

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI  
ENZIO HENRIQUE AMARAL LOPES  
GUILHERME JAQUES SERAFIM

**TRATAMENTO DE RESÍDUOS NO MEIO RURAL:  
ALTERNATIVAS E MÉTODOS**

TEÓFILO OTONI - MG

2016

ENZIO HENRIQUE AMARAL LOPES  
GUILHERME JAQUES SERAFIM

**TRATAMENTO DE RESÍDUOS NO MEIO RURAL:  
ALTERNATIVAS E MÉTODOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Área de concentração: Saneamento Básico. Orientador: Prof. Victor Luiz Batista Aguiar.

TEÓFILO OTONI  
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI - MG  
2016



**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: TRATAMENTO DE RESÍDUOS NO MEIO RURAL: ALTERNATIVAS E MÉTODOS. Elaborado pelos alunos: ENZIO HENRIQUE AMARAL LOPES e GUILHERME JAQUES SERAFIM foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de:

**BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

Teófilo Otoni – MG, 02 de Julho de 2016.

---

Prof. Orientador

---

Prof. Examinador 1

---

Prof. Examinador 2

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro

CEDAG - Empresa de Águas do Estado da Guanabara

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais

ESAG - Empresa de Saneamento da Guanabara

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NASA - Agência Espacial Norte Americana

OMS - Organização Mundial da Saúde

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SANERJ - Companhia de Saneamento do Estado do Rio de Janeiro

SCIELO - Scientific Electronic Library Online

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

## LISTA DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| GRÁFICO 01 - Situação do atendimento em abastecimento de água no País, 2010..... | 24 |
| GRÁFICO 02 - Formas de destinação dos esgotos sanitários no Brasil, 2010.....    | 25 |
| GRÁFICO 03 - Abastecimento de Água nos Domicílios Rurais do Brasil.....          | 27 |
| GRÁFICO 04 - Esgotamento sanitário nos Domicílios Rurais.....                    | 28 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - Atendimento e déficit por componente do saneamento básico no Brasil.....  | 23 |
| TABELA 2 - Existência e déficit de instalações hidrossanitárias nos domicílios do Brasil.....                              | 26 |
| TABELA 3 - Esgotamento Sanitário nos Domicílios Rurais.....  | 28 |
| TABELA 4 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.....                   | 32 |
| TABELA 5 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....   | 33 |
| TABELA 6 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio..... | 33 |

## RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre as principais técnicas de tratamento de esgoto doméstico no meio rural, apresentando os métodos utilizados, suas características e aplicações. Para elaboração do trabalho foram utilizadas as bases de dados virtuais como SCIELO, CAPES e também bases de dados virtuais dos órgãos de saneamento e governamentais como COPASA, SABESP, FUNASA, ANA e IBGE respectivamente. A zona rural é marcada pela ausência de estruturas de tratamento convencionais. Geralmente nessas áreas as destinações do esgoto são feitas em fossas negras ou mesmo canalizado para cursos hídricos. Em áreas rurais praticamente não há saneamento básico como coleta de lixo e rede de esgotos, assim o problema se torna mais grave. Outra importante razão para se tratar o esgoto é a preservação do meio ambiente. A utilização das técnicas apresentadas no tratamento de esgoto representam tecnologias emergentes que estão se revelando como alternativas eficientes e de baixo custo, se comparado aos sistemas convencionais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e amenizando o problema da falta de saneamento básico em área rural. Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível observar a necessidade do incentivo de pesquisas para o avanço de tecnologias alternativas e de trabalhos de educação ambiental, que levam informações e orientações para localidades do meio rural.

**Palavras-chave:** Meio Rural. Saneamento Básico. Técnicas. Saúde.

## **ABSTRACT**

This work is a study of the main sewage treatment techniques in rural areas, with the methods used, their characteristics and applications. For preparation of this work were used virtual databases as SCIELO, CAPES and also virtual databases of sanitation agencies and governmental and COPASA, SABESP, FUNASA, ANA and IBGE respectively. Generally these areas the sewer allocations are made in black or even gone into water courses tanks. In rural areas there is virtually no basic sanitation such as garbage collection and sewage system, so the problem becomes more serious. Another important reason to treat the sewage is the preservation of the environment. The use of the techniques presented in the sewage treatment represent emerging technologies that are proving to be as efficient and cost-effective alternative compared to conventional systems, contributing to improve the population's quality of life and alleviating the lack of basic sanitation rural area. During the development of the project, we observed the need for research incentive for the advancement of alternative technologies and environmental education work that takes information and directions to locations in the rural areas.

**Keywords:** Countryside. Basic. Sanitation. Techniques. Cheers.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 15 |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....  | 17 |
| <b>2.1 Objetivo Geral</b> .....   | 17 |
| <b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....                                    | 17 |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....  | 19 |
| <b>3.1 Abordagem Histórica</b> .....                                      | 19 |
| <b>3.2 Saneamento e Saúde</b> .....                                       | 20 |
| <b>3.3 Órgãos de Saneamento</b> .....                                     | 21 |
| <b>3.4 Dados de Saneamento Básico no Brasil</b> .....                     | 23 |
| <b>3.5 Saneamento Básico no Meio Rural</b> .....                          | 26 |
| <b>3.6 Alternativas para Saneamento no Meio Rural</b> .....               | 29 |
| 3.6.1 Fossa séptica biodigestor .....                                     | 29 |
| 3.6.2 Banheiro Seco .....   | 34 |
| 3.6.3 Tratamento de esgoto por biorremediação com espécies vegetais ..... | 36 |
| <b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS</b> .....                     | 39 |
| <b>4.1 Classificação da Pesquisa</b> .....                                | 39 |
| <b>4.2 Procedimento de coleta das fontes literárias</b> .....             | 39 |
| <b>4.3 Formas de análise e interpretação das informações</b> .....        | 40 |
| <b>5 DISCUSSÃO</b> .....  | 41 |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....                                       | 43 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 44 |

## 1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente é essencial para a sobrevivência da humanidade. As atitudes do homem refletem diretamente no meio ambiente e por muitos anos os recursos naturais foram vistos como infinitos havendo assim uma exploração superabundante por parte do homem. Com o passar do tempo viu-se a necessidade de busca por alternativas que resgate os recursos naturais.

A zona rural é caracterizada pela presença de ambientes naturais como cursos d'água e vegetação, normalmente não existem muitas construções e poucas concentrações populacionais. A área rural é um local destinado à pecuária, silvicultura, extrativismo, conservação ambiental e agricultura. Geralmente nessas áreas as destinações dos resíduos são feitas em fossas negras ou mesmo canalizado para cursos hídricos. Essa destinação pode trazer inúmeras consequências, como desaparecimento da fauna local e ameaça à saúde pública.

No que se diz respeito ao tratamento de resíduos em ambiente rural, no Brasil não há uma conduta que busca melhorias constantes, por parte dos responsáveis. Uma possível solução para esse problema é a utilização de técnicas naturais e de baixo custo. Considerando a problemática que envolve o saneamento básico nessas áreas, e sua ligação com a saúde humana, este trabalho, portanto se justifica pela necessidade do tratamento de esgoto doméstico em zonas rurais, de forma alternativa e vantajosa, dada a importância do saneamento básico na contribuição da preservação do meio ambiente e na melhoria da saúde pública.

O presente estudo tem por objetivo demonstrar as principais técnicas de tratamento de esgoto doméstico no meio rural, apresentando os métodos utilizados, suas características e aplicações.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Considerando a problemática que envolve o saneamento básico na zona rural, e sua ligação com a saúde humana, o presente trabalho tem por objetivo demonstrar as principais técnicas de tratamento de esgoto doméstico no meio rural, apresentando os métodos utilizados, suas características e aplicações.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Propor alternativas para minimização da poluição dos elementos naturais;
- Apresentar as vantagens e desvantagens das alternativas de tratamento de resíduos no meio rural;
- Divulgar as alternativas como tecnologias viáveis no saneamento rural;
- Aliar o conhecimento científico à formação de uma visão abrangente da problemática.



## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 Abordagem Histórica

Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2014), Saneamento ambiental é entendido como o conjunto de ações socioeconômicas que têm a finalidade de alcançar salubridade ambiental, por meio de coleta e disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, abastecimento de água potável, drenagem urbana, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, ou seja, saneamento tem o objetivo de proteger e melhorar as condições da vida urbana e rural, na relação saneamento-saúde-ambiente. A palavra “sanear” vem do latim sanu, que significa saudável, higienizar e limpar.

Na idade antiga (até o século V d.C), o ser humano desenvolveu algumas técnicas, como construção de diques, canalizações subterrâneas, superficiais e irrigação. Na Grécia antiga, já tinham o hábito de afastar as fezes para um lugar distante das residências ou enterrá-las. A primeira galeria de esgotos da história foi construída em Nippur, na Babilônia. No Vale dos Hindus foi utilizado o primeiro sistema de águas e drenagem em 3200 a.C. Em 2500 a.C, os Egípcios e Chineses já utilizavam métodos de perfuração para obter água do subsolo e em 1500 a.C os Egípcios iniciaram o processo de decantação para filtração da água. Na Assíria, em 691 a.C foi criado o primeiro sistema de abastecimento de água. A primeira civilização a cuidar do saneamento foi o Império Romano, desenvolvendo seu sistema de abastecimento de água e criando banheiros públicos, chafarizes e reservatórios (AMADEO, 2015).

No Brasil, o abastecimento de água era feito através de coleta em bicas e fontes. Na época de D. João, por exemplo, as instalações sanitárias das casas eram localizadas nos fundos e os despejos recolhidos em barris especiais. Após alguns dias de uso, provocando mau cheiro e infectados, eram transportados pelos escravos e despejados na Praça da República ou na beira-mar. No período Joanino no Rio de Janeiro, instalou-se uma rede de coleta para escoamento das águas oriundas das chuvas, porém tal rede atendia apenas às áreas onde residia a aristocracia (SABESP, 2008).

Em meados do século XIX começam a surgir uma gestão de organização dos serviços de saneamento básico, as províncias entregam as concessões a companhias inglesas. No início do século XX em função decorrente da insatisfação generalizada da população em relação a

má qualidade dos serviços prestados pelas empresas estrangeiras, foi criado um plano para levar toda água suja por meio de canos até onde poderia ser tratada. Em 1912 os sistemas de esgotos sanitários passaram a ser obrigatoriamente projetados e construídos generalizando o emprego de tubos de concreto. Após a década de 70 são criadas as empresas de economia mista, essas empresas eram reembolsadas através de tarifas, assim era exigida maior autonomia de tais (SABESP, 2008).

De acordo com Pereira Jr (2008) a partir de meados da década de 1990 começaram a atuar, no Brasil, concessionários privados de serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Em 2000 foi dado um passo importante no sentido de consolidar o papel da regulamentação do setor, a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), que é responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, que disciplina o uso desses recursos no Brasil. Entretanto, até 2006, apenas 15% do esgoto sanitário gerado nas regiões urbanas dos municípios do Brasil era tratado (SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, 2007).

Segundo Galvão *et al* (2009), a criação do Ministério das Cidades em 2003 representou um avanço institucional, uma vez que, criou uma integração entre as políticas de desenvolvimento urbano, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), mas mesmo após sua criação as políticas ainda permanecem desarticuladas. Diante deste quadro, Sato (2011) salienta que nas últimas décadas, empresas públicas e as empresas privadas buscaram potencializar as receitas e reduzir os custos dos processos produtivos, desta forma, a utilização de indicadores para avaliar o desempenho das organizações tornou-se algo fundamental.

### **3.2 Saneamento e Saúde**

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define saúde como o estado de completo bem estar social, físico e mental, e não apenas a ausência de doença. Essas definições, e outras formuladas visando a conceituar o saneamento, deixam claro que saneamento constitui um conjunto de ações sobre o meio ambiente físico, logo, de controle ambiental, cujo propósito é proteger a saúde do homem (LOPES *et al*, 2014).

A salubridade ambiental é definida como o estado de hígidez (estado de saúde normal) em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir,

prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas (que diz respeito ao clima e/ou ambiente) favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar (GUIMARÃES *et al*, 2007).

Atualmente os sistemas de tratamento de esgoto estão cada vez mais voltados para técnicas que tenham maior qualidade, simplicidade na construção e menor custo de implantação. A coleta, tratamento e disposição ambientalmente correta do esgoto são elementos fundamentais para melhoria da saúde de um município, estado e país (PASSETO, 2006).

Nas últimas décadas a qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas, isto acontece pela diversidade dos usos múltiplos da água pelo homem, provocando a degradação ambiental e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade. As atividades do homem geram poluentes característicos que provocam alteração no corpo receptor, e esta poluição pode ter origem física, química ou biológica (PEREIRA, 2011).

O saneamento básico, portanto, é fundamental para a prevenção de doenças, sendo que a preocupação precisa ser do tamanho do problema, desde problemas mais comuns como diarreia e doenças dermatológicas, ao agravamento de epidemias, pois o descaso com o tratamento de esgoto aumenta as condições de proliferação de insetos vetores.

### **3.3 Órgãos de Saneamento**

Os prestadores de serviços podem ser públicos ou privados. Muitos municípios terceirizam atividades específicas dos serviços por meio da contratação de empresas privadas e também existem as gestões associadas ou consórcios públicos, criados por alguns municípios. Outros encarregam os serviços de esgoto e água às companhias estaduais, e tem as que prestam os serviços diretamente por meio de empresas e departamentos de secretarias municipais (BRASIL, 2010).

A FUNASA é a instituição que detém a mais antiga e contínua experiência em ações de saneamento no país na área de Engenharia de Saúde Pública, e atua com base em indicadores epidemiológicos, sanitários, ambientais e sociais. É uma das instituições do Governo Federal responsável em promover a inclusão social por meio de ações de

saneamento para prevenção e controle de doenças. É também a instituição responsável por formular e implementar ações de promoção e proteção à saúde relacionadas com as ações estabelecidas pelo Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (FUNASA, 2011).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem como função promover a adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, o uso sustentável dos recursos naturais, a proteção e a recuperação do meio ambiente, a valorização dos serviços ambientais e a inserção do desenvolvimento sustentável na formulação e na implementação de políticas públicas, em todos os níveis e instâncias de governo e sociedade (BRASIL, 2010).

A ANA é responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros e tem como missão regulamentar o uso das águas dos rios e lagos de domínio da União e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, garantindo o seu uso sustentável, evitando a poluição e o desperdício (ANA, 2015).

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) é a empresa responsável pela prestação de serviços de saneamento no estado mineiro, onde atende 605 municípios, isso envolve desde a captação, construção das redes, tratamento, até a distribuição. A Copasa também cuida do esgotamento sanitário, ela coleta o esgoto que vem das indústrias e casas, transporta, trata e devolve aos rios (COPASA, 2012).

A empresa responsável pela coleta e tratamento de esgotos e fornecimento de água em 364 municípios do Estado de São Paulo é a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que em relação ao número de pessoas atendidas é considerada uma das maiores do mundo. A empresa possui 524 estações de tratamento de esgotos e 235 estações de tratamento de água (SABESP, 2010).

No estado do Rio de Janeiro a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), é a empresa que coleta, transporta, trata e realiza a destinação final dos esgotos gerados nos municípios conveniados do estado do Rio de Janeiro, além de fazer a captação, adução, tratamento e distribuição das redes de água. A CEDAE é oriunda da fusão da Empresa de Águas do Estado da Guanabara (CEDAG), da Empresa de Saneamento da Guanabara (ESAG) e da Companhia de Saneamento do Estado do Rio de Janeiro (SANERJ) (CEDAE, 2008).

### 3.4 Dados de Saneamento Básico no Brasil

De acordo com Lohmann (2011) a falta de saneamento traz riscos à saúde da população e ao meio ambiente contribuindo para a proliferação de doenças, contaminando a água, o ar e o solo. O acesso água tratada é uma forma de prevenção a essas doenças, porém o lançamento de esgoto em locais inadequados aumenta o custo no tratamento da água e também dificulta esse tratamento.

Segundo Brasil (2013), os sistemas de informação e bancos de dados sobre saneamento do Brasil na sua maioria são incompletos ou desatualizados, fornecendo informações com diferentes proporções. Muitos desses sistemas mostram de modo geral a dimensão quantitativa da demanda dos serviços, deixando de lado os dados de alguns municípios brasileiros.

Em 2010 a maioria da população brasileira, tinha acesso a condições adequadas de abastecimento de água potável (59,4 %) e de manejo de resíduos sólidos (58,6 %), embora seja um número bastante considerável, ainda existem mais de 96 milhões de brasileiros vivendo em recintos nocivos e expostos a diversos riscos que podem afetar a sua saúde. Na tabela 1 é apresentada uma visão geral da situação do saneamento básico brasileiro, levando em considerações variáveis que simbolizam as realidades socioeconômicas existentes no País (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011).

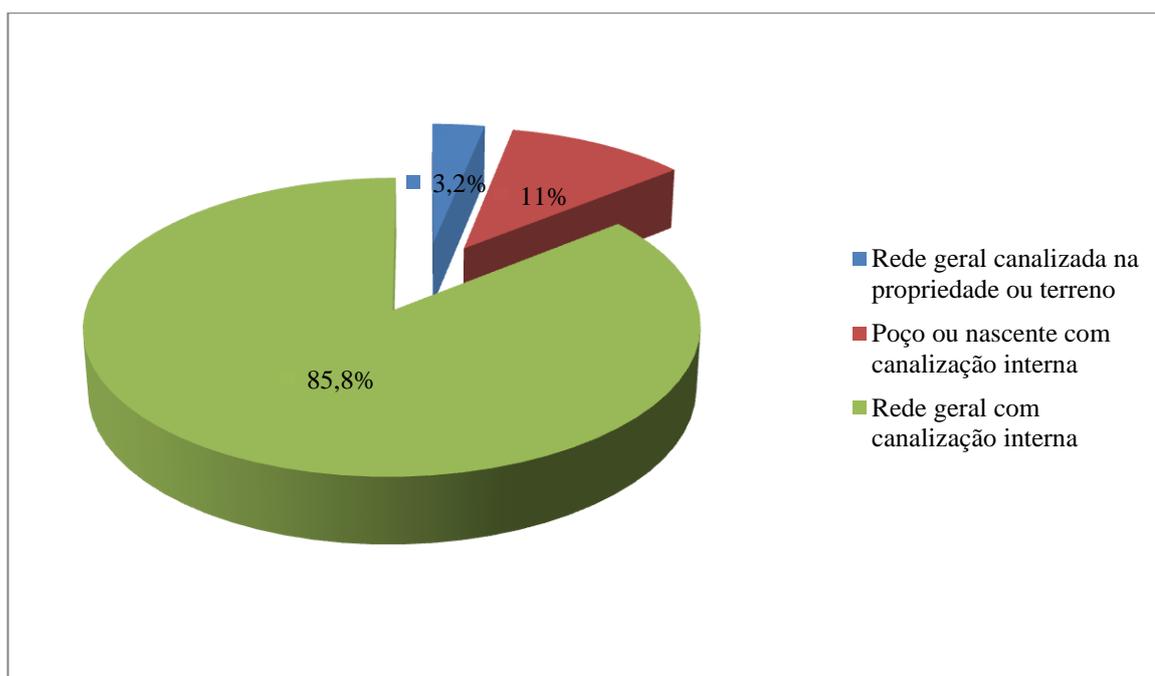
TABELA 1 - Atendimento e déficit por componente do saneamento básico no Brasil

| COMPONENTE                 | ATENDIMENTO ADEQUADO |      | DÉFICIT              |      |                 |      |
|----------------------------|----------------------|------|----------------------|------|-----------------|------|
|                            |                      |      | Atendimento precário |      | Sem atendimento |      |
|                            | (x 1.000 hab)        | %    | (x 1.000 hab)        | %    | (x 1.000 hab)   | %    |
| Abastecimento de água      | 112.497              | 59,4 | 64.160               | 33,9 | 12.810          | 6,8  |
| Esgotamento sanitário      | 75.369               | 39,7 | 96.241               | 50,7 | 18.180          | 9,6  |
| Manejo de resíduos sólidos | 111.220              | 58,6 | 51.690               | 27,2 | 26.880          | 14,2 |

Fonte: Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011).

Em relação a abastecimento de água no Brasil 85,8 % da população é abastecida por canalização interna e 3,2 % por rede geral canalizada, conforme apresentado no gráfico a seguir:

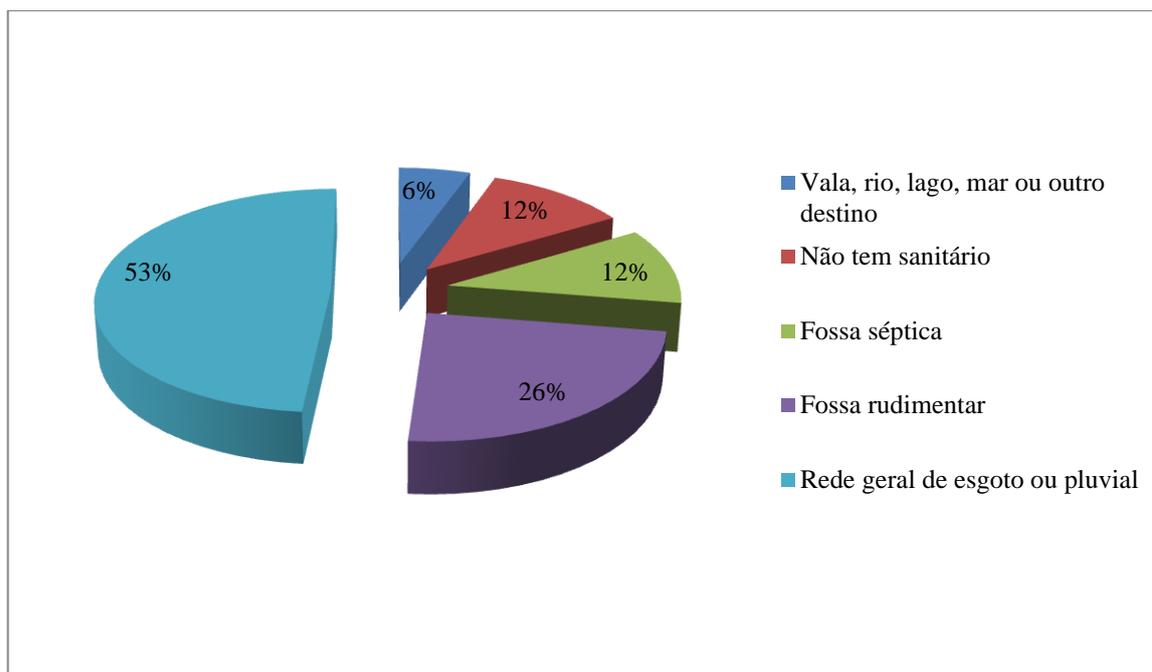
GRÁFICO 1 - Situação do atendimento em abastecimento de água no país, 2010



Fonte: Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2011).

A coleta de esgoto está presente em 53 % dos municípios brasileiros. Já o tratamento desses resíduos só é feito em 29% deles, 12 % são atendidos por fossa séptica e 35 % usam soluções inadequadas, de acordo com o gráfico a seguir. Há ainda grandes discrepâncias regionais, enquanto no Sudeste as redes coletoras estão em 96% das cidades, no Norte apenas 13% têm o serviço, e somente 10% dispõem de tratamento. No Nordeste, 46% têm coleta, no Sul há rede em 40% das cidades. No Centro-Oeste, o serviço de esgotamento sanitário está presente em 28% dos municípios, e o tratamento em 25% (IBGE, 2011).

GRÁFICO 2 - Formas de destinação dos esgotos sanitários no Brasil, 2010.



Fonte: Censo Demográfico (IBGE, 2011).

O Brasil possui quase 13% dos recursos hídricos superficiais do planeta. Sendo que 73% deles concentram-se na bacia hidrográfica amazônica, onde moram apenas 4% da população brasileira; 34 milhões de brasileiros não tem acesso à água encanada; 103 milhões de pessoas não estão conectadas às redes de esgoto. A média de perdas de água na distribuição é de 36,9%. Em 2012 a média de consumo de água dos brasileiros foi de 167,5 litros por habitante ao dia (aumento de 4,9% com relação a 2011). A região com menor consumo é a Nordeste, com 131,2 litros por habitante por dia; já a região com maior consumo é a região Sudeste, com 194,8 litros por habitante ao dia. O setor de saneamento gerou 726,6 mil empregos diretos, indiretos e de efeito de renda em todo o país, sendo 209,8 mil diretos nos serviços e 516,8 mil gerados pelos investimentos (BRASIL, 2014).

Em relação ao déficit de instalações hidrossanitárias domiciliares na Tabela 2 observa-se que 10,7 % da população brasileira não têm canalização interna de água e 2,9 % das residências não possui banheiros ou sanitários.

TABELA 2 - Existência e déficit de instalações hidrossanitárias nos domicílios do Brasil

| INSTALAÇÕES<br>HIDROSSANITÁRIAS | EXISTÊNCIA |      | DÉFICIT    |      |
|---------------------------------|------------|------|------------|------|
|                                 | Domicílios | %    | Domicílios | %    |
| Canalização interna de água     | 51.168.625 | 89,3 | 6.155.523  | 10,7 |
| Banheiro ou sanitário           | 55.672.865 | 97,1 | 1.651.283  | 2,9  |

Fonte: Censo Demográfico (IBGE, 2011).

### 3.5 Saneamento Básico no Meio Rural

A falta de saneamento básico em áreas rurais do Brasil afeta diretamente a qualidade de vida dos brasileiros. A dificuldade na coleta e no tratamento aumenta cada vez mais o lançamento desses efluentes no solo e nos corpos d'água, assim expondo as pessoas a doenças (CRISPIN *et al*, 2012).

De acordo com o Censo Demográfico 2010 realizado pelo IBGE (2011), cerca de 29,9 milhões de pessoas vivem em localidades rurais no Brasil, em um total de aproximadamente 8,1 milhões de residências.

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) realizada pelo IBGE (2015), somente 33,4% dos domicílios nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna, no restante dos domicílios rurais (66,6%) a população capta água de chafarizes e poços protegidos ou não, diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento ou de outras fontes alternativas geralmente inadequadas para consumo humano. Assim, os serviços de saneamento prestados a esta parcela da população apresentam elevado déficit de cobertura.

O estado é mais grave quando são analisados dados de esgotamento sanitário. Apenas 5,1% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos, 2,7% utilizam a fossa séptica ligada a rede coletora e 23,5% fossa séptica não ligada a rede coletora como solução para o tratamento dos dejetos. Os demais domicílios (68,7%) depositam os dejetos em “fossas rudimentares”, lançam em cursos d'água ou diretamente no solo a céu aberto (IBGE, 2015).

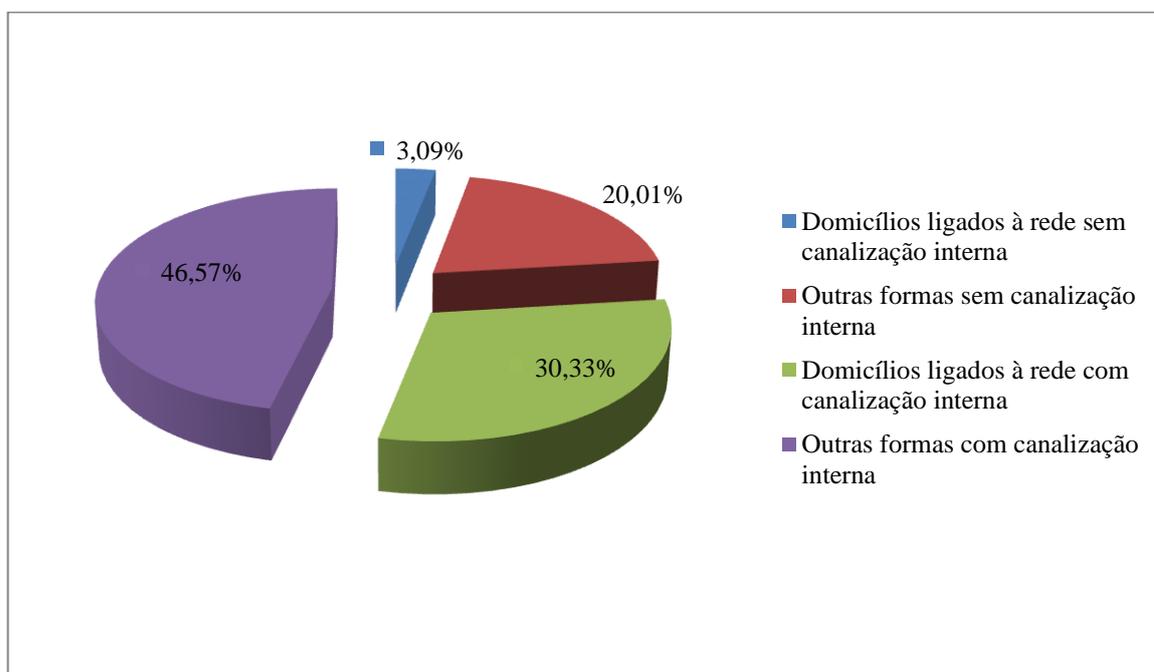
É interessante destacar que o meio rural é heterogêneo, constituído de muitos tipos de comunidades, com especificidades próprias em cada região brasileira, exigindo formas

particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações (FUNASA, 2016).

Quanto ao cenário atual do saneamento no meio rural, os dados da PNAD em 2014, demonstram que ainda são intensas as desigualdades no acesso aos serviços de abastecimento de água entre os habitantes das áreas urbanas e rurais (FUNASA, 2016).

O abastecimento de água a partir de outras formas com canalização interna predomina na área rural, cercar de 46,57% (GRÁFICO 3). Nestes casos, a qualidade da água depende da proteção das fontes e de uma rede de distribuição sem risco de contaminação (IBGE, 2015).

GRÁFICO 3 - Abastecimento de água nos domicílios rurais do Brasil



Fonte: PNAD 2014, IBGE (2015).

As fossas rudimentares são adotadas por 49,9% dos domicílios rurais e outras formas já mencionadas anteriormente, por 7,4%. Sabe-se que essas destinações contribuem direta e indiretamente para o surgimento de doenças de transmissão hídrica, parasitoses intestinais e diarreia. Além disso, 11,4% dos domicílios não dispõem de nenhuma solução (TABELA 3) PNAD 2014, (IBGE 2015).

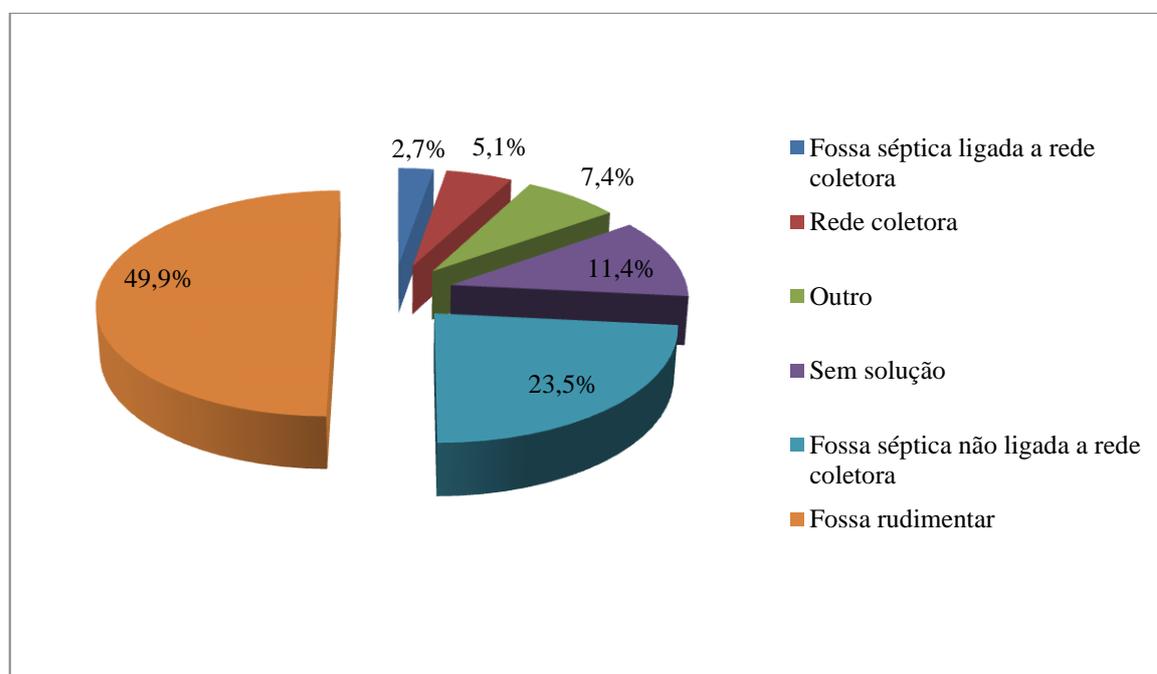
TABELA 3 - Esgotamento sanitário nos domicílios rurais brasileiros

| Total de domicílios | Esgotamento sanitário (% de domicílios) |                        |                            |                  |       |       |             |
|---------------------|---|------------------------|----------------------------|------------------|-------|-------|-------------|
|                     | Rede coletora                           | Fossa séptica          |                            | Fossa rudimentar | Outro | Total | Sem solução |
|                     |   | Ligada à rede coletora | Não ligada à rede coletora |                  |       |       |             |
| 9.398               | 5,1%                                    | 2,7%                   | 23,5%                      | 49,9%            | 7,4%  | 88,6% | 11,4%       |

Fonte: adaptado de PNAD 2014, IBGE (2015).

A circunstância de nas áreas rurais haver considerável quantidade de domicílios disseminados, assim como a carência de rede coletora de esgotos nas zonas mais concentradas, leva as famílias a empregarem soluções para o esgotamento sanitário, muitas vezes inadequadas, como fossa rudimentar que representa 49,9 % e outras formas com 7,4%, representando um total de 57% dos domicílios, como mostra o Gráfico 4 (FUNASA, 2016).

GRÁFICO 4 - Esgotamento sanitário nos domicílios rurais brasileiros



Fonte: PNAD 2014, IBGE (2015).

### 3.6 Alternativas para Saneamento no Meio Rural

Atualmente os sistemas de tratamento de esgoto se caracterizam cada vez mais como obras de elevados níveis de engenharia, voltados para técnicas que tenham maior qualidade, simplicidade na construção e menor custo de implantação. A coleta, tratamento e disposição ambientalmente correta do esgoto são elementos fundamentais para melhoria da saúde de um município, estado e país (PASSETO, 2006).

#### 3.6.1 Fossa séptica biodigestor

As Fossas Sépticas Biodigestoras permitem o tratamento das fezes e da urina dispostas no vaso sanitário das residências rurais. Esse processo utiliza esterco de bovinos, de cabras, ovelhas ou outro animal ruminante, que elimina bactérias e micróbios dos dejetos excretados pelo homem. No final é gerado um adubo natural líquido, sem cheiro desagradável nem vermes nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Esse adubo pode ser utilizado para fertilizar o solo, melhorando a qualidade do mesmo e também a renda dos agricultores. Assim o processo biodigestor pode substituir o esgoto a céu aberto e as fossas “negras” que são mais utilizados no meio rural (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2010).

Novais *et al* (2002) diz que o biodigestor tem como objetivo de substituir esgoto a céu aberto e as fossas sépticas a um menor custo para o produtor rural, e também utilizar o efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química, ou seja, melhorar o saneamento rural e desenvolver a agricultura orgânica.

Segundo a Embrapa instrumentação agropecuária (2010), o sistema biodigestor é composto por três caixas coletoras. Elas devem ser enterradas no solo e conectadas ao vaso sanitário, interligadas entre si por tubos e conexões como mostra a Figura 1.

FIGURA 1 - Estrutura da fossa séptica Biodigestora



Fonte: Novais *et al* (2002).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993) os tanques sépticos precisam ressaltar as seguintes distâncias horizontais mínimas:

- 1,50 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água;
- 3,0 m de árvores e de todo ponto de rede pública de abastecimento de água;
- 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

As medidas internas dos tanques precisam ter diâmetro interno mínimo de 1,10 m, largura interna mínima de 0,80 m e comprimento (para tanques prismáticos retangulares), mínimo 2:1, máximo 4:1. O uso de câmaras múltiplas em série é aconselhado principalmente para os tanques de volumes pequeno a médio, servindo até 30 pessoas. Para melhor funcionamento quanto à qualidade dos efluentes, recomendam-se que tanques cilíndricos tenha três câmaras em série e tanques prismáticos retangulares duas câmaras em série. Em conformidade com sua adequação, cilíndrica ou prismática, os tanques cilíndricos devem ter 2:1 em volume, da entrada para a saída, já os tanques prismáticos retangulares 2:1 em volume, da entrada para a saída (ABNT, 1993).

Segundo a ABNT (1993) através da NBR 7229, o volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela fórmula:

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

Onde:

V = volume útil, em litros

N = número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (TABELA 4)

T = período de detenção, em dias (TABELA 5)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (TABELA 6)

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (TABELA 4)

TABELA 4 - 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) |      |
|--|-----------------|--|------|
|  |                 |  |      |
| <b>1. Ocupantes permanentes</b>                        |                 |  |      |
| - 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    |
| <b>2. Ocupantes temporários</b>                        |                 |  |      |
| - 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 | lugar           | 2  | 0,02 |
| - sanitários públicos (A)                              | bacia sanitária | 80   | 4,0  |

Fonte: ABNT (1993).

TABELA 5 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

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

Fonte: ABNT (1993).

TABELA 6 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

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

Fonte: ABNT (1993).

As fossas sépticas Biodigestoras podem contribuir para o desenvolvimento local da comunidade rural, ajuda a melhorar a produção rural com uso de biofertilizante orgânico com efeitos favoráveis, previne contra doenças, protege o lençol freático e produz adubo orgânico de qualidade (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2010).

Novaes *et al* (2002) dizem que esse sistema possui baixo custo na elaboração, eficiência na eliminação de excrementos humanos e de agentes patogênicos, dessa forma a fossa séptica Biodigestora pode ser recomendada para substituir as fossas negras, geralmente utilizada em área rural.

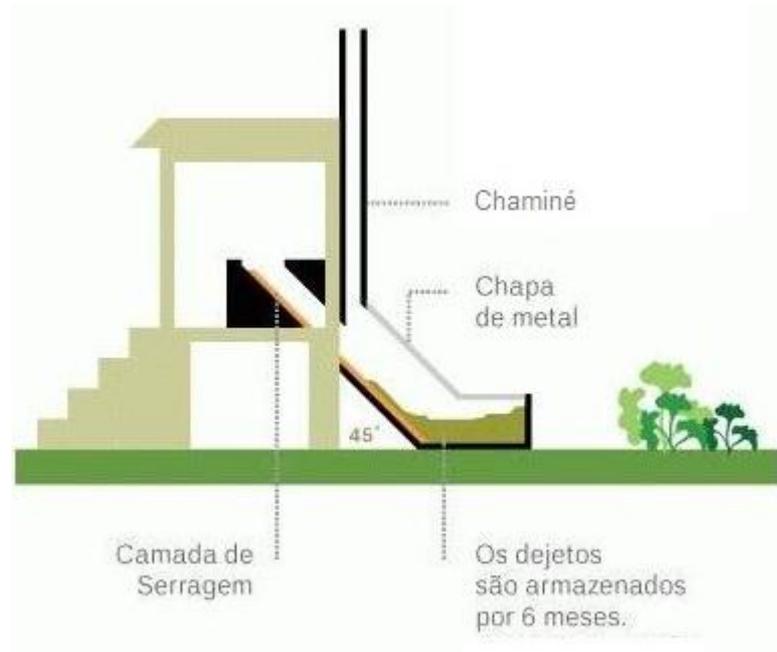
### 3.6.2 Banheiro Seco

O banheiro compostável, também conhecido como banheiro seco é um método eficiente de saneamento que não utiliza água para remover os dejetos, estes vão para uma câmara onde a matéria orgânica passa por um processo de compostagem e se decompõe e o produto final é utilizado como adubo. Os resíduos são utilizados como nutrientes e não há uso de água para diluir nem transportar as fezes, assim não há contaminação do subsolo e nem os cursos d'água, além disso, o processo não gera odores e nem contaminação do solo e dos recursos hídricos (SÁ, 2011).

No Brasil esse sistema é conhecido desde 1999, mas ainda pouco utilizado, diferentemente de países como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália, onde esta tecnologia tem sido aplicada, e basicamente utiliza processos para tratar e sanitizar os dejetos humanos que reduzem consideravelmente, ou totalmente, o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos (ALVES, 2009).

A construção do banheiro seco deve ser realizada deixando sempre as câmaras voltadas para a face Norte, aqui no hemisfério Sul, onde receberá insolação durante todo dia, favorecendo o aquecimento da câmara. A cabine com os vasos sanitários se localiza acima das câmaras de compostagem. Entre o assento sanitário e a câmara, existe uma rampa com inclinação mínima de 45° por onde passam as fezes se misturando a serragem que é utilizada para uma melhor decomposição e eliminação de umidade evitando assim o odor desagradável. Na parte de traz do banheiro, onde estão as câmaras, há uma chapa metálica preta para garantir mais aquecimento do sistema. Existe também uma chaminé para a circulação do ar, que entra frio pela abertura do assento, é aquecido na câmara e sai pela chaminé, esse sistema é apresentado na Figura 2 (SÁ, 2011).

FIGURA 2 – Extrutura do banheiro seco



Fonte: Lamenza. H (2008).

Para Alves (2009) e Calijur *et al* (2009) o princípio do banheiro seco é a não utilização da água, para o transporte dos resíduos, e sim o tratamento e o aproveitamento local destes através do processo de compostagem, onde os resíduos são armazenados em coletores, ao invés de serem despejados nos rios, nos solos ou no mar nos quais serão compostados a partir do aquecimento gerado por algum tipo de energia que pode ser solar, elétrica, térmica ou qualquer outra que seja acessível, disponível e capaz de gerar um aquecimento para que as bactérias e fungos termófilos que, além de serem responsáveis pela decomposição, são também responsáveis por ajudar a manter a temperatura alta, necessária para a eficiência da compostagem.

Segundo Lemos (2010), este sistema é uma alternativa promissora para o tratamento dos resíduos sólidos provenientes da excreta humana, e conseqüentemente o combate de doenças infecciosas e parasitárias. Como desvantagens, temos a aceitação do uso do banheiro seco por parte da população, a funcionalidade ligada ao uso correto e o tempo de tratamento.

### 3.6.3 Tratamento de esgoto por biorremediação com espécies vegetais

Uma das técnicas que vem se destacando no tratamento de esgoto doméstico em área rural é o sistema por zona de raízes, que utiliza plantas macrófitas (plantas aquáticas). Esse sistema altera a qualidade da água através de um filtro formado pelas raízes das plantas, essas espécies se alimentam de microrganismos que existem no local possuindo uma boa proliferação e crescimento devido à umidade do local. O tratamento de esgoto com plantas é uma tecnologia de baixo custo de implantação, operação e manutenção quando comparada a outras tecnologias de tratamento convencional. A sua eficiência pode ser comparada aos sistemas de tratamento mais caros variando de 77% a 98% de eficiência (BÁRBARA, 2008).

Uma característica fundamental dos terrenos úmidos é que suas funções são principalmente reguladas pelos microrganismos e seu metabolismo. Os microrganismos incluem bactéria, leveduras, fungos e protozoários, essa biomassa microbiana consome grande parte do carbono e muitos nutrientes. Pode eliminar-se nitrogênio nestes sistemas mediante processos de nitrificação e desnitrificação e posterior liberação de gás na atmosfera. A remoção de nitrogênio em sistemas de leitos cultivados está entre 25% e 80% (CALIJUR *et al*, 2009).

Acredita-se que a China foi o primeiro país a utilizar plantas aquáticas no tratamento de esgoto doméstico. Porém cientificamente existe uma controversa em relação a este fato, dizendo que em 1952, na Alemanha, Seidel iniciou o tratamento na remoção de fenol com a espécie *Scirpus lacustres* empregando brita como camada suporte, ele efetuou também, outros experimentos com *Phragmites australis*, *Iris sp.*, *Schoenoplectus sp*, *Typha s*. Nos Estados Unidos, no ano 1988, foi Wolverton que tornou os leitos cultivados mais populares através de estudos realizados para Agência Espacial Norte Americana (NASA), testando o uso do tanque séptico nos leitos cultivados (MAZZOLA, 2003). Para Vieira e Kovaliczn (2009) uma das principais espécies macrófitas utilizadas no tratamento de resíduos líquidos domésticos é a *Typha domingensis* conhecida comumente por “taboa”.

O tratamento de esgoto doméstico com plantas macrófitas passa por duas etapas: o tratamento primário (fossa séptica) onde os resíduos grosseiros são separados e o secundário (filtro físico) onde são plantadas as espécies que formam zona de raízes, permitindo que o efluente final seja devolvido apresentando uma redução considerável de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis. Outro fato favorável do sistema é a inexistência na geração de lodo, o

que muitas vezes provoca mau cheiro, as raízes das plantas atuam como um filtro, eliminando-o (VAN KAICK, 2002).

Segundo Martinetti *et al* (2009) um método semelhante ao zona de raízes é o círculo de bananeira que é usado para o tratamento biológico de águas cinzas provenientes do uso de chuveiros, pias, tanques, máquinas de lavar roupas e louças, que são destinadas para uma cava circundada por bananeiras que através da transpiração purificam a água. Como todo sistema vivo, é interessante levar em conta que a maioria absoluta dos sabonetes de banho, detergentes, sabões em pó e produtos de limpeza contém uma infindável quantidade de contaminantes químicos que prejudicam o crescimento, e por certo a vida de espécies vegetais e animais.

As bananeiras evapotranspiram uma quantidade gigantesca de água, de acordo com a estação do ano, clima local, variedade. Ao receber água cinza geralmente rica em nutrientes compostos por restos de alimentos (pia da cozinha), terra, poeira e suor (tanque de lavar roupa e chuveiro), além de outros restos orgânicos da casa (papel, e restos de cozinha), as plantas crescem com mais energia, produzindo frutos muito saudáveis (MARTINETTI *et al* 2009).

De acordo com Galbiati (2009), para tratar os efluentes domésticos com ampla concentração de patógenos e de matéria orgânica, os sistemas recentes necessitam que o efluente passe por um pré-tratamento, diminuindo a matéria orgânica e sólidos, e por um pós-tratamento para remoção de nutrientes e patógenos, antes de lançamento no solo ou corpo hídrico para evitar a eutrofização. O tanque de evapotranspiração facilita essas etapas, trata-se essencialmente de uma cava ou tanque de ferrocimento impermeabilizado, onde este é completado com diferentes camadas formadas por tijolos, pneus, britas, areia e a instalação de um duto para eliminação de gases, posteriormente é realizado o plantio de espécies com crescimento rápido com alta absorção de água, como bananeiras, mamoeiros e taiobas. Esse método funciona como um tanque séptico que realiza a digestão anaeróbia em sua parte inferior e como um solo hidromórfico construído de fluxo subsuperficial em suas camadas intermediária e superior que diminui a exigência de pós-tratamento do efluente, uma vez que é dimensionado para que o efluente seja totalmente degradado e absorvido pelas plantas não gerando resíduo.

Segundo estudo realizado por Paulo e Bernardes (2008), em um sistema implantado em escala real para uma residência utilizada por cinco moradores, o tanque de evapotranspiração será construído em concreto armado, sobre uma trincheira feita no solo, com fundo nivelado, dimensionado para cinco pessoas num total de 10 m<sup>2</sup> sendo contabilizados 2 m<sup>2</sup> por indivíduo.

De acordo com Paulo e Bernardes (2008), são inúmeras as vantagens no uso de sistemas que utilizam plantas no tratamento de esgoto doméstico. Possui grande eficiência no tratamento onde as plantas absorvem os nutrientes e eliminam os microorganismos, mínimo de investimento, manutenção simples, baixo consumo de energia, suporta alterações no nível de efluente, não se utiliza de produtos químicos para tratar o efluente e pode ser aplicada em residências e pequenas comunidades rurais. A desvantagem é que apenas serão tratados os efluentes que oriundos dos sanitários, uma vez que a presença de produtos químicos acaba prejudicando as bactérias essenciais no processo.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS**

### **4.1 Classificação da Pesquisa**

O presente estudo é classificado quanto à natureza dos dados em qualitativo, onde para Duarte (2002) na análise qualitativa o que importa é a qualidade da exposição, ou seja, uma pesquisa qualitativa tem ligação com qualidade; descritivo quanto aos fins, que segundo Gil (2008) esse tipo de pesquisa tem objetivo descrever as características de uma população; e delineado como pesquisa bibliográfica quanto aos meios, que de acordo com Amaral (2007) é elaborada com princípio em material já preparado, formado especialmente de livros e artigos científicos.

### **4.2 Procedimento de coleta das fontes literárias**

Foram utilizadas as bases de dados virtuais como SCIELO (Scientific Electronic Library Online), CAPES, dos órgãos de saneamento e governamentais como COPASA, SABESP, FUNASA, ANA e IBGE respectivamente. A escolha destas bibliotecas virtuais deve-se a circunstância de abrangerem uma coleção variada de periódicos científicos e dados de confiabilidade acadêmica.

A procura pelas obras nas bases de dados se processou com a utilização dos seguintes descritores (palavras-chave): Saneamento Básico, Saúde, Técnicas de tratamento de esgoto e Meio Rural, isoladamente ou combinados.

Os fundamentos de inclusão para as obras foram: estar acessível na íntegra e não de forma resumida, estar acessível em língua portuguesa, ter sido publicadas de 2006 até a presente data, com exclusão das publicações clássicas a respeito do tema. Além destes aspectos, todas as obras necessitariam ter sido cientificamente ou tecnicamente elaboradas e publicadas.

Foram averiguadas variáveis diretas e indiretas em relação ao tema em estudo. Para seletar o material adequado, seguiram-se os seguintes passos: leitura exploratória dos textos

encontrados, leitura detalhada das obras de conveniência e por fim a leitura analítica dos trabalhos de maior relevância.

Os arquivos dos trabalhos virtuais foram salvos em local específico nos computadores dos pesquisadores e relatores deste trabalho para melhor organização. Posteriormente foram discernidos em ordem alfabética por descritores para simplificar o resgate dos mesmos.

### **4.3 Formas de análise e interpretação das informações**

Posteriormente a leitura cautelosa das fontes científicas, seguiu-se a organização das informações no referencial teórico sempre buscando referir-se as informações mais abrangentes antes das informações mais específicas. Após construção do referencial teórico foi montada a Discussão, interpretando as entrelinhas dos assuntos abordados, sempre buscando confrontar com dados da atualidade, frutificar pontos de vista pessoais, porém técnicos, por fim, relatar todas as percepções do fenômeno estudado da forma mais ampla e impessoal possível.

## 5 DISCUSSÃO

O índice de desenvolvimento do saneamento no Brasil está abaixo não só dos países ricos da América do Norte e da Europa como também de algumas nações do Norte da África, do Oriente Médio e da América Latina. Países como Equador, Chile e a Argentina em que a renda média é inferior ao da população brasileira demonstram índice de desenvolvimento do saneamento maior que o brasileiro.

Apesar de constatada uma evolução incontestável na cobertura dos serviços de saneamento no Brasil, constata-se, ainda, altos déficits regionais, os quais são agravados pela carência de investimento no setor, originando a desgaste sanitário. Esta situação resulta em múltiplos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da falta de saneamento básico apropriado, o que prejudica diretamente indicadores de desenvolvimento como educação, saúde, renda e trabalho, perante esse cenário verifica-se a necessidade de adoção de políticas públicas ligadas ao saneamento básico que sejam eficientes e eficazes na redução das diversificas encontradas regionalmente e que, ao mesmo tempo, sejam adequadas às realidades locais. Muitas políticas públicas e o modelo institucional da área de saneamento ambiental não beneficiam a população residente no meio rural de maneira satisfatória.

A coleta, tratamento e disposição ambientalmente correta do esgoto são elementos fundamentais para melhoria da saúde da população e na contribuição da preservação do meio ambiente bem como a participação das pessoas no processo de tomada de decisão do sistema de tratamento de esgoto, é de fundamental importância uma vez que dessa maneira as decisões ficam mais claras e de forma mais consciente.

A falta de saneamento básico em áreas rurais do Brasil afeta diretamente a qualidade de vida dos brasileiros assim como a dificuldade na coleta e no tratamento aumenta cada vez mais o lançamento desses efluentes no solo e nos corpos d'água, desta maneira expondo as pessoas a doenças. O descaso e a carência de investimentos no setor de saneamento para a população rural é algo que chama atenção, considerando-se que todos os recursos são destinados à zona urbana das cidades.

Dessa maneira, a diversidade de sistemas elencados indica que a preservação dos recursos hídricos, precisa realmente de sensibilização e mobilização por parte dos usuários, órgãos públicos e técnicos envolvidos, visto que são de fácil execução, baixo custo e eficiência comprovada. Constata-se, assim, que não faltam alternativas ecológicas ou recursos

tecnológicos para reduzir os baixos índices de tratamento de esgoto em nosso país, mas esforços e interesses comuns entre os setores interessados.

Para tornar possível a execução de tecnologias sustentáveis em um projeto modelo de habitações de interesse social, é necessária a realização de estudos que contemplem essa temática, obtendo maior aproveitamento dos recursos naturais renováveis e menor impacto sobre o meio ambiente. Dentre essas, podem-se ressaltar a exploração dos condicionantes naturais de ventilação e insolação, o uso de materiais de baixo impacto ambiental, o gerenciamento de resíduos líquidos e sólidos (tratamento de esgotos, captação da água da chuva), a utilização de fontes energéticas sustentáveis, o aproveitamento da vegetação, entre outras.

Localizados na região nordeste e norte de Minas Gerais, os vales do Jequitinhonha e do Mucuri são regiões caracterizada por haver dura realidade socioeconômica, historicamente uma microrregião onde o nível de desigualdade social se manifesta mais visível em todo estado. Essa circunstância apresentada poderia ser explicada pela falta de investimento em infraestrutura funcional e de recursos humanos. De modo geral, constata-se a deficiência de um sistema eficiente de saneamento básico.

Diferentemente do que acontece em uma estação convencional de tratamento, onde o gasto com energia elétrica e produtos químicos se tornam elevados por conta de máquinas e insumos, as alternativas citadas na pesquisa mostram-se como tecnologias viáveis para essas localidades rurais, onde o saneamento básico quase inexistente, pois são alternativas de tratamento de esgoto de fácil operação, com baixo custo de implantação, reduzida manutenção, além de contribuir diretamente para a sustentabilidade da região e proteção ambiental, principalmente no que diz respeito à eliminação da poluição do solo, com a substituição da fossa negra por um sistema ambientalmente correto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que o Brasil tenha grande parte da população vivendo na zona rural, a falta de tratamento adequado de efluentes domésticos é uma realidade no país. A utilização das técnicas de tratamento de esgoto doméstico além de economicamente viável é uma solução para evitar que os esgotos domésticos sejam lançados nos solos, evitando sua contaminação e dos mananciais de água.

Todos os sistemas mostram eficiência relevante, e que atende os requisitos legais, podendo ser considerado tratamento eficiente, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e amenizando o problema da falta de saneamento básico em área rural.

Durante o desenvolvimento do projeto, foi possível observar o quanto é necessário o incentivo de pesquisas para o avanço de tecnologias alternativas e de trabalhos de educação ambiental, que levam informações e orientações para localidades do meio rural. Acreditamos na importância desse tipo de trabalho, de forma que a adequação do tratamento de esgoto em unidades rurais careceria tornar-se objeto de políticas públicas.



## REFERÊNCIAS

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

ALVES, B. S. Q. *Banheiro seco: Análise da eficiência de protótipos em funcionamento*. 2009. 123p. (Monografia de conclusão de curso). Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

AMADEO, H. Avanços no Saneamento. *Revista Aegea*, São Paulo, v.10, p.13-16, dezembro de 2015.

AMARAL, J. J. F. *Como fazer uma pesquisa bibliográfica*. Fortaleza, 2007.

ANA. *Sobre a ANA*. 2015. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/Default.aspx>>. Acesso em: 29 de abril de 2016.

BÁRBARA, R. R. et al. *Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural*. Curitiba, 2008, 11p.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB*, Brasília, 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. *Plano de Saneamento Básico Participativo*, Brasília, maio de 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013*, Brasília, dezembro de 2014.

CALIJUR, M. L., BASTOS, R. K. X., MAGALHÃES, T de. B., CAPELETE, B. C., DIAS, E. H. O. *Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes*, Viçosa, v.14, n.3, p.421-430, julho/setembro de 2009.

COPASA. *Copasa garante saneamento básico em municípios mineiros*. 2012. Disponível em: <[http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2011/outubro/twitt20111020ie2207!/ut/p/a0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJ9DLwdPby9Dbz8gzzdDB y9g\\_zd\\_T2dgvx8zfULsh0VAfwq3lw!](http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/releases/2011/outubro/twitt20111020ie2207!/ut/p/a0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOJ9DLwdPby9Dbz8gzzdDB y9g_zd_T2dgvx8zfULsh0VAfwq3lw!/)>. Acesso em: 07 de abril de 2016.

CEDAE. *Apresentação*. 2008. Disponível em < <https://www.cedae.com.br/apresentacao>> acesso em: 21 de abril de 2016.

CRISPIM, Q. J., KAICH, V. S. T., PAROLIN, M., MALYSZ, T. S. *Estações de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes (ETE)*. Campo Mourão: Fecilcam, 2012. 20p.

DUARTE, R. Pesquisa Qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. *Cadernos de Pesquisa*, Rio de Janeiro, n.115, p.139-154, março de 2002.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. Tecnologia Social: fossa séptica biodigestor. *Saúde e renda no Campo*, Brasília, v.1, n.1, p. 4-29, outubro de 2010.

FUNASA. *Competências*. 2011. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/conheca-a-funasa/competencia/>>. Acesso em: 01 de maio de 2016.

\_\_\_\_\_. *Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências*, Brasília, ed.2, p.12-32, 2014.

\_\_\_\_\_. *Panorama do Saneamento Rural no Brasil*. 2016. Disponível em: < <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil/>>. Acesso em: 28 de abril de 2016.

GALBIATI, A. F. *Tratamento Domiciliar de Águas Negras Através de Tanque de Evapotranspiração*. 2009. 52p (Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Campo Grande, 2009.

GALVÃO, A. C. J., NISHIO, S. R., BOUVIER, B. B., TUROLLA, F. A.. Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. *Revista de Administração Pública (RAP)*. Rio de Janeiro, v. 43, n.1, p. 207 a 227, fevereiro de 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, A. J. A., CARVALHO, D. F. de., SILVA, L. D. B. da. 2007. *Saneamento básico*. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 30 de abril de 2016.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD): *Síntese de indicadores 2014*, Rio de Janeiro, ed.1, 2015.

\_\_\_\_\_. *Sinopse do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro, 2011.

LAMENZA. H. *Banheiro transforma dejetos em adubo*. 2008. Disponível em: <<http://www.unb.br/noticias/unbagencia/unbagencia.php?id=1633>>. Acesso em: 26 de abril de 2016.

LEMOS, S. *Estudo de Banheiro Seco de Capacitação para sua Implantação e Aproveitamento dos Subprodutos Gerados*. 2010. 63p. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LOHMANN, G. *Caracterização de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes utilizando variáveis abióticas e microbiológicas*. 2011. 93p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LOPES. M. P. A., PAULI. O. B de., AMBROSINO. S. C. dos J. *A Influência do saneamento básico na saúde*. 2014. 74p. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agente Comunitário de Saúde) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Palmital, 2014.

MARTINETTI, T. H., SHIMBO, I., TEIXEIRA, B. A. N. *Pesquisa-ação participativa para escolha de sistema de tratamento de efluentes sanitários*, Serra Azul, v.9, n. p.43-55, 2009.

MAZZOLA, M. *Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós tratamento de efluente de reator anaeróbio compartimentado*. 2003. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NOVAES, de P. A., SIMÕES, L. M., NETO, M. L., Cruvinel, E. P., Santana, A., Novotny, H. E., Santiago, G., Nogueira, de A. R. A. *Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do Saneamento Rural e desenvolvimento da Agricultura Orgânica*, São Carlos-SP, v.1, n.1, p. 2-4, maio de 2002.

PASSETO, W. Dossiê do Saneamento: pela incorporação da coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário na agenda de prioridades dos municípios brasileiros. *Esgoto é Vida*, 2. ed, p. 4-30, 2006.

PAULO, P. L., BERNARDES, F. S. *Estudo de Tanque de Evapotranspiração para o Tratamento Domiciliar de Águas Negras*. 2008. Fundação Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2008.

PEREIRA JUNIOR, J. S. *Aplicabilidade da lei nº 11.445/2007 – diretrizes nacionais para o saneamento básico*, julho de 2008.

PEREIRA, S. R. Poluição hídrica: causas e consequências. *Jornal Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL)*. Pelotas, 19p, 2011. Disponível em: <<http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>>. Acesso em: 20 de outubro de 2015.

SÁ, M. C de. *Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis*. 2011. 80p. Limeira, 2011.

SABESP. *Perfil*. 2010. Disponível em <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=505>> acesso em: 21 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. *O saneamento no Brasil*. São Paulo, v.1, p. 2-14, dezembro de 2008.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. 2007. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2006/Parte01/AED12\\_parte1.zip](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2006/Parte01/AED12_parte1.zip)>. Acesso em: 02 de maio de 2016.

SATO, J. M. *A utilização da análise envoltória de dados (DEA) no estudo de eficiência do setor de saneamento*. 2011. 42p. Dissertação (mestrado em Economia Regional). Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

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

VIEIRA. M. M. L., KOVALICZN. A. R. *Tratamento de efluentes domésticos com plantas macrófitas*. 2009. 35p. Palmeira, 2009.