente dos *wetlands* construídos ( $mg/L$ ). Utilizou-se o padrão estabelecido pelas deliberações estaduais (DBO = 60 $mg/L$  e SS = 30 $mg/L$ );

$K$  – Constante a 25°C ( $m/d$ ), entre 0,18 a 0,31.

Para a área total dos *wetlands* construídos ( $A_w$ ) da propriedade rural, admitiu-se o valor de área com a finalidade de obter eficiência na remoção de DBO. Serão necessários dois *wetlands* com as mesmas dimensões e com dispositivo de controle do fluxo na entrada do esgoto no leito, por meio de registros de gaveta instalados após a bifurcação da tubulação de saída da caixa de distribuição. Dessa forma, a área de cada um deles será:

**Equação 16** – Área de cada *Wetland* Construído ( $A_{wi}$ )

Onde:

$$A_{wi} = A_w$$

$A_{wi}$  – Área de cada *wetland* construído ( $m^2$ ).

Sendo assim, nos *wetlands* construídos, a taxa de aplicação hidráulica ( $T_h$ ) pode ser calculada por:

**Equação 17** – Taxa de Aplicação hidráulica ( $T_h$ )

$$T_h = \frac{Q}{A_{wi}}$$

Então, ao considerar a altura do meio suporte ( $h_{solo}$ ) de 0,6m para uma área superficial ( $A_{wi}$ ), o volume ocupado pelo meio filtrante ( $V$ ) será:

**Equação 18** – Volume ocupado pelo meio filtrante ( $V$ )

$$V = h_{solo} * A_{wi}$$

Ao considerar a menor relação:  $L/B = 2/1$ , com a área superficial encontrada ( $A_{wi}$ ), as dimensões dos *wetlands* construídos serão determinadas por meio das equações abaixo:

**Equação 19** – Dimensões do *Wetland* construído

$$A = L * B$$

Os *wetlands* construídos da propriedade rural poderão ser impermeabilizados com uma tripla camada de lona plástica ou com argila compactada, a fim de baratear os custos de implantação.

### **5.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

As instalações de captação de águas pluviais nas residências deverão seguir a preconizações da norma NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais (ABNT, 1989), que visa garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. As instalações devem ser projetadas a obedecer às seguintes exigências:

- a) Recolher e conduzir a vazão de projeto até locais permitidos pelos dispositivos legais;
- b) Ser estanques;
- c) Permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação;
- d) Absorver os esforços provocados pelas variações térmicas a que estão submetidas;
- e) Quando passivas de choques mecânicos, ser constituídas de materiais resistentes a estes choques;
- f) Nos componentes expostos, utilizar materiais resistentes às intempéries;
- g) Nos componentes em contato com outros materiais de construção, utilizar materiais compatíveis;
- h) Não provocar ruídos excessivos;
- i) Resistir às pressões a que podem estar sujeitas;
- j) Ser fixadas de maneira a assegurar resistência e durabilidade.

Para calcular a quantidade de água que deve ser armazenada tem-se que: a residência possui cinco habitantes e o volume das cisternas comumente construídas na região semiárida nordestina possuem capacidade de 16.000L ou 21.000L e, respectivamente, atendendo ao consumo per capita de 13,4L/hab.dia e 17,5L/hab.dia, durante 240 dias de estiagem.

- **Cálculo da Área de Captação (A):**

A NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece que a área da superfície para a coleta da água da chuva é encontrada, segundo a contribuição de superfície inclinada, utilizada no projeto (**Figura 1 – ANEXO IV**) e, disponível na Figura 2.b (NBR 10844/89), através da equação:

**Equação 20** – Área de Captação para uma Superfície Inclinada (A)

Onde:

A – Área de contribuição (m<sup>2</sup>);

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right)b$$

a – Largura do telhado (m);

h – Altura da tesoura (m);

b – Comprimento do telhado (m).

- **Índice pluviométrico da região (I):**

Tucci (2002) relata que para obter a relação de intensidade, duração e frequência – IDF deve ser utilizada a equação:

**Equação 21** – Índice Pluviométrico (I)

Onde:

$$I = \frac{a \cdot T_r^b}{(t+c)^d}$$

I – Intensidade (mm/h);

Tr – tempo de retorno (anos);

t = tempo de concentração (minutos);

a, b, c, d = parâmetros de determinados locais.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que deve utilizar o tempo de concentração e o tempo de retorno, respectivamente, de 5 minutos e 5 anos. Os parâmetros para o cálculo da curva IDF podem ser utilizados em correlação com dados dos postos mais próximos com condições meteorológicas semelhantes.

Para o cálculo de intensidade média, da região semiárida, foi realizada mediante a equação anterior. Assim, a equação de intensidade – duração – frequência utilizada foi da cidade de Paulo Afonso, na Bahia, por possuir registro dos parâmetros da equação (GONÇALVES, 2011). Dessa forma, para o projeto, segundo Gonçalves (2011), os parâmetros para a equação IDF de Paulo Afonso são visualizados na **Tabela 5.1**.

**Tabela 5.1** – Parâmetros a, b, c e d da Equação IDF para o município de Paulo Afonso geradas com dados do TRMM



NOME	ESTADO	População	a	b	c	d	R2
Paulo Afonso	Bahia	101.952	781	0,27	10,7	0,76	0,995

Fonte: Adaptação de Gonçalves (2011).

Portanto, a intensidade média precipitada (I), para o município de Paulo Afonso, pode ser encontrada através da equação:

**Equação 22** – Índice Pluviométrico de Paulo Afonso (I)

$$I = \frac{781 * T_r^{0,27}}{(t + 10,7)^{0,76}}$$

- **Cálculo da Vazão a ser captada (Q):**

Determina a quantidade total de água de chuva possível de ser captada na localidade. Assim, a vazão a ser captada depende da área da superfície de contribuição e da intensidade pluviométrica no local.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) descreve a Fórmula Racional para calcular a vazão do projeto:

**Equação 23** – Vazão a ser captada (Q)

$$Q = \left( \frac{I * A}{60} \right)$$

Onde:

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

Q = vazão de projeto (L/min).

- **Sistema de Captação da água de chuva:**

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) para um melhor escoamento as calhas de beiral e platibanda e, condutores horizontais devem ter uma inclinação mínima de 0,5%.

Definida a vazão de projeto, estuda-se o tipo e a capacidade das calhas. Com o tipo de material da calha obtém-se o coeficiente de rugosidade (n) pela Tabela 2 (NBR 10844/89) (**Tabela 1 – ANEXO IV**). Assim, a capacidade das calhas é dimensionada através da fórmula de Manning-Strickler, envolvendo vários parâmetros, indicada a seguir

**Equação 24** – Fórmula de Manning-Strickler

Onde:

$$Q = K * \frac{S}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * I_o^{1/2}$$

Q = Vazão de projeto, em L/min;  
S = Área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;  
n = Coeficiente de rugosidade;  
R<sub>H</sub> = Raio hidráulico, em m;  
I = Declividade da calha, em m/m  
K = 60.000

Para o projeto, as calhas utilizadas são do tipo beiral, com formato retangular, constituída de zinco, a água tem saída em funil e, possui comprimento superior a 4,0m.

Sendo assim, a área de seção molhada, segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), é a área útil de escoamento em uma secção transversal de um condutor ou calha e, é calculada através da equação abaixo:

**Equação 25** – Área da seção molhada (seção retangular)

Onde:

S = área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

a = Largura da calha (m);

b = Altura da calha (m).

$$S = \frac{(a \times b)}{2}$$

O perímetro molhado é a linha da secção molhada junto às paredes e ao fundo do condutor ou da calha (NBR 10844/1989). Deve ser calculado através da equação:

**Equação 26** – Raio hidráulico (seção retangular)

Onde:

R<sub>H</sub> = raio hidráulico (m);

a = Largura da calha (m);

b = Altura da calha (m).

$$R_H = \frac{(a \times b)}{2(a+b)}$$

Para determinar o tamanho da calha Tomaz (2003), afirma que para a largura da calha deve-se levar em consideração o comprimento do telhado (**Tabela 2 – ANEXO IV**). E, segundo Creder (2003), a partir da vazão de projeto (L/min), da largura da calha (m) e da altura da lâmina d'água na calha (m) pode-se encontrar, para calhas retangulares, a inclinação (m/m) (**Tabela 3 – ANEXO IV**). Sabe-se que a altura da lâmina d'água na calha deve ser calculada a meia altura.

Para o projeto, as tubulações horizontais e verticais serão de PVC rígido.

A NBR 10844 (ABNT, 1989), relata que o dimensionamento dos condutores horizontais circulares deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. A vazão utilizada, para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na Tabela 4 (NBR 10844/89) (**Tabela 4 – ANEXO IV**).

Os condutores verticais devem ser projetados para que evite curvas e desvios. Podem ser colocadas internamente ou externamente na edificação, suas dimensões devem ser circulares de 70 mm no mínimo ou até maiores dependendo da vazão do projeto (NBR 10844/1989). No projeto, os condutores verticais possuem entrada de água com funil de saída, o comprimento é metade da altura do pé direito do imóvel e, a vazão de projeto utilizada será a resultante da área de cobertura que, no caso em estudo, se dará pela soma da contribuição das duas “águas”. Para determinar os condutores verticais, a norma apresenta o ábaco específico ao tipo de entrada de água com funil de saída Figura 3 (NBR 10844/89) (**Figura 2 – ANEXO IV**). Para obter o diâmetro a partir do ábaco, deve-se utilizar os seguintes dados de entrada:

- Vazão de projeto (Q), em L/min;
- Altura da lâmina de água na calha (H), em mm;
- Comprimento do condutor vertical (L), em m.

Após as tubulações de transporte da água, esta deve passar por pré-filtro (crivo/peneira) antes da reservação. É importante ter o dispositivo de desvio das primeiras chuvas (2mm) e, portanto, dados como a área do telhado (A) e a quantidade de chuva a ser reservada são necessários para determinar o volume de 2mm de chuva ( $V_{2mm}$ ) que deve ser descartado, a partir da equação:

**Equação 27** – Volume de água a ser descartada ( $V_{2mm}$ )

$$V_{2mm} = A * 0,02$$

- **Cálculo do Volume da Cisterna (V):**

Para o dimensionamento e construção das cisternas de placas, segundo Ceará (2010), faz-se necessário considerar:

- Número de pessoas que irão utilizar a cisterna;
- Finalidade de consumo;
- Período de uso (meses);
- Área de captação da superfície;
- Precipitação pluviométrica média local em milímetros de chuva por ano;
- Limitações ou tipo do terreno, onde será realizada a construção da cisterna;
- Evitar a construção em locais próximos a árvores, cujas raízes possam danificar as paredes, provocando vazamentos;
- Evitar local próximo a fossas, currais ou depósito de lixo, para evitar contaminação;
- Construir próximo às cozinhas, para facilitar o abastecimento da casa.

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório de água de chuva, segundo a NBR 15.527/07 (ABNT, 2007) será utilizado o método de Azevedo Neto é o mais utilizado por ser simples e preciso:

**Equação 28** – Volume do reservatório de água de chuva (V)

$$V = 0,0042 * P * A * T$$

Onde:

P - Precipitação pluviométrica anual média da localidade (mm/ano);

T - Número de meses de pouca chuva ou seca;

A - Área de coleta (m<sup>2</sup>);

V - Volume da cisterna (L).

Com base nas características pluviométricas do município de Paulo Afonso, estabeleceu-se o tempo de 8 (oito) meses de estiagem. Devido as dificuldades hídricas da região, a água da chuva pode ser utilizada para consumo humano após a desinfecção solar, através de garrafas PET reutilizadas após o consumo de refrigerantes, sendo escolhidas as incolores, com a metade voltada para baixo, lixada e pintada com tinta esmalte na cor preto fosco (MOREIRA e PATERNIANI, 2005). Os melhores horários para desinfecção da água pela luz solar foi das 09:00 horas às 15:00 horas (BOTTO, 2006).

## 6 RESULTADOS

Os dimensionamentos das instalações hidrossanitárias e do sistema de captação foram realizados, tendo como base, uma única residência rural, ampliada para a outra residência alocada na mesma propriedade rural. O tratamento de resíduos líquidos e sólidos foram determinados com a contribuição de toda a propriedade rural hipotética, ou seja, das duas residências.

### 6.1 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA

O reservatório de água potável do domicílio rural deve atender cinco habitantes, com 80L/hab.dia, portanto, o consumo diário é de 400 litros ( $C_D = 400L$ ). Sabendo que, o reservatório de distribuição possui condições favoráveis para o abastecimento da população, não haverá necessidade de considerar o coeficiente de segurança ( $k$ ), porém, ao considerar o período de desabastecimento ( $T_{reserv}$ ) médio ( $T_{reserv} = 2$  dias), tem-se que, em cada residência, o volume do reservatório de armazenamento da água de abastecimento, proveniente de solução alternativa (poço), terá 800 litros. No entanto, o valor mais aproximado entre os reservatórios comerciais, dos mais diversos materiais, é o de 1000 litros.

Considerando que a propriedade será atendida por um ponto de rede de abastecimento público, foi projetada as instalações hidráulicas prediais de uma residência, que será igual para a outra.

Os diâmetros das tubulações hidráulicas de água fria para o domicílio rural podem ser visualizados na **Tabela 6.1**.

**Tabela 6.1** – Diâmetro equivalente dos ramais, colunas de distribuição e barrilete do projeto em função do peso dos aparelhos

TRECHOS	APARELHOS	PESO RELATIVO	PESO ACUMULADO	DIÂMETRO (mm)		
				RAMAIS	COLUNAS	BARRILETE
AB	Tanque de duas cubas	1,4	1,4	25	25	25
CD	Pia de cozinha	0,7	2,1	20	20	
	Filtro	0,1	2,2	20		
EF	Chuveiro elétrico	0,1	2,3	20	20	
	Caixa de descarga	0,3	2,6	20		
	Lavatório	0,3	2,9	20		

Fonte: Autora, 2016. OBS: Trecho AB – Ambiente 1; Trecho CD – Ambiente 2; Trecho EF – Ambiente 3.

Para encontrar a altura em que o reservatório deverá estar posicionado no domicílio rural, obedecer às informações a seguir:

- A pressão dinâmica mínima do chuveiro de 2,0mca;
- Diâmetro do chuveiro DN20 (**Tabela 6.1**);
- Comprimento real da tubulação ( $L_{real}$ ) com 4,3m (**ANEXO I**);
- Distância do registro de pressão ao chão de 1,2m (**ANEXO I**);
- Ambiente 1 (Trecho AB) possui o maior peso acumulado ( $\sum P$ ), 1,4UHC (**Tabela 6.1**).

Portanto, a vazão (Q) de projeto foi de 0,35 L/s.

Com os dados de vazão e diâmetro nominal do chuveiro, a partir do Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico (**FIGURA 2 – ANEXO I**), a perda de carga (J) encontrada foi de 0,08m/m e, assim, a perda de carga distribuída ( $J_{real}$ ) possui o valor 0,344m. Para o comprimento equivalente ( $L_{local}$ ) tem-se a **Tabela 6.2**. Dessa forma, pode-se encontrar a perda de carga localizada ( $J_{local}$ ) com o valor de 1,504m.

**Tabela 6.2** – Comprimento Equivalente das Peças do reservatório ao chuveiro.

PEÇAS	QTD	DIÂMETRO (mm)	COMPRIMENTO EQUIVALENTE (m)
Adaptador para reservatório com registro PVC	1	25	0,9 + 0,2
Tê passagem direta soldável PVC	1	25	0,8
Joelho 90° de redução soldável PVC	1	25X20	1,2
Registro de Gaveta soldável PVC	1	20	0,1
Tê soldável PVC	1	20	2,3
Joelho 90° soldável PVC	1	20	1,1
Registro de Pressão soldável PVC	1	20	11,1
Joelho 90° soldável e com bucha de latão PVC	1	20	1,1
<b><math>L_{local}</math></b>			<b>18,8</b>

Fonte: Autora, 2016.

Então, a perda de carga total ( $J_{total}$ ), somando as perdas de cargas distribuídas e localizadas, possui aproximadamente 1,85m. Portanto, a altura mínima para a saída da tubulação do barrilete do reservatório é de 3,85m.

## 6.2 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ESGOTO

Os diâmetros e as declividades das tubulações sanitárias dos ramais de descarga e de esgoto para o domicílio rural podem ser visualizados na **Tabela 6.3**.

**Tabela 6.3** – Diâmetros e declividades dos ramais de descarga e de esgoto do projeto.

TRECHOS	APARELHOS	U H C	RAMAL DE DESCARGA		RAMAL DE ESGOTO	
			DIÂMETRO (mm)	DECLIVIDADE (%)	DIÂMETRO (mm)	DECLIVIDADE (%)
AB	Tanque de duas cubas	6	50	1,0	50	1,0
CD	Pia de cozinha	3	50	1,0	75	1,0
	Filtro	1	40	1,0		
EF	Vaso sanitário	6	100	2,0	100	2,0
	Ralo sifonado (chuveiro)	2	40	1,0	50	1,0
	Ralo sifonado	1	40	1,0		
	Lavatório	1	40	1,0		

Fonte: Autora, 2016. OBS: Trecho AB – Ambiente 1; Trecho CD – Ambiente 2; Trecho EF – Ambiente 3.

Os desconectores e dispositivos complementares adotados, para uma residência são:

- Duas caixas sifonadas (contribuição da área de serviço e do banheiro sem a bacia sanitária);
- Uma caixa de gordura (cozinha);
- Uma caixa de inspeção (todas as contribuições, incluindo a bacia sanitária).

As características das duas caixas sifonadas, para o ambiente 1 (CS1) e 3 (CS2), são similares por possuírem contribuição, respectivamente, inferior e igual a 6 (seis) UHC e, com isso, os desconectores possuem diâmetro nominal de saída de 100mm. As caixas sifonadas terão as seguintes dimensões 100x150x50mm com grelha.

A caixa de gordura, para o ambiente 2, é especificada como simples (CGP), cilíndrica, com as seguintes dimensões: diâmetro interno de 0,30 m; parte submersa do septo de 0,20 m; capacidade de retenção de 18L e; diâmetro nominal da tubulação de saída deve ser de 75mm. Após as caixas sifonadas e a caixa de gordura o efluente segue para a caixa de inspeção.

A caixa de inspeção do projeto será formada pela contribuição total dos aparelhos sanitários de cada residência, composta por: uma bacia sanitária (6 UHC), duas caixas sifonadas (10 UHC) e, uma caixa de gordura (4 UHC). As especificações do dispositivo: forma prismática de base quadrada, por facilidade de construção; profundidade de 0,60 m; lado interno de 0,60 m; tampa facilmente removível, permitindo a perfeita vedação e; fundo construído de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.

A caixa de passagem recebe a contribuição de esgoto das duas residências e dispõe no tanque séptico. Possui: formato prismático de base poligonal, permitindo na base a inscrição de um círculo de diâmetro igual a 0,20 m; tampa cega e; altura igual a 0,30 m. A tubulação de saída possui diâmetro nominal igual a DN 100mm.

Para o dimensionamento do sistema de ventilação das residências, por possuírem apenas um pavimento, o limite da distância entre os sistemas com fecho hídrico e a tubulação de ventilação é de 1,2m. Assim, em cada residência, a tubulação de ventilação possui 75 mm de diâmetro. Serão consideradas duas tubulações de ventilação, instaladas nos ramais de esgoto após a caixa sifonada do banheiro (ambiente 3) e a outra para atender a área de serviço e a cozinha.

Da caixa de passagem, o esgoto é transportado para a fossa séptica que atenderá as duas residências. O tanque séptico para as residências do projeto será construído de alvenaria.

As características construtivas do tanque séptico de câmara única, para o tratamento primário dos esgotos da propriedade rural, foram resumidas na **Tabela 6.4** e, podem ser visualizadas no Croqui do Tanque Séptico de projeto (**Figuras 4 e 5 – APÊNDICE**).

**Tabela 6.4** – Características construtivas do Tanque Séptico da propriedade rural.

TANQUE SÉPTICO	
CONTRIBUIÇÃO (L/dia)	640
VOLUME (m <sup>3</sup> )	3,81
PROFUNDIDADE (m)	1,5
ÁREA (m <sup>2</sup> )	2,54
COMPRIMENTO (m)	2,25
LARGURA (m)	1,13
DIÂMETRO DE ENTRADA (mm)	100
DIÂMETRO DE SAÍDA (mm)	100

Fonte: Autora, 2016.

A caixa de distribuição, entre o tanque séptico e os *wetlands* construídos, possui forma prismática, com tampa e, as seguintes dimensões estruturais: 15,0cm de base e 20,0cm de altura. Além disso, a tubulação de saída terá 75mm de diâmetro para reduzir os custos dos acessórios nos *wetlands* construídos.

As características construtivas dos *wetlands* construídos, para o tratamento complementar dos esgotos da propriedade rural, estão resumidas na **Tabela 6.5** e, podem ser visualizados no Croqui dos Wetlands Construídos de projeto (**Figuras 6 e 7 – APÊNDICE**).

**Tabela 6.5** – Características construtivas dos Wetlands Construídos da propriedade rural.

WETLANDS CONSTRUIDOS	
PROFUNDIDADE DO LEITO (m)	1,00
CONTRIBUIÇÃO (m <sup>3</sup> /dia)	0,64
K (constante a 25°C)	0,25
ÁREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	2,74



ÁREA DE UM (1) WETLAND (m <sup>2</sup> )	2,74
TAXA DE APLICAÇÃO HIDRÁULICA (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	0,22
CAMADA DE SOLO (m)	0,60
ÁREA SUPERFICIAL (m <sup>2</sup> )	2,74
VOLUME (m <sup>3</sup> )	1,644
COMPRIMENTO (m)	2,34
LARGURA (m)	1,17
CAMADA DE BRITA (m)	0,10
CAMADA DE CASCALHO (m)	0,03
CAMADA DE AREIA GROSSA LAVADA (m)	0,02
DIÂMETRO DE ENTRADA (mm)	75
DIÂMETRO DE SAÍDA (mm)	100

Fonte: Autora, 2016.

A escolha da planta emergente a ser cultivada nos leitos seguirá as referências: Portanto, deve-se escolher uma macrófita da região que tenha um sistema radicular fasciculado e cuja altura não ultrapasse 0,40m. É interessante escolher uma planta que sirva para alimentação animal.

### 6.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A propriedade rural, situada na região semiárida brasileira, pertence às áreas que possuem menores intensidades pluviométricas, com criticidade de água para abastecimento humano e irrigação de culturas. A localidade possui uma intensidade pluviométrica (I) de 148,76 mm/h.

O telhado da residência possui uma cumieira e duas águas com as mesmas dimensões (ANEXO IV), portanto, os aspectos construtivos do telhado, a área de superfície de captação e a vazão de projeto podem ser visualizados na **Tabela 6.6**.

**Tabela 6.6** – Características da superfície de captação do imóvel rural

LARGURA DE UMA "ÁGUA" (m)	COMPRIMENTO DO TELHADO (m)	ALTURA DO TESOURA (m)	ÁREA DE UMA "ÁGUA" (m <sup>2</sup> )	ÁREA TOTAL DO TELHADO (m <sup>2</sup> )	VAZÃO DE PROJETO UMA "ÁGUA" (L/min)	VAZÃO DE PROJETO TOTAL (L/min)
5,00	8,00	1,00	44,00	88,00	109,10	218,20

Fonte: Autora, 2016.

Para o detalhamento das calhas do projeto tem-se a **Tabela 6.7**.

**Tabela 6.7** – Características das calhas de coleta de água de chuva.

COMPRIMENTO DAS CALHAS (m)	LARGURA DAS CALHAS (m)	DECLIVIDADE (%)	ALTURA DAS CALHAS (m)	ÁREA DA SEÇÃO MOLHADA (m <sup>2</sup> )	RAIO HIDRÁULICO DAS CALHAS (m)	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE	CAPACIDADE DAS CALHAS (L/min)
8,0	0,20	0,5	0,10	0,01	0,0333	0,011	399,21

Fonte: Autora, 2016.

O condutor horizontal, com saída da água de uma das calhas, que irá dispor a água no condutor vertical, possui diâmetro nominal (DN) 75mm e 1% de inclinação. O condutor horizontal, após o condutor vertical, que irá dispor no pré-filtro, terá diâmetro nominal (DN) 75mm e inclinação de 4%.

Para o dimensionamento do condutor vertical: a vazão total de projeto (218,20L/min), a altura do pé direito do imóvel rural com 1,75m e a altura da lâmina de água na calha será a metade do seu diâmetro interno (100mm). Portanto, a tubulação vertical possui um diâmetro nominal (DN) 75mm.

O pré-filtro do sistema de captação de água de chuva é composto por uma tela, acoplado ao condutor horizontal. Local também onde se encontra o sistema de descarte das primeiras chuvas (2mm). No projeto, deve-se descartar um volume aproximado de 1,80L.

Então, o volume da cisterna, ao considerar o coeficiente de perdas de 0,8, possui 30.272L. No entanto, no semiárido, o maior reservatório disponível para as cisternas de placas possui 21.000L e, portanto, durante o período de estiagem (8 meses) da região pode abastecer a população da residência com um volume de 17,5L por pessoa. O extravasor da cisterna terá o mesmo diâmetro da tubulação de entrada de água e, portanto, 75mm de diâmetro.

A água da cisterna, em períodos de estiagem e desabastecimento das áreas rurais, poderá ser utilizada para consumo humano, após passar por desinfecção solar.

## **7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Nas comunidades rurais, principalmente na região do semiárido, impera a carência de políticas públicas, investimentos e infraestruturas em todos os aspectos do saneamento básico: água em quantidade e qualidade suficientes; coleta, tratamento e disposição final adequados do efluente doméstico e dos resíduos sólidos e; insatisfatório aproveitamento da água da chuva. Com isso, torna-se evidente a posição de vulnerabilidade da população rural às doenças e do ambiente à contaminação.

Por Lei, o saneamento básico deve atender a todos com eficácia de ações e serviços segundo suas necessidades. Portanto, quando os sistemas convencionais são insuficientes/inexistentes e, visando proporcionar a saúde pública e a salubridade ambiental nas comunidades rurais, é obrigação adotar soluções (métodos, técnicas e processos) que atendam a população rural dispersa, com qualidade e regularidade, considerando às características e peculiaridades socioeconômicas locais. Além disso, estas tecnologias devem ser seguras, eficientes e economicamente sustentáveis.

Democraticamente, todos devem compreender as interações que possam interferir e/ou afetar o estado de saúde humana e do ambiente. Sendo assim, em comunidades rurais, com limitações pedagógicas e no atendimento com serviços de saneamento, como primeiro recurso seria propor uma metodologia participativa e intimista de educação sanitária e ambiental nas escolas e associações comunitárias. Ao passo que, ao internalizar conhecimentos e conceber habilidades, pode-se contribuir com o desenvolvimento pessoal e coletivo da comunidade, no processo de correção/transformação de ações e comportamentos que, simultaneamente, irão promover e proteger o ambiente que a circunda.

Dessa forma, para as melhorias das condições de moradia, têm-se as instalações hidrossanitárias que conduzem a água e o esgoto, separadamente. Além disso, estas infraestruturas são importantes, quando associadas ao saneamento básico, por possibilitar o conforto e a segurança sanitária. Também, são as tubulações que interligam e transportam os fluidos nos sistemas de captação e reservação de água da chuva e de efluentes e, portanto, além da declividade, as dimensões, o tipo e a qualidade do material são fatores intervenientes na eficiência dos sistemas.

As soluções alternativas são adaptáveis, flexíveis e simplificadas sob aspectos sociais, ambientais, construtivos, econômicos e culturais. Como estas tecnologias visam complementar/suprir o atendimento com serviços de saneamento, com qualidade e, realizados

no local, assim, o próximo passo é realizar um levantamento sobre as características da propriedade e dos possíveis recursos, para atender às necessidades e especificidades dos moradores e suas atividades.

Medidas para o desenvolvimento de comunidades rurais sob aspectos das soluções alternativas de saneamento básico:

- Buscar conscientizar a população sobre os problemas diretos e indiretos causados pela água contaminada, esgotos, resíduos sólidos, quando geridos inadequadamente;
- Incentivar o uso racional dos recursos naturais;
- Apresentar vantagens da redução do consumo com um melhor aproveitamento dos produtos consumidos;
- Adequar a água potável distribuída à propriedade rural, com canalização interna;
- Transportar e tratar o esgoto doméstico na própria fonte geradora;
- Tornar o efluente passível de reúso, para reduzir o consumo de água potável na irrigação e obter eficiência com segurança na produção de culturas;
- Captar e armazenar a água pluvial, em quantidade, com o descarte da primeira chuva e incentivar a associação de filtros e da desinfecção solar em garrafas PET como medida emergencial de fonte de água para abastecimento humano em comunidades rurais do semiárido;
- Utilizar a água da chuva como complementar na irrigação de culturas, lavagem de pisos, incêndio, entre outros;
- Informar sobre a forma correta da segregação dos resíduos sólidos e os benefícios ambientais (preservação) e socioeconômicos (rentabilidade);
- Adotar as técnicas de co-compostagem para o beneficiamento dos resíduos orgânicos;
- Apresentar soluções para a coleta e o transporte dos rejeitos e materiais não utilizados na comunidade;
- Promover oficinas de reutilização de materiais para o uso na propriedade e para produção de artigos artesanais;
- Enfatizar que as ações da coletividade promovem melhorias na qualidade de vida e do ambiente, além do desenvolvimento local.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULI, M. A.; SAMIEIFARD, R. E.; ZADE, J. G. M. **Rural solid waste management. International Journal of Environmental Research.** Tehran, v. 2, n. 4, p. 425-430, 2008;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1990;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216:** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 7229:** Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993;

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 5626:** Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998;

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Aproveitamento de água de chuva. Rio de Janeiro, 2007;

AGÊNCIA BRASIL. **População rural do Brasil é maior que a apurada pelo IBGE, diz pesquisa.** Notícia publicada em 09 de mar. de 2015 / Aline Leal e Luana Lourenço. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/pesquisa-diz-que-populacao-rural-do-brasil-e-maior-que-apurada-pelo-ibge> Acesso em: 01 mai. 2015;

ALVES, R. V.; FERNANDES, M. S. M.; LIMA, S. A.; COSTA, T. S.; FRANÇA, K. B. **Qualidade da água consumida pelos moradores do semiárido paraibano após dessalinização.** (Resumo). Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. Recursos Hídricos. v. 6, n. 1, 2015;

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L.S. S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal da Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. 2003;

AMATUZI, B.; JÉSSICA LUIZA BOTEAGA, J. L.; CALANTE, L. S. **Implementação de banheiro seco como proposta de saneamento ecológico.** Monografia (Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, PR, 2013;

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos.** ANA. 432p. Brasília. 2013;

ANDRADE NETO, C. O. **Água de Chuva: alternativa para conviver com a seca.** In: XII SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2014, Natal, Brasil. Anais ... Natal: ABES/APESB/APRH. Paineis 2 - Um desafio histórico no Nordeste: escassez de água ou de soluções? (Apresentação). 2014. Disponível em: <<http://www.abes-dn.org.br/eventos/XIISIBESA/Painel/P2B.pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2016;

ARAÚJO, A. L. C.; FONSECA, A. L.; VALE, M. B.; FERNANDES, A. K. S.; GADELHA, C. P. F. **Avaliação dos Sistemas de Dessalinização de Águas no Semiárido no Rio Grande do Norte.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005;

ASA – Articulação do Semi-Árido Brasileiro. **Número de cisternas rurais construídas até 18 jan. 2016.** Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>> Acesso em: 13 jan. 2016;

BASSANI, P. D.; MOTA, M. M. DA. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos da Participação Social no bairro Jardim Camburi, Vitória, ES.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Saneamento Ambiental) – Instituto Federal do Espírito Santo. Vitória, 2009;

BATHISTA, A. L. B. S., SILVA, E. O., TAVARES, M. I. B., NOGUEIRA, J. S. **Aplicação de Polímero Natural no Tratamento de Águas: Baba do quiabo.** Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2001;

BERTHOLINI, T. M.; BELLO, A. X. da. S. **Desinfecção de água para consumo humano, através do Método SODIS: Estudo de caso em localidade rural do município de Cuiabá – MT.** II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/II-006.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016. 2011.

BETER, A. S. R. **Implementação do Método SODIS (Solar Water Desinfection) em duas comunidades do semiárido paraibano: aceitabilidade e aspectos socioeconômicos.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, PB, 2006;

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. de. A. **Instalações hidráulicas prediais, feitas para durar.** São Paulo: ProEditores, 1998;

BOTTO, P. M. **Avaliação do processo de desinfecção solar (SODIS) e de sua viabilidade social no Estado do Ceará.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

BRASIL. **Constituição Federal de 05 de outubro de 1988.** Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado, com as alterações adotadas pelas emendas Constitucionais n<sup>os</sup> 1/1992 a 68/2011, pelo Decreto legislativo n<sup>o</sup> 186/2008 e pelas emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/1994. – 35. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, edições Câmara, 2012;

BRASIL. **Decreto n<sup>o</sup> 5.440, de 04 de maio de 2005.** Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm). Acesso em: 10 de abr. 2015;

BRASIL. **Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964.** Dispõe sobre o Estatuto da Terra e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4504compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4504compilada.htm)>. Acesso em: 26 jan. 2016;

BRASIL. **Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979.** Altera o disposto nos arts. 49 e 50 da Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 (Estatuto da Terra), e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1970-1979/L6746.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L6746.htm)>. Acesso em: 26 jan. 2016;

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Política Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 10 de abr. 2015;

BRASIL. **Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8629.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8629.htm) Acesso em: 30 de nov. 2015;

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm) Acesso em: 10 de abr. 2015;

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Política Nacional de Saneamento Básico. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm) Acesso em: 10 de abr. 2015;

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Política Nacional de Resíduos Sólidos [recurso eletrônico]. – 2. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012;

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientação para criação e organização de autarquias municipais de água e esgoto.** 2. ed. – Brasília: Funasa, 2003;

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006;

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 4. ed. rev. – Brasília: Funasa, 2006;

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2011. Disponível em: [http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf) Acesso em: 10 de abr. de 2015;

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Saneamento Rural.** Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>. Funasa, 2011a;

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Saneamento Ambiental em Comunidades Quilombolas.** Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/internet/vigSubIV\\_quilombolasSa.asp](http://www.funasa.gov.br/internet/vigSubIV_quilombolasSa.asp)> Acesso em: Funasa, 2011b;

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências.** Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2013a;

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Compostagem Familiar.** Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2013b;

BRÍGIDA A. I. S.; ROSA, M. F. **Determinação do teor de taninos na casca de coco verde (Cocos nucifera).** Proc Interamer Soc Trop Hort. 47: 25-27. 2003;

BRITO, D. R. (SD). **Ventilação Sanitária. Instalações Hidráulicas – Construção de Edifícios I.** Disponível em: <http://drb-assessoria.com.br/11.ventilacaosanitaria.pdf> Acesso em: 07 mai. 2015;

CAETANO, L. C. **Água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes: uma opção para o abastecimento.** Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2000;

CASTRO, T. G. de.; CAMPOS, F. M.; PRIORE, S. E.; COELHO, F. M. G.; CAMPOS, M. T. F. de. S.; FRANCESCHINI, S. do. C. C.; RANGEL, A. de. A. **Saúde e nutrição de crianças de 0 a 60 meses de um assentamento de reforma agrária, Vale do Rio Doce, MG, Brasil.** Rev. Nutr., abr./jun, vol.17, no.2, p.167-176. 2004;

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Cisterna de placas: construção, uso e conservação.** Cartilhas temáticas, tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido. 33p. v.2. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010;

CHUNG, S. S.; POON, C. S. **A comparison of waste-reduction practices and new environmental paradigm of rural and urban Chinese citizens.** Journal of Environmental Management, v. 62, p. 3-19, 2001;

CISAM/AMVAP. **Manual de Saneamento Rural.** Conselho Intermunicipal de Saneamentos Ambiental/Associação do Municípios da Microrregião do Vale do Paranaíba. Nov, 2006. Disponível em: [www.amvapmg.org.br](http://www.amvapmg.org.br) Acesso em: 20 de abr. 2015;

CLIMATE-DATA. **Clima: Paulo Afonso, 2016.** Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/4471/>> Acesso em: 10 fev. 2016;

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em: 10 abr. 2015;

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562> Acesso em: 10 abr. 2015;



CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **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 – CONAMA. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf) Acesso em: 10 abr. 2015;

CORDEIRO, W. S. **Alternativas de Tratamento de Água para Comunidades Rurais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Universidade da Tecnologia e do Trabalho, Rio de Janeiro, 2008;

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 5 ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 2003.

DALLA ROSA, K. R. **Moringa oleifera: a perfect tree for home gardens.** Hawai: NFTA, Agroforestry Species Highlights, 1993;

DIAS, S. M. F.; VAZ, L. M. S.; CAMPOS, A. C. A. **Educação ambiental e mobilização comunitária para implantação do gerenciamento integrado de resíduos sólidos em uma comunidade rural do Estado da Bahia.** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. Anais... Feira de Santana: ABES, 2007;

ERCOLE, L. A. S. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuais Domiciliares: Uma Opção Mais Sustentável Para a Gestão de Resíduos Líquidos.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003;

ESCOSTEGUY, P. A. V.; CERINI, J. B.; GOBBI, D.; GOBBI, D.; CECCONELLO, M. C. **Extração de nutrientes por macrófitas cultivadas com lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.32 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200039>>. Acesso em: 26 jan. 2016;

FERREIRA, S. C. da R.; BORBA, A. L. B.; ANDRADE, H. H. B.; KAICK, T. S. **Levantamento de pesquisas desenvolvidas com wetlands subsuperficial de fluxo vertical no Brasil para verificar as possibilidades de padronização do sistema.** In: 1º Simpósio Brasileiro Sobre Aplicação de Wetlands Construídos no Tratamento de Águas Residuárias, 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, v. 1. p. 73-79;

FORMOSO, S. C. **Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de compate à escassez hídrica no semiárido sergipano.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2010;

GUIMARÃES, B. V. C.; SOUZA, E. B. de.; ABREU, A. M. A.; DONATO, S. L. R.. **ASPIAZU, I. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015;

GUIMARÃES, L. S. **Relações intensidade – duração – frequência com base em estimativas de precipitação por satélite.** Dissertação. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011;

HEIJNEN, H. **A Captação de Água da Chuva: Aspectos de Qualidade da Água, Saúde e Higiene**. 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Capina Grande/PB. 2012;

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006;

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA. 2013. **Concepções da ruralidade contemporânea: as singularidades brasileiras**. Fórum Permanente de Desenvolvimento Rural Sustentável. Série Desenvolvimento Rural Sustentável. v.21. Brasília, Brasil, 2013;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2000. **Água per capita – 2000**. Atlas do Saneamento. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/pdfs/mappag31.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/mappag31.pdf). Acesso em: 10 jan. 2015;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. IBGE, 1996. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995\\_1996/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/default.shtm)>. Acesso em: 17 out. 2015;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. IBGE, 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2015;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. IBGE, 2009. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho\\_e\\_Rendimento/Pesquisa\\_Nacional\\_por\\_Amostra\\_de\\_Domicilios\\_anual/2009/Sintese\\_Indicadores/sintese\\_pnad2009.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2009/Sintese_Indicadores/sintese_pnad2009.pdf) Acesso em: 20 abr. 2015;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br> Acesso em: 20 abr. 2015;

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. IBGE, 2012. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho\\_e\\_Rendimento/Pesquisa\\_Nacional\\_por\\_Amostra\\_de\\_Domicilios\\_anual/2012/Sintese\\_Indicadores/sintese\\_pnad2012.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2012/Sintese_Indicadores/sintese_pnad2012.pdf) Acesso em: 20 abr. 2015;

KIMURA, I. Y. **Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/floculação com quitosana**. 200 p. Tese (Doutorado em Química). Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001;

LEMES, J. L. V. B.; SCHIRMER, W. N.; CALDEIRA, M. V. W.; VAN KAICK, T. S.; ABEL, O.; BÁRBARA, R. R. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural**. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008;

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2ª ed., Editora Átomo, Campinas. 2008;

- LIMA, A. A.; FARIAS, M. S. S.; LIRA, V. M.; FRANCO, E. S; SILVA, M. B. R. **Lixo Rural: o caso do município de João Alfredo (PE)**. Revista Caminhos de Geografia. V 6, n 16. 5 p. 2005;
- LIMA, G. J, de. A. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007;
- MACIEL, B. G.; LUCENA, L. M.; GAVAZZA, S.; BARROS K. K. **Desinfecção solar da água de chuva armazenada em cisternas localizadas na zona rural de Caruaru-PE**. 37a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2014;
- MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. Editora LTC. 4º Edição, 596p. 2010;
- MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. **Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de Acacia mearnsii**. Revista Virtual de Química, v. 6, p. 2-15, 2014;
- MENEZES, G. F. F. de. **Indicadores de qualidade, manejo e uso da água das cisternas do município de Filadélfia, Bahia**. Senhor do Bonfim: IF Baiano, 2012. 26p. Dissertação de Especialização.
- METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse**. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2003.
- MONTEIRO JUNIOR, A. P.; RENDEIRO NETO, H. F. **Sistema Individual de Tratamento de Esgoto: fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro uma alternativa para o tratamento sanitário em comunidades de baixa renda do município de Belém**. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenheiro Civil) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, 2011;
- MOREIRA, M. J.; PATERNIANI, J. E. S. **Uso de garrafas PET e energia solar na desinfecção de águas em comunidades rurais**. Eng. ambient. - Espírito Santo do Pinhal, v. 2, n. 1, p. 060-069, jan/dez 2005;
- MOURA, C. M.; MUSZINSKI, P.; SCHIMIDT, C.; ALMEIDA, J.; PINTO, L. A. A. **Quitina e Quitosana Produzidas a partir de Resíduos de Camarão e Siri: Avaliação do Processo em Escala Piloto**. Revista de Ciências Exatas e Engenharia Vetor. v. 16, n. 1. p. 37-45. Rio Grande. 2006;
- NEVES, Y. T.; SANTOS, L. L. dos.; GOMES, B. M. da. C. **Tratamento de água através da radiação solar em comunidades rurais do Carimataú Oriental Paraibano**. XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE. (2014). Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/xiisrhn/anais/papers/PAP018191.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016;
- OLIVEIRA, J. F. de.; ALVES, S. M. C.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, R. B. de. **Efeito da água residuária de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de pimenta Cambuci e quiabo**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2012;

OLIVEIRA, K. V. V.; FEICHAS, S. A. Q. **Subsídios a proposta de gerenciamento de resíduos sólidos em área rural: caso de Encruzilhada do Sul - RS**. In: IX ENGEMA – Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba, 2007;

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de.; CASTRO NETO, M. T. de. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. Cruz das Almas, BA, dez. 2005;

OLIVEIRA, A. U. de. **Barbárie e modernidade: o agronegócio e as transformações no campo**. Capítulo: Agricultura Brasileira: Tendências, Perspectivas e Correlação de Forças Sociais. 32p. Via Campesina, Brasília, 2003;

PARREIRA, G. F. **Coleta Seletiva Solidária: agregando valor pela integração da cadeia da reciclagem**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010;

PASQUALI, L. **Composição gravimétrica de resíduos sólidos recicláveis domiciliares no meio rural de Chopinzinho - PR**. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2012;

PATERNIANI, J. E. S.; ROSTON, D. M. **Tecnologias para tratamento e reuso da água no meio rural**. In: HAMADA, E. (Ed.) Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003;

PAZ, L. P. S. **Modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte**. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, USP, São Carlos, 2007.

PEDROSO, E. F. H. **Destinação e armazenagem de resíduos sólidos em propriedades rurais**. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010;

PEREIRA, J. S. **Tecnologias para fornecimento de água em pequenas localidades do semiárido baiano**. Projeto de Pesquisa 556179/2009-9 – CNPq. Edital MCT/CNPq/CT-Hidro no 21/2009 - Tecnologias Poupadoras de Água. Área de Conhecimento: Recursos Hídricos. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 2012;

PEREIRA, E.B. **Produção de composto orgânico**. Vitória: EMCAPA, 1985. 15p. (EMCAPA. Circular Técnica, 9).

PEREIRA L. A.; VIEIRA, P. F.; BRITO, L. T. de. L.; GAVA, C. A. T. **Avaliação de tratamento simplificado da água de cisterna: desinfecção solar (SODIS) para consumo humano**. 9º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. 2014. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107132/1/Lucio.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2016;

PINTO, N. O.; HERMES, L. C. **Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. Documentos 53. 47p. 2006;

PIO, M. C. da. S.; ANTONY, L. P.; SANTANA, G. P. **Wetlands Construídas (Terras Alagadas): Conceitos, Tipos e perspectivas para remoção de metais potencialmente tóxicos de água contaminada: UMA REVISÃO.** Scientia Amazonia, v. 2, n.1, 28-40, 2013;

PIZZI, A. **Tannins: major sources, properties and applications.** In: BELGACEM; GANDINI (Eds.). Monomers, polymers and composites from renewable resources. Elsevier: Amsterdam. p. 179-199. 2008;

PIZZOLATTI, B. S. **Influência da técnica de limpeza de filtros lentos dos grãos sobre a qualidade da água produzida, com destaque para remoção de carbamatos e oocisto de Cryptosporidium.** Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2014;

PORTAL BRASIL. **Governo anuncia obras de saneamento do PAC 2 em mais de 1.100 municípios brasileiros.** Notícia publicada em 20 de dez. de 2011, com última modificação 28 de jul. de 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/governo/2011/12/governo-anuncia-obras-de-saneamento-do-pac-2-em-mais-de-1.100-municipios-brasileiros> Acesso em: 01 mai. 2015;

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; PAULINO, R. V.; MATOS, A. N. B. **Sistema de produção usando o rejeito da dessalinização de água salobra no semiárido brasileiro.** Contribuição da Embrapa Semiárido para Mesa Redonda: Água Subterrânea e Desenvolvimento Agrícola. Revista Águas Subterrâneas. Suplemento - XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2004;

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Lenta.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa. 114p. 1999;

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa. 139p. 2001;

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa. 480p. 2003;

RANDO, A. S. **Sistema de Tratamento de Esgoto Domiciliar adaptado às comunidades geograficamente isoladas. Seleção de alternativa adequada às comunidades ribeirinhas do baixo Rio Madeira no Estado de Rondônia – Amazônia.** Monografia de Estágio Supervisionado (Curso de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de Piracicaba, Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba. Piracicaba, São Paulo, 2007;

RENK, J. J. **Diagnóstico da destinação dos resíduos recicláveis e perigosos em área rural de Ilha Solteira – SP.** Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, São Paulo, 2012;

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010;

RODRIGUES, E. B. **Tratamento de esgoto por zona de raízes: experiências vivenciadas numa escola rural no município de Campos Novos/SC.** Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012;

- SÁ, M. C. de. **Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP, 2011;
- SABEI, T. R.; BASSETTI, F. J. **Alternativas Ecoeficientes para Tratamento de Efluentes em Comunidades Rurais.** Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista; v.9; n.11; 2013;
- SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de sistemas de wetlands construídos.** Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2006;
- SANDEC - Water & Sanitation in Developing Countries. **Desinfecção solar por água – Guia de Aplicação do SODIS.** EAWAG (Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology). Dübendorf. Suíça. 2002;
- SCHIRMER, W. N.; MACHADO, G. de. O.; STUMPF, G.; LEMES, J. L. V. B.; AGASSI, J. D.; VAN KAICK, T. S. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural – Parte 2: avaliação.** Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 7, n. 2, p. 165-173, abr./jun. 2009;
- SENA, I. M. N.; SILVA, S. C. **Qualidade microbiológica do solo utilizado como meio suporte de Sistemas Wetlands Construídos para tratamento de esgotos domésticos e cultivo simultâneo de feijão.** In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal-RN. Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014;
- SILVA, E. C. F. **Produção de composto orgânico.** 2008. 30 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho, Muzambinho, 2008;
- SILVA, S. C. **"Wetlands construídos" de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos.** 231 f. 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, Brasília, 2007;
- SILVA, H. K. P. da.; SILVA, V. N. L.; SILVA, M. M. da. **Projeto de recuperação e manutenção de dessalinizadores de água subterrânea no semiárido do Estado do Pernambuco.** Revista Águas Subterrâneas. Suplemento - XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2014;
- SILVA NETO, M. D.; SANTOS, D. B.; MEDEIROS, S. de. S.; AZEVEDO, C. A. V. de.; LINS JUNIOR, G. G.; ALMEIDA, W. C. de. **Percepção, manejo e uso da água das cisternas em comunidade do semiárido.** Revista Educação Agrícola Superior Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.28, n.1, p.56-62, 2013;
- SPINELLI, V. A. **Quitosana: Polieletrólito Natural para o Tratamento de Água Potável.** Tese (Mestrado em Engenharia Química). Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Santa Catarina, Florianópolis, 2001;
- SOUZA, J. F.; LIMA, G. M. A. **Uso do quiabo como auxiliar de floculação.** In: AIDIS. Consolidación para el desarrollo. México, D.F, AIDIS. p.1-9 [t.4], Ilus. 1996. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexico/02129p04.pdf>> Acesso em: 05 dez. 2015;

SOUSA, J. T. de.; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F.; FIGUEIREDO, A. M. F. de. **Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino.** *Eng. Sanit. Ambient.* vol.10, n.3, pp. 260-265. 2005;

TANAC. (SD). **Tratamento de Águas.** Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/aguas>>. Acesso em: 26 jan. 2016;

TANAC. (2015). **TANFLOC ajuda no tratamento da potabilidade da água nas regiões da Bacia do Rio Doce.** Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/noticia/tanfloc-ajuda-no-tratamento-da-potabilidade-da-%C3%A1gua-nas-regi%C3%B5es-da-bacia-do-rio-doce>>. Acesso em: 26 jan. 2016;

TARRENTO G. E.; MARTINEZ, J. C. **Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa.** XIII SIMPEP - Bauru, São Paulo. Nov. 2006;

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues.** McGraw-Hill International Editions, California/Singapore, 1993;

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JÚNIOR, J. **Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Caroço de Açaí.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 29);

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, S. S. **Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, p. 87-96, 2014;

TIGRE (2010). **Catálogo Técnico Predial: Água Fria.** Disponível em: <[http://www.tigre.com.br/\\_upload/catalogo\\_tecnico/20141201174843.pdf](http://www.tigre.com.br/_upload/catalogo_tecnico/20141201174843.pdf)> Acesso em: 08 dez. 2016;

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis.** São Paulo: Navegar, 2003.

TRUGILLHO, P. F.; CAIXETA, R. P.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro.** *Revista CERNE*, V. 3, n. 1, p. 01-013, 1997;

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** 1 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 2002;

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para o saneamento básico no litoral do Paraná.** 2002. 128f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002;

VAZ, L. G. de L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia.** 83 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas. Toledo, PR, 2009;

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos** (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005;

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

XAVIER, R.P. SIQUEIRA, L. P. ; VITAL, F. A. C. ; ROCHA, F. J. S. ; IRMÃO, J. I. ; CALAZANS, M. T. **Qualidade microbiológica da água potável no interior, região de Pajeú, Pernambuco, nordeste do Brasil**. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, São Paulo, v. 53, n. 3, jun. 2011;

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Construção Civil. Notas de aula – Coberturas**. UEPG. 2002. Disponível em: <<http://www.uepg.br/denge/civil/>>. Acesso em: 12, jan. 2016.





## **APÊNDICE – PARTE GRÁFICA DO PROJETO**

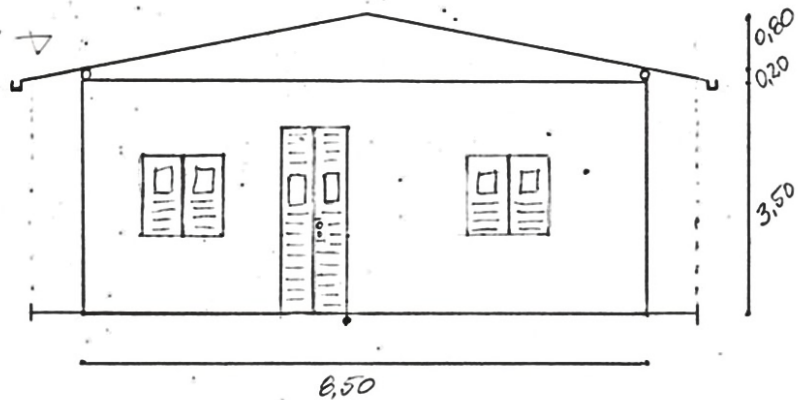


Figura 1a

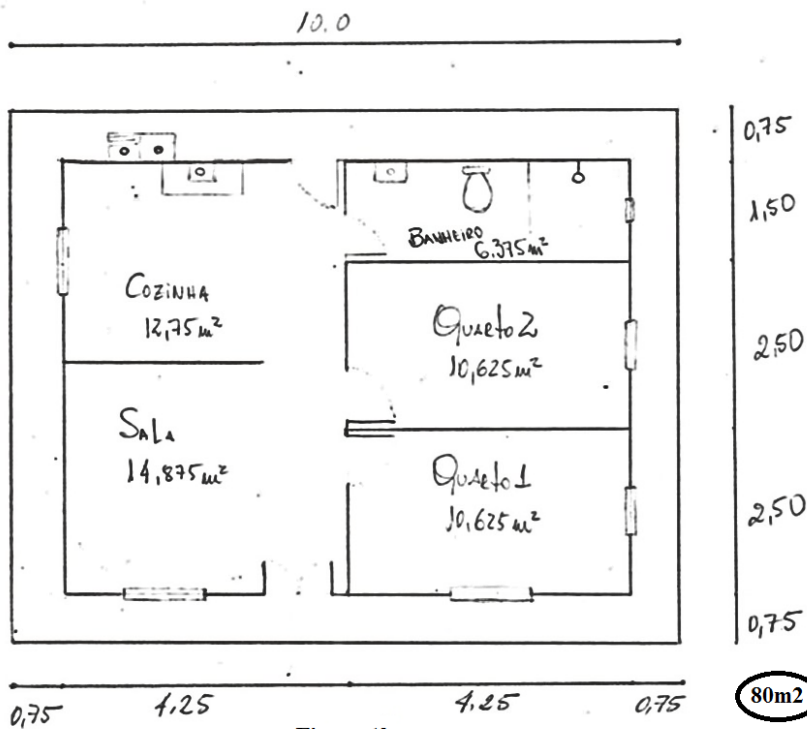


Figura 1b

PROVA - PLANTA BAIXA e FACHADA PRINCIPAL (FRONTAL)

DISCENTE: STEYLA M FEITOSA LISBÔA

ORIENTADORA: SELMA CRISTINA DA SILVA

DATA: 25.02.2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

UNIDADE: METRO

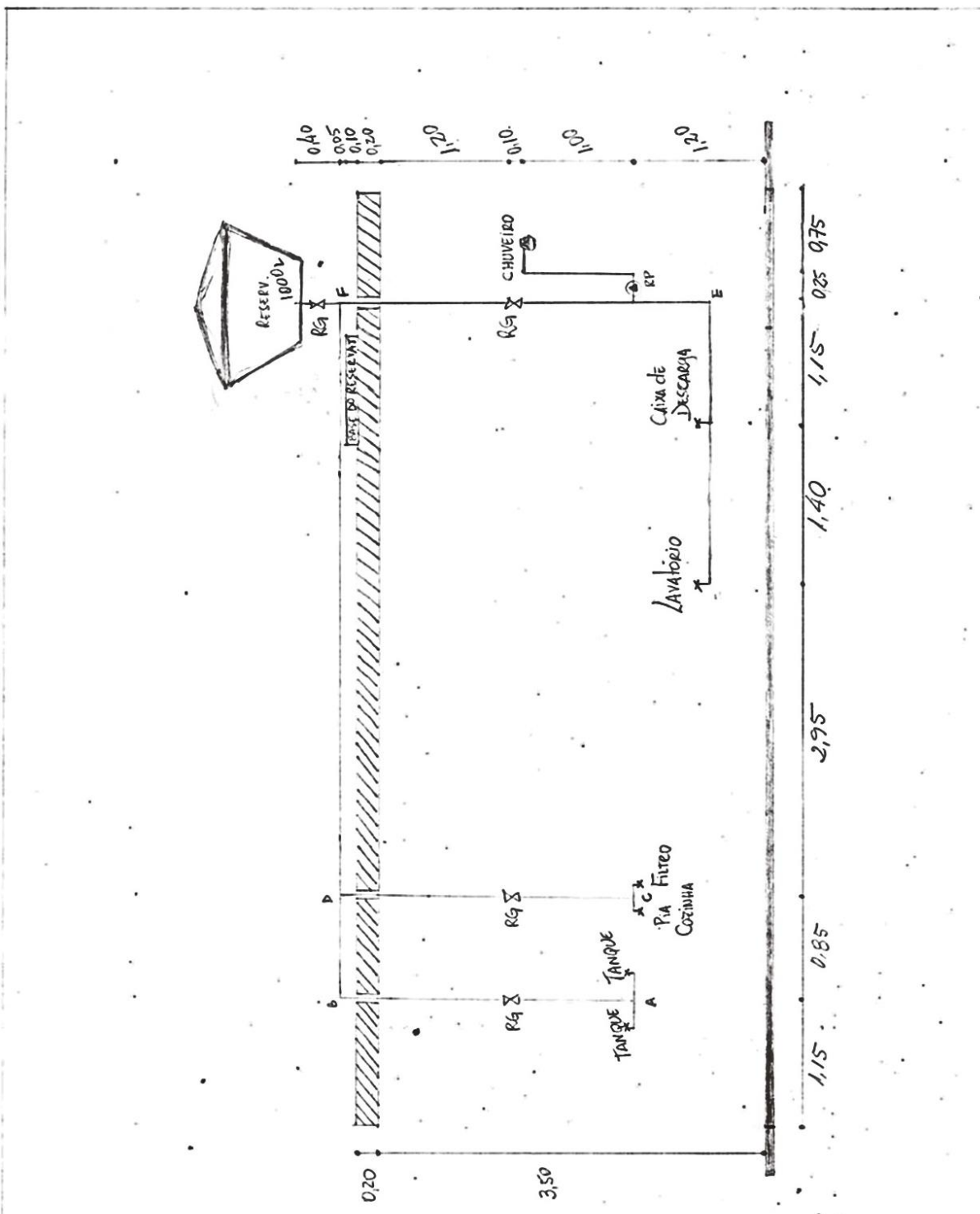


Figura 2

Croqui - Traçado Instalações Prediais de Água Fria	
Discente: Sheyla M. Feitosa Lisboa	
Orientadora: Selma Cristina da Silva	Data: 25.02.2016
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	Unidade: Metro

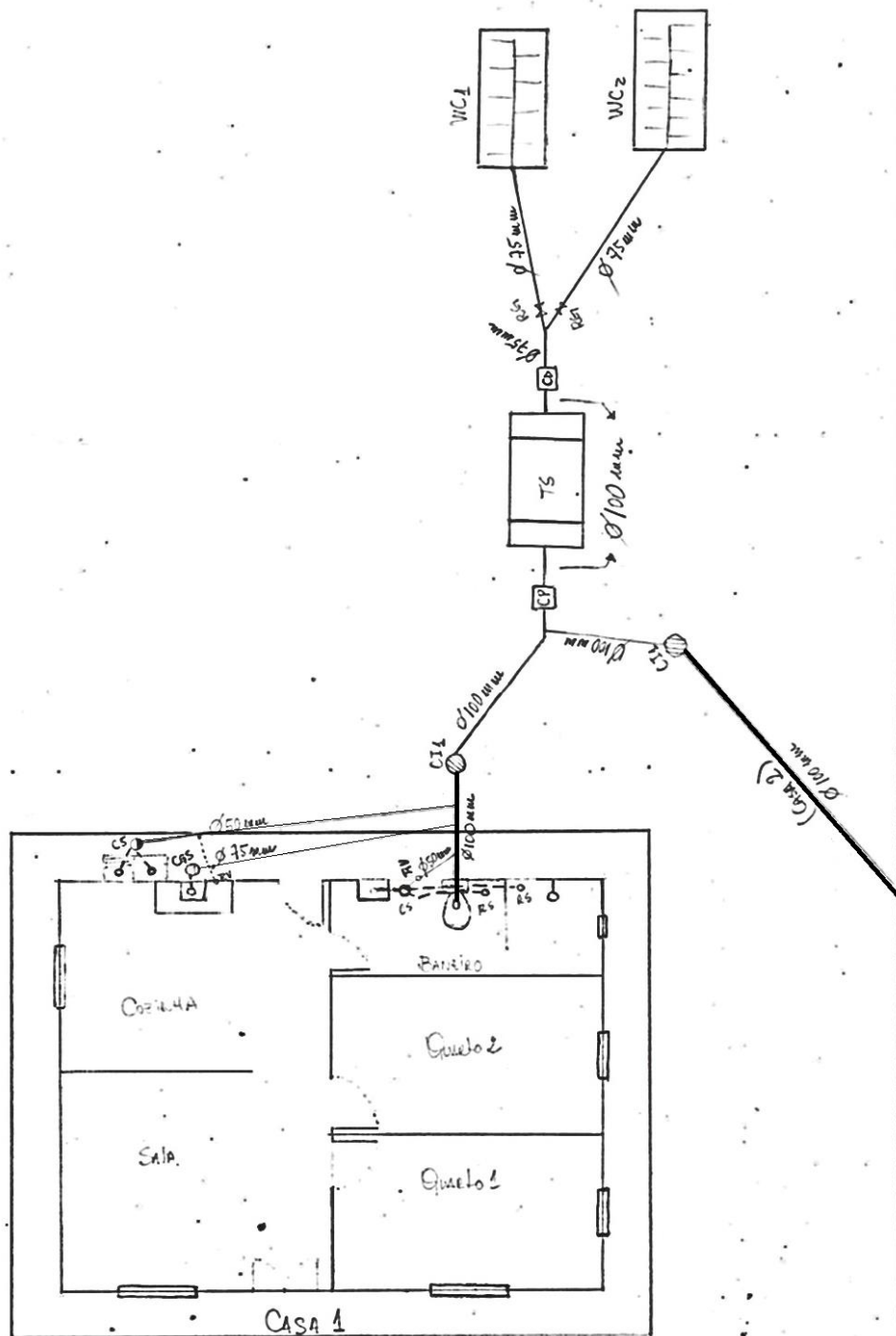


Figura 3

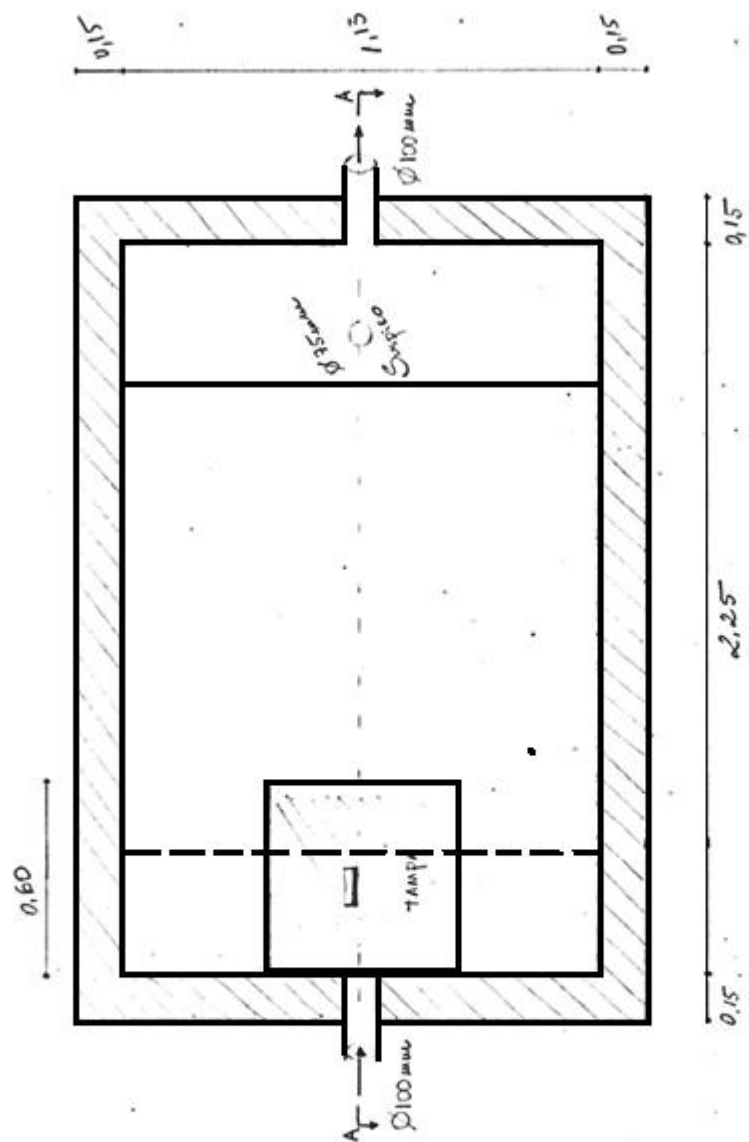
Projeto - Traçado Instalações Sanitárias Prediais, Tanque Séptico e Wellands Construídos

Discente: Steyla M Feitosa Lisboa

Orientadora: Selma Cristina da Silva

Data: 25.02.2016

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia



**Figura 4**

Projeto - Vista Superior: Tanque Sético de Câmara Única

Discente: Sueli N. Feitosa Lisboa

Orientador: Selma Cristina da Silva

Data: 25.02.2016

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Unidade: Niterói



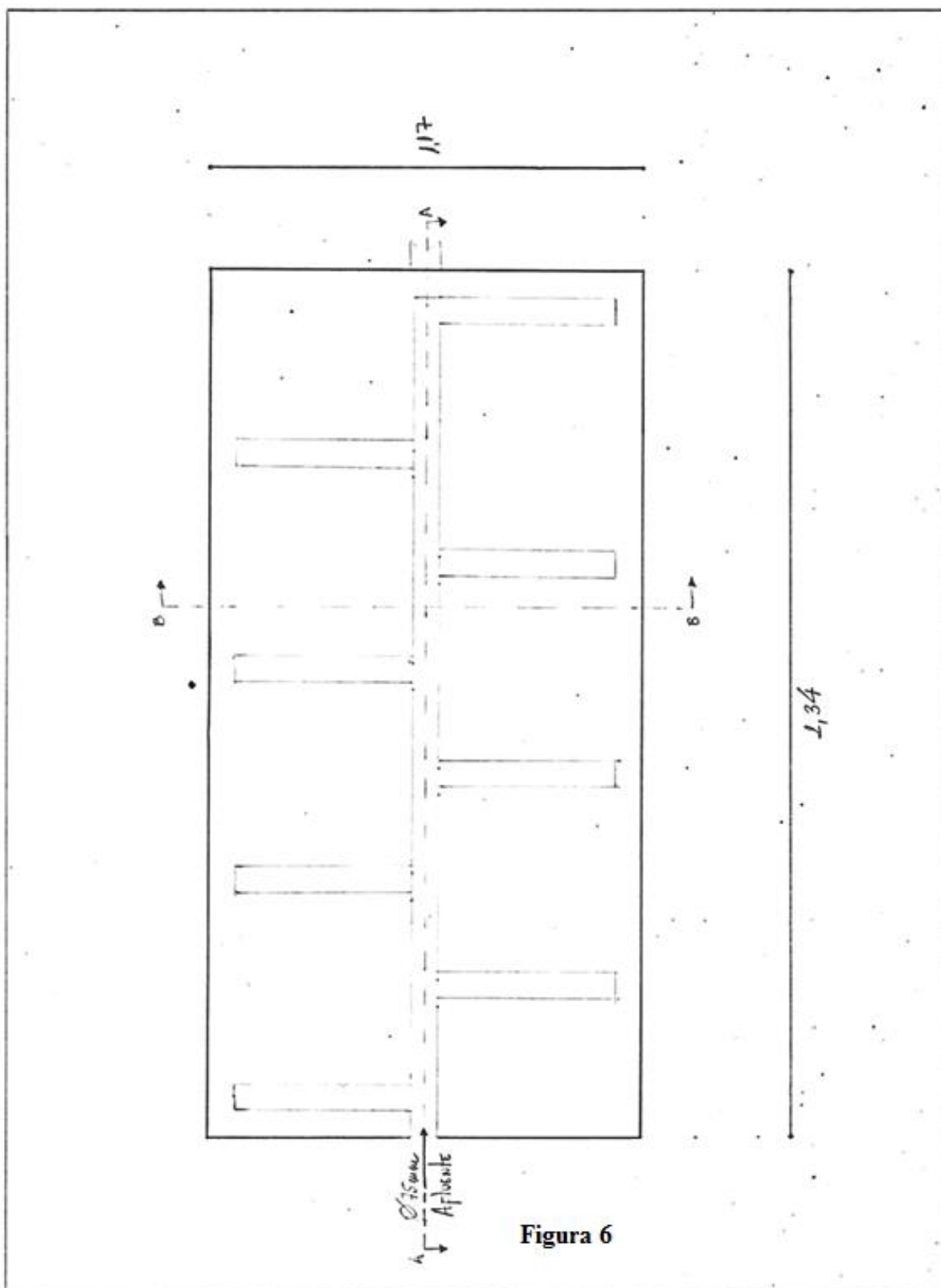


Figura 6

CROQUI - VISTA SUPERIOR: Wetland Construído	
DOCENTE: SHEYLA H. FEITOSA LISBOA	
ORIENTADORA: SELMA CRISTINA DA SILVA	DATA: 25.02.2016
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA	UNIDADE: Metro



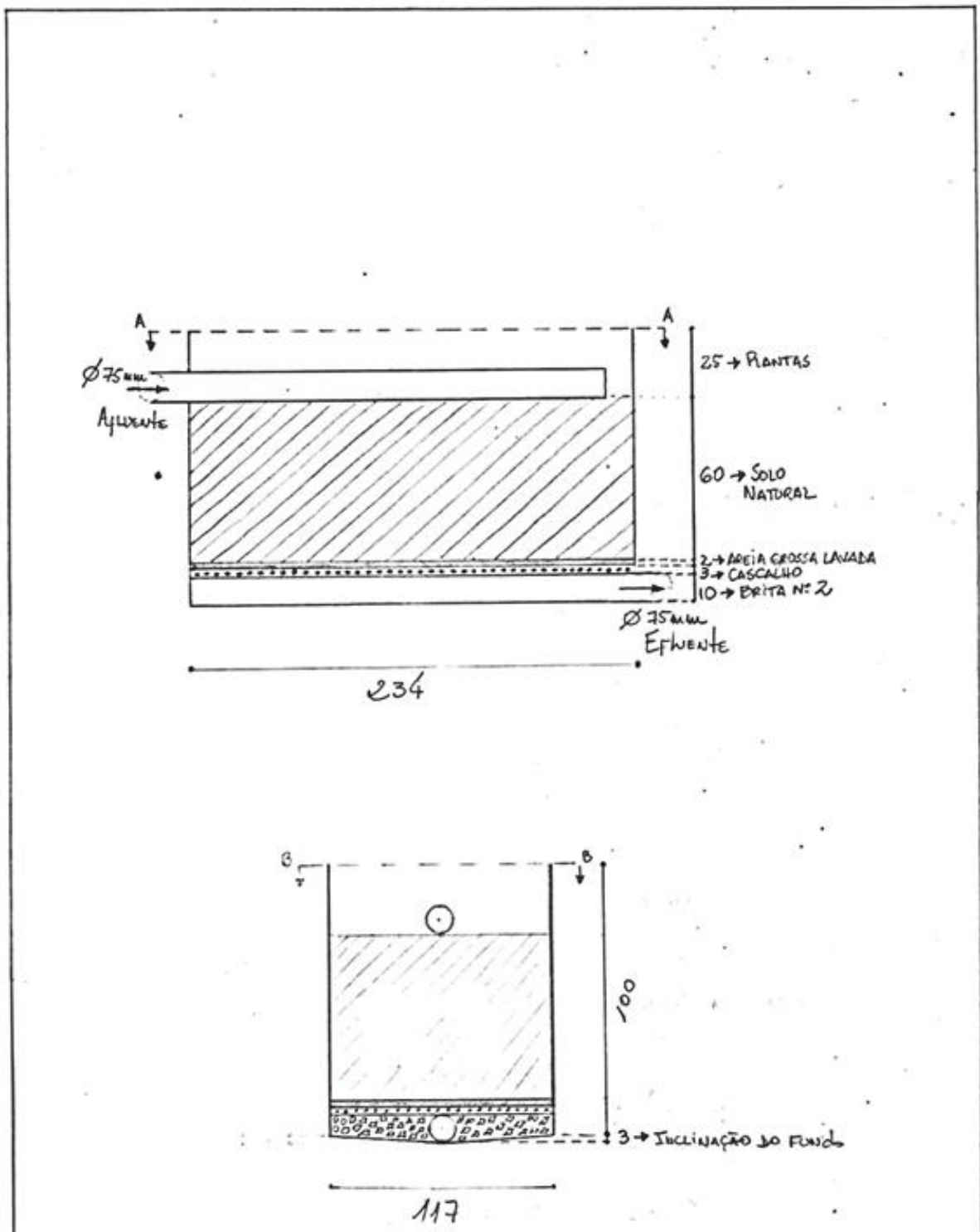


Figura 7

Croqui - Cortes: Longitudinal "AA" e Transversal "BB": Wetland Construído	
Discente: SHEYLA M. FEITOSA LISBÔA	
Orientadora: SELMA CRISTINA DA SILVA	Data: 05.02.2016
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia	Unidade: Centímetros

## ANEXO I – INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

Referências para o dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria para o projeto do domicílio rural, segundo a NBR 5626/1998 (ABNT, 1998), Botelho et al. (1998) e o Tigre (2010).

**Tabela 1 – Pesos relativos aos pontos de utilização em função dos aparelhos**

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: NBR 5626/1998.

**Figura 1 – Ábaco Luneta**

0	1,1	3,5	18	44	100	SOMA DOS PESOS
20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm		Ø SOLDÁVEL (mm)
1/2"	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"		Ø ROSCÁVEL (pol.)

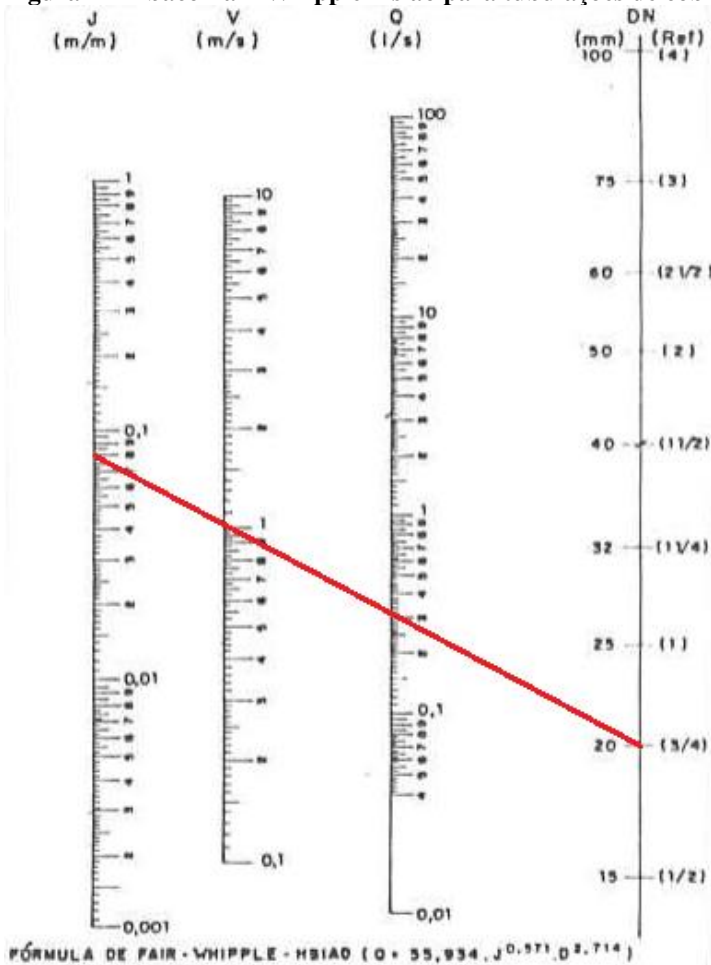
Fonte: Tigre (2010).

**Tabela 2 – Diâmetros mínimos dos sub-ramais**

Peças de utilização	Diâmetro	
	DN (mm)	ref (")
Aquecedor de alta pressão	20	1/2
Aquecedor de baixa pressão	25	3/4
Banheira	20	1/2
Bebedouro	20	1/2
Bidê	20	1/2
Caixa de descarga	20	1/2
Chuveiro	20	1/2
Filtro de pressão	20	1/2
Lavatório	20	1/2
Máquina de lavar pratos ou roupas	25	3/4
Mictório auto-aspirante	32	1
Mictório não aspirante	20	1/2
Pia de cozinha	20	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupas	25	3/4
Válvula de descarga	40 (A)	1 1/4









Fonte: Botelho e Ribeiro Junior (1998).









Figura 2 – Ábaco Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico



Fonte: Google imagens, 2016.

Tabela 3 – Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	TE 90° passag. direta	TE 90° saída de lado	TE 90° saída bilat.	Entrada normal
DN	(ref)								
mm	(")								
20	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
25	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
32	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
40	(1.1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6
50	(1.1/2)	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
60	(2)	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
75	(2.1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
85	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
110	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2

Diâmetro nominal		Entrada de borda	Saída de canalização	Válvula de pé e crivo	Vál. Retenção		Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
DN	(ref)								
mm	(")								
20	(1/2)	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	(3/4)	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	(1)	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	(1.1/4)	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	(1.1/2)	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	(2)	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	(2.1/2)	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	(3)	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	(4)	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: Botelho e Ribeiro Junior (1998).

## ANEXO II – INSTALAÇÕES DE ESGOTO

Referências para o dimensionamento dos sistemas prediais de esgoto sanitário para o projeto do domicílio rural, segundo a NBR 8160/1999 (ABNT, 1999).

**Tabela 1 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador**

Diâmetro nominal do ramal de descarga <i>DN</i>	Distância máxima m
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fonte: NBR 8160/1999.

**Tabela 3 – Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga**

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 <sup>1)</sup>
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 <sup>2)</sup>	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 <sup>3)</sup>
Máquina de lavar roupas		3	50 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

<sup>2)</sup> Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

<sup>3)</sup> Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: NBR 8160/1999.

**Tabela 4 – Unidades de Hunter de Contribuição para aparelhos não relacionados na Tabela 3**

Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>	Número de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	2
50	3
75	5
100	6

Fonte: NBR 8160/1999

**Tabela 5 – Dimensionamento dos Ramais de Esgoto**

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: NBR 8160/1999

**Tabela 8 – Dimensionamento de Ramais de Ventilação**

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: NBR 8160/1999

## ANEXO III – TRATAMENTO DE EFLUENTES E DISPOSIÇÃO FINAL

Referências para os projetos, construções e operações de sistemas de tanques sépticos NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) e das unidades complementares e disposição final dos efluentes líquidos NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), utilizadas no dimensionamento das estruturas para o domicílio rural.

**Tabela 1 – Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante**

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

Fonte: NBR 7229/1993

**Tabela 2 – Tempo de detenção dos despejos ( $T_{det}$ ) por faixa de contribuição diária de esgoto (C)**

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

Fonte: NBR 7229/1993, adaptado pelo Autor.

**Tabela 3 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio da localidade**

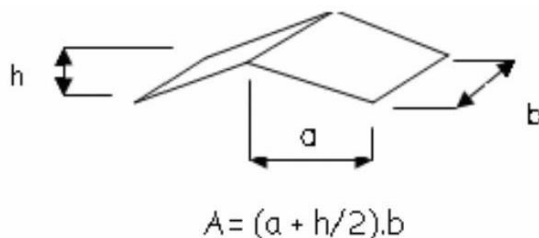
Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 7229/1993



## ANEXO IV – INSTAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS

Referência para o dimensionamento das estruturas do sistema de captação de águas pluviais, NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), Tomaz (2003) e Creder utilizada no domicílio rural.



**Figura 1 – Área de captação para superfície inclinada**

Fonte: NBR 10844/1989

**Tabela 1 - Coeficientes de rugosidade**

Material	$n$
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844/1989

**Tabela 2 – Dimensão da calha em função do comprimento do telhado**

Comprimento do telhado (m)	Largura da calha (m)
Até 5	0,15
5 a 10	0,20
10 a 15	0,30
15 a 20	0,40
20 a 25	0,50
25 a 30	0,60

Fonte: TOMAZ (2003)

**Tabela 3 – Vazões (L/min) em calhas retangulares e lâmina da água a meia altura**

Dimensão (m)		Declividade		
a	b	0,5%	1%	2%
0,2	0,1	336	475	671
0,3	0,2	1501	2122	3001
0,4	0,3	3785	5353	7571
0,5	0,4	7538	10660	15075
0,6	0,5	12946	18309	25892
0,7	0,6	20283	28684	40566
0,8	0,7	29775	42109	59551
0,9	0,8	41641	58889	83281
1,0	0,9	56243	79540	112487

Fonte: CREDER (2003)

Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844/1989

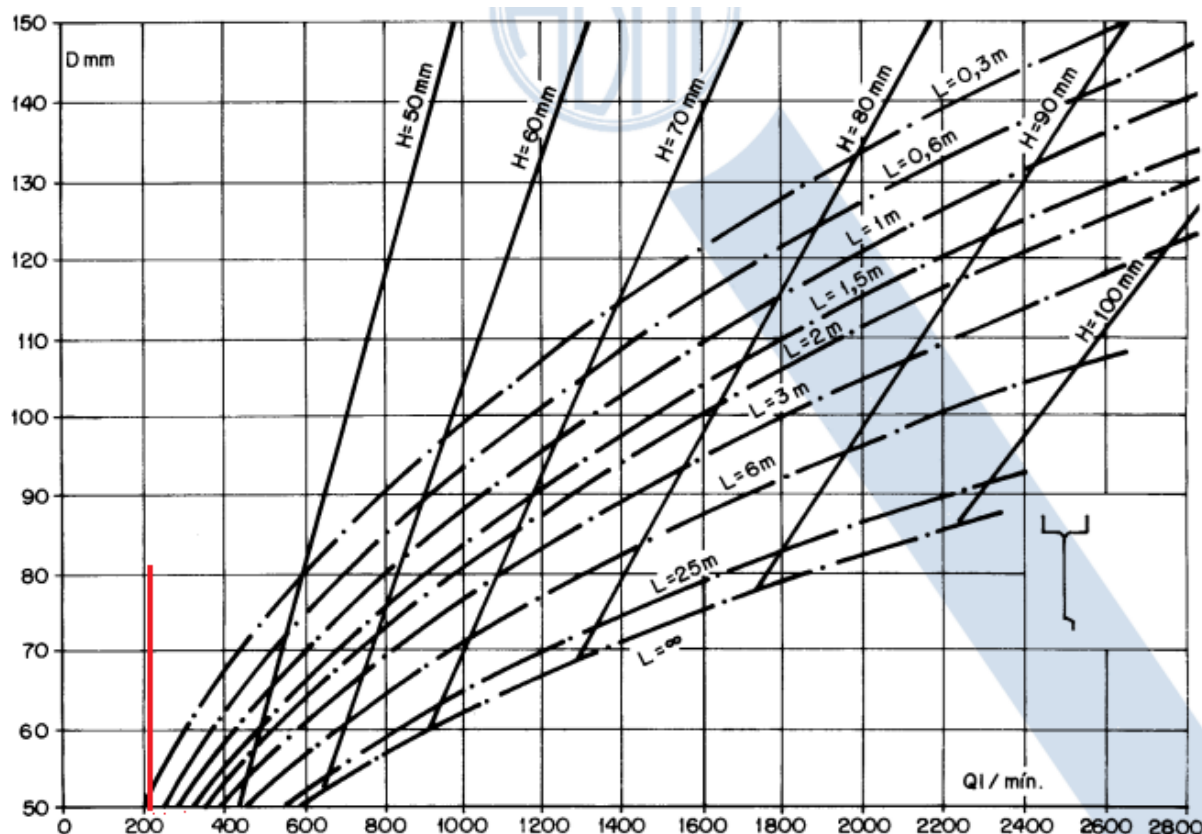


Figura 2 – Ábaco para determinação dos condutores verticais com funil de saída

Fonte: NBR 10844/1989