

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC
Curso de Mestrado

**PARÂMETROS PROJETUAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE
SANITÁRIOS SECOS DESIDRATADORES COM DESVIO DE
URINA (SSDDU)**

Alexandra Lima Demenighi

Florianópolis
2012

Alexandra Lima Demenighi

**PARÂMETROS PROJETUAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE
SANITÁRIOS SECOS DESIDRATADORES COM DESVIO DE
URINA (SSDDU)**

Prof.: Luis Alberto Gómez

Florianópolis
2012

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro Rodrigo pelo apoio e a inspiração a sempre me desafiar a buscar novos caminhos;

À minha família, por compreender minha ausência, necessária para minha formação acadêmica;

Ao Professor Luis Alberto Gómez, orientador desta pesquisa, pela confiança depositada em mim e constante dedicação;

Aos membros da banca, pelas ótimas contribuições ao trabalho;

À Secretaria do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, pelo profissionalismo e colaboração;

Ao instituto Çarakura pelas informações fornecidas;

Ao Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – GESAD/UFSC, que contribuiu com informações preciosas para a pesquisa;

A todos aqueles de maneira direta ou indireta, contribuíram no desenvolvimento da pesquisa.

EPÍGRAFE

A Bomba Suja

Introduzo na poesia
A palavra diarréia.
Não pela palavra fria
Mas pelo que ela semeia.

Quem fala em flor não diz tudo.
Quem me fala em dor diz demais.
O poeta se torna mudo
sem as palavras reais.

No dicionário a palavra
é mera idéia abstrata.
Mais que palavra, diarréia
é arma que fere e mata.

Que mata mais do que faca,
mais que bala de fuzil,
homem, mulher e criança
no interior do Brasil.

Por exemplo, a diarréia,
no Rio Grande do Norte,
de cem crianças que nascem,
setenta e seis leva á morte.
É como uma bomba D
que explode dentro do homem
quando se dispara, lenta,
a espoleta da fome.

É uma bomba-relógio
(o relógio é o coração)
que enquanto o homem trabalha
vai preparando a explosão.

Bomba colocada nele
muito antes dele nascer;
que quando a vida desperta

nele, começa a bater.

Bomba colocada nele
Pelos séculos de fome
e que explode em diarreia
no corpo de quem não come.

Não é uma bomba limpa:
é uma bomba suja e mansa
que elimina sem barulho
vários milhões de crianças.

Sobretudo no nordeste
mas não apenas ali
que a fome do Piauí
se espalha de leste a oeste.

Cabe agora perguntar
quem é que faz essa fome,
quem foi que ligou a bomba
ao coração desse homem.

Quem é que rouba a esse homem
o cereal que ele planta,
quem come o arroz que ele colhe
se ele o colhe e não janta.

Quem faz café virar dólar
e faz arroz virar fome
é o mesmo que põe a bomba
suja no corpo do homem.

Mas precisamos agora
desarmar com nossas mãos
a espoleta da fome
que mata nossos irmãos.

Mas precisamos agora
deter o sabotador
que instala a bomba da fome
dentro do trabalhador.

E sobretudo é preciso
trabalhar com segurança
pra dentro de cada homem
trocar a arma de fome
pela arma da esperança.

Ferreira Gullar

RESUMO

Sistemas convencionais de coleta e tratamento de esgotos além de utilizarem grande quantidade de água para transportar os dejetos apresentam níveis de eficiência técnica e econômica nem sempre compatíveis com o contexto em que são implantados. Diante da escassez dos recursos naturais, principalmente da água potável, ressalta-se a importância de que a intervenção humana no ciclo hidrológico se dê de forma mais sustentável.

O sistema de saneamento seco não utiliza água para o seu funcionamento. As fezes, pela possibilidade de conter organismos patogênicos são coletadas e armazenadas para posterior tratamento e transformadas em um produto seguro para ser devolvido ao solo. A separação da urina, nestes sistemas, apóia-se em vários estudos realizados que demonstram sua aplicação como fertilizante por ser livre de organismos patogênicos. Estes fundamentos estão aplicados no sistema de saneamento proposto, denominado: Sanitário Seco Desidratador com Desvio da Urina (derivado da sigla em inglês - UDDT - Urine Diversion Dehydration Toilets), que considera os “dejetos” recursos, constituindo valiosos fertilizantes para o solo, fechando o ciclo de nutrientes e eliminando qualquer geração de resíduos.

Neste trabalho, realizou-se estudos de caso em locais que utilizaram este sistema como opção de saneamento, com a intenção de identificar os parâmetros projetuais para sua implantação.

Como resultado, se definiu uma tipologia de Sanitário Seco Desidratador com Desvio de Urina dimensionado pelo número de ocupantes adaptado para as condições brasileiras, especificando os componentes de projeto do sistema de coleta e armazenamento das fezes e urina.

A operação do sistema e as recomendações para o gerenciamento e tratamento das fezes e urina humanas também foram alvo da pesquisa a fim de promover o uso da tecnologia em condições de salubridade a favor dos recursos naturais.

PALAVRAS-CHAVE: parâmetros projetuais, sanitário seco desidratador, saneamento ecológico.

ABSTRACT

Conventional systems for collecting and treating sewage besides using large amounts of water to carry the waste present levels of technical and economic efficiency is not always compatible with the context in which they are deployed. Given the scarcity of natural resources, especially drinking water, it emphasizes the importance of human intervention in the water cycle takes place in a more sustainable way.

The sanitation system does not use water for dry operation. Faeces, by the possibility of containing pathogenic organisms are collected and stored for later treatment and transformed into a safe product to be returned to the soil. The separation of the urine, these systems relies on several studies that demonstrate its application as a fertilizer to be free of pathogenic organisms. These fundamentals are applied in the proposed sanitation system, called: Sanitary Dry Dehydrator with Offset Urine (derived from the acronym - UDDT - Urine Diversion Dehydration Toilets), which considers the "waste" resources, providing valuable fertilizer to the soil, closing the nutrient cycle and eliminating any waste. This work was carried analyzing out case studies in places that used this system as an option for sanitation, with the intention of identifying the parameters projectuais for its implementation.

As a result, we defined a typology of Sanitary Dry Dehydrator with Urine diverting scaled by the number of occupants adapted to Brazilian conditions specifying the components of the system design for collection and storage of urine and faeces.

The operation of the system and recommendations for the management and treatment of human feces and urine were also targeted research to promote the use of technology in health conditions in favor of natural resources.

KEYWORDS: design parameters. sanitary dry dehydrator. ecological sanitation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Distribuição da água doce no planeta.....	36
FIGURA 2: O ciclo hidrológico e a intervenção humana.....	37
FIGURA 3: Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil.....	38
FIGURA 4: Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.....	40
FIGURA 5: Composição qualitativa dos esgotos sanitários.....	42
FIGURA 6: Evolução percentual das principais variáveis do esgotamento sanitário – Brasil – 2000/2008.....	45
FIGURA 7: Tipos de esgotamento sanitário e sua porcentagem.....	47
FIGURA 8: Latrina simples.....	52
FIGURA 9: Latrina simples, latrina ventilada e latrina de baixo fluxo.....	53
FIGURA 10: Latrinas inundadas após a passagem do ciclone em Bangladesh.....	54
FIGURA 11: O ciclo excreta.....	55
FIGURA 12: As rotas de transmissão dos patógenos e as barreiras requeridas para prevenir a transmissão de doenças.....	64
FIGURA 13: Barreiras requeridas para prevenir a transmissão de doenças e disseminação de patógenos.....	67
FIGURA 14: Evolução do pH da urina durante a estocagem em duas formas de reservação.....	72
FIGURA 15: Exemplo de modelo com recipiente móvel, auto coletor de banheiro seco.....	75
FIGURA 16: Seqüência de utilização de um sanitário com recipientes móveis.....	76
FIGURA 17: Modelo de câmara única. Detalhe da pilha de fezes frescas que é regularmente transferida para a parte traseira da câmara de secagem.....	77
FIGURA 18: Banheiro seco pré-fabricado, do tipo centralizador, de múltiplas câmaras. (a) Maquete do modelo Carrossel da EcoTech. (b) Detalhe interno do coletor.....	78

FIGURA 19: Húmus Sapiens, banheiro seco de fabricação local, de múltiplas câmaras.....	80
FIGURA 20: Banheiro seco de sistema pré-fabricado, ativo. (a) Modelo Centrex 3000 AF® da SunMar. (b) Aplicação de modelos centralizadores em edifícios de mais de um pavimento.....	81
FIGURA 21: Vasos separadores de urina (urine divert toilet - UDT). (a) Projeto EcoSan em Estocolmo, na Suécia. (b) Projeto EcoSan em Addis Ababa, na Etiópia.....	82
FIGURA 22: Imagem das residências (New-Allermoe/Alemanha)...	89
FIGURA 23: Sistema Berger de banheiro seco e wetland para tratamento das águas cinzas.....	90
FIGURA 24: Corte mostrando o sistema de banheiro seco e o tubo de ventilação (New- Allermoe/ Alemanha).....	92
FIGURA 25: Sistema de banheiro seco automatizado (Asahikawa – Japão).....	93
FIGURA 26: Sanitários portáteis e mictórios de uso feminino e masculino (Asahikawa – Japão).....	94
FIGURA 27: Detalhe dos reatores permanentes (Asahikawa – Japão).....	95
FIGURA 28: O sistema de controle das partes automatizado e armazenagem de serragem na parte de trás dos banheiros portáteis (Asahikawa – Japão).....	96
FIGURA 29: Informações e imagens do modelo S 50.....	97
FIGURA 30: Localização do projeto no município de Erdos, na China.....	98
FIGURA 31: Prédios da cidade de Erdos, China.....	99
FIGURA 32: Sistema de gestão das fezes e da tubulação e dos coletores móveis (Erdos, China).....	100
FIGURA 33: Sanitário com desvio da urina e o sistema de giro.....	101
FIGURA 34: Sistema de ventilação do projeto (Erdos, China).....	102
FIGURA 35: Etapas da pesquisa.....	106
FIGURA 36: Sanitário seco (CETRE/ EPAGRI).....	109
FIGURA 37: Vaso sanitário segregador (CETRE/ EPAGRI).....	110
FIGURA 38: Tubulação de coleta e recipiente de armazenamento das fezes (CETRE/ EPAGRI).....	111

FIGURA 39: Mictório (CETRE/ EPAGRI).....	112
FIGURA 40: Sede do instituto Çarakura.....	116
FIGURA 41: Vista externa dos sanitários (INSTITUTO ÇARAKURA).....	117
FIGURA 42: Vista externa do sanitário segregador (INSTITUTO ÇARAKURA).....	118
FIGURA 43: Vista interna do sanitário com a tubulação de separação da urina e fezes (INSTITUTO ÇARAKURA).....	119
FIGURA 44: Vista externa do sanitário com bacia coletora de fezes e mictório (INSTITUTO ÇARAKURA).....	120
FIGURA 45: Vista interna do sanitário com a bacia coletora de fezes (INSTITUTO ÇARAKURA).....	120
FIGURA 46: Vista interna do mictório (INSTITUTO ÇARAKURA).....	121
FIGURA 47: Cartaz com as instruções de uso do sanitário (INSTITUTO ÇARAKURA).....	122
FIGURA 48: Localização do projeto (Shaanxi, China).....	123
FIGURA 49: Imagem do sanitário implantado (Shaanxi, China).....	124
FIGURA 50: Antiga latrina da escola (Hayanist, Armênia).....	127
FIGURA 51: Imagem da escola (Hayanist, Armênia).....	128
FIGURA 52: Detalhe do sanitário tipo cócoras e os mictórios instalados em alturas diferentes (Hayanist, Armênia).....	129
FIGURA 53: Planta baixa, fachada e os banheiros secos construídos em um novo prédio anexo a escola (Hayanist, Armênia).....	130
FIGURA 54: Corte mostrando as câmaras, o tanque de urina e o sistema de ventilação (Hayanist, Armênia).....	132
FIGURA 55: Workshop com as crianças (Hayanist, Armênia).....	133
FIGURA 56: Câmaras dos sanitários e os tanques para armazenamento da urina (Hayanist, Armênia).....	134
FIGURA 57: Espaço mínimo sugerido para colocação dos assentos.	135
FIGURA 58: Detalhe do vaso separador.....	136
FIGURA 59: Tubulação de ventilação com sistema que impede a entrada da chuva.....	140
FIGURA 60: Desenho das câmaras.....	142

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Domicílios particulares permanentes e moradores em domicílios particulares permanentes e tipo de esgotamento sanitário.....	47
QUADRO 2: Domicílios particulares permanentes e moradores em domicílios particulares permanentes, por existência de banheiro ou sanitário.....	48
QUADRO 3: Composição da matéria fecal e urina humana.....	56
QUADRO 4: Fatores que afetam a sobrevivência dos microorganismos no meio ambiente.....	69
QUADRO 5: Fatores que influenciam na escolha do tipo de banheiro seco.....	83

LISTA DE MAPAS

MAPA 1: Moradores em domicílios particulares permanentes, em áreas urbanas, sem banheiro ou sanitário (Pessoas).....	48
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Patógenos que poderiam ser excretados na urina e a importância da urina como meio de transmissão.....	59
TABELA 2: Exemplos de patógenos que podem ser excretados nas fezes (podem ser transmitidos através da água e de um saneamento inadequado) e doenças relacionadas, incluindo, por exemplo, sintomas que podem ser causados pelos mesmos.....	60
TABELA 3: Rotas de transmissão potenciais relacionadas com os sanitários secos e o uso da excreta com medidas técnicas e comportamentais simples para restringir a exposição e minimizar os riscos.....	65
TABELA 4: Valores de referência para o monitoramento de verificação em larga escala para os sistemas de tratamento e reutilização de excrementos e lodo fecal para uso na agricultura.....	71
TABELA 5: Comparação entre o sistema de câmara única e câmaras duplas.....	78
TABELA 6: Vantagens e desvantagens de cada sistema de sanitários secos.....	84
TABELA 7: Itens e custos de construção do sanitário (CETRE/EPAGRI).....	113
TABELA 8: Itens e custos de construção do sanitário (Shaanxi, China).....	126
TABELA 9: Exemplo de cálculo para dimensionamento da câmara para armazenamento de 6 meses.....	142
TABELA 10: Diretrizes suecas recomendadas de tempo de armazenamento para a urina misturada.....	147
TABELA 11: Tratamentos secundários sugeridos para as fezes nos sistemas de grande escala (nível municipal). Sem adição de novo material.....	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA Agência Nacional das Águas
CETRE Centro de Treinamento
CNUMAD Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
Eco-San Ecological Sanitation
EPAGRI Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina
GESAD Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEED Leadership in Energy and Environmental Design
NEAmb Núcleo de Educação Ambiental
NSF National Science Foundation
ODM Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMS Organização Mundial da Saúde
ONGs Organizações Não Governamentais
ONU Organização das Nações Unidas
PNSB Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PRAE Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis
PVC Cloreto de Polivinila
RPN Reserva do Patrimônio Natural
SSDDU Sanitários Secos Desidratadores com Desvio da Urina
SuSanA Sustainable Sanitation Alliance
WECF Women in Europe for a Common Future
UDDTs Urine Diversion Dehydration Toilets
UDTs Urine Divert Toilets
UFES Universidade Federal do Espírito Santo
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina
USGBC United States Green Building Council

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	31
1.1	Problema de Pesquisa.....	31
1.2	Problemática.....	32
1.3	Pergunta de pesquisa.....	33
1.4	Objetivos.....	33
1.4.1	Objetivo geral.....	33
1.4.2	Objetivos específicos.....	33
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1	Contexto água e saneamento.....	35
2.1.1	Disponibilidade e uso da água.....	35
2.1.2	Características dos esgotos domésticos.....	40
2.1.3	Principais sistemas de tratamento de esgoto.....	43
2.1.4	Panorama do esgotamento sanitário no Brasil.....	44
2.2	O saneamento e a sustentabilidade.....	49
2.2.1	Saneamento Ecológico.....	49
2.2.2	Ciclo de nutrientes.....	55
2.2.3	Organismos patogênicos.....	57
2.2.4	Barreiras para os organismos patogênicos.....	64
2.3	Sanitários secos.....	73
2.3.1	Classificação.....	73
2.3.1.1	Sanitário de compostagem.....	73
2.3.1.2	Sanitários de desidratação.....	73
2.3.2	Tecnologias disponíveis.....	74
2.3.3	Exemplos de implantação de sistemas secos de saneamento.....	88

2.3.4	Normativas para sanitários secos no Brasil e no mundo.....	103
3	METODOLOGIA.....	105
3.1	Delineamento da pesquisa.....	105
3.2	Detalhamento das etapas da pesquisa	106
3.2.1	Os Instrumentos da Pesquisa	106
3.2.2	Definição do método de avaliação.....	108
4	APRESENTAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO	109
4.1	Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI / UFSC.....	109
4.1.1	Tecnologias aplicadas.....	110
4.1.2	Operação do sistema.....	112
4.2	Instituto Çarakura	115
4.2.1	Tecnologias aplicadas.....	116
4.2.2	Operação do sistema.....	121
4.3	Comunidade Rural – Província de Shaanxi, China.....	122
4.3.1	Tecnologias aplicadas.....	123
4.3.2	Operação do sistema.....	125
4.4	Escola rural em Hayanist, Armênia	126
4.4.1	Tecnologias aplicadas.....	128
4.4.2	Operação do sistema.....	132
5	PARÂMETROS PROJETAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SANITÁRIOS SECOS DESIDRATADORES COM DESVIO DE URINA	135
5.1	Componentes do projeto para a superestrutura de um SSSDU	135

5.2 Componentes do projeto do sistema de coleta e armazenamento das fezes	137
5.3 Componentes do projeto do sistema de coleta da urina.....	143
5.4 Operação do sistema.....	144
5.5 Recomendações para a eliminação segura do material gerado.....	145
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	151
6.1 Conclusões.....	151
6.1.1 Recomendações para trabalhos futuros	152
REFERÊNCIAS	153

ANEXOS

ANEXO A - FORMULÁRIO

ANEXO B - COMUNIDADE RURAL PROVÍNCIA SHAANXI, CHINA

ANEXO C - ESCOLA RURAL HAYANIST, ARMENIA

APÊNDICES

APÊNDICE A- SANITÁRIO SECO SEGREGADOR UFSC - EPAGRI

APÊNDICE B - SANITÁRIO SECO INSTITUTO ÇARAKURA

APÊNDICE C - PROJETO PROPOSTO DE SSDDU

APÊNDICE D - MANUAL DE DESENHO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DO SSDDU

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema de Pesquisa

A concepção centralizada para a questão do esgotamento sanitário e a problemática atual da gestão dos recursos hídricos, torna essencial a busca por novos sistemas de tratamento de esgoto buscando a perspectiva da sustentabilidade. Nesse sentido, para poder mitigar os efeitos negativos, se faz necessária à visão integrada de conceitos tecnológicos que contribuam para a conservação do meio ambiente através de tecnologias apropriadas.

Dentro deste contexto se insere este trabalho com a proposta de identificar os parâmetros projetuais que envolvem a implantação de um sistema de saneamento seco, que difere dos sistemas convencionais por não utilizar água para seu funcionamento.

Existem diversos tipos de sanitários secos, alguns construídos no local e outros industrializados e até automatizados, mas todos têm um objetivo comum: transformar os excrementos humanos, em um material higienicamente seguro para ser devolvido ao solo em forma de fertilizante.

Os sanitários secos desidratadores com desvio da urina (SSDDU) – derivado da sigla em inglês UDDTs (Urine Diversion Dehydration Toilets) - serão alvo desta pesquisa. Estes sanitários coletam a urina e as fezes separadamente a partir de um assento especial. As fezes são coletadas em recipientes e armazenadas por um período de tempo prolongado a fim de desidratarem, reduzido a quantidade de organismos patogênicos e possibilitando seu manuseio com segurança.

Esta nova perspectiva no contexto do saneamento oferece uma filosofia de lidar com aquilo que é atualmente considerado resíduo. Pois, devido ao alto teor de nutrientes presentes nas fezes e urina humanas, elas passam a serem consideradas recursos, onde é encorajado seu reuso, devolvendo o material ao solo na forma de adubo, contribuindo assim, para preservar a fertilidade na agricultura, garantindo a segurança alimentar.

Desta forma, deixa-se de lado a concepção linear na produção de esgoto, a qual atinge diretamente o meio ambiente, muitas vezes causando danos irreversíveis e parte-se para uma proposta holística, tentando com isso assemelhar-se aos ciclos da natureza.

1.2 Problemática

A configuração atual para a gestão dos sistemas de esgoto, baseada em sistemas centralizados na forma de grandes estações de tratamento tem demonstrado dificuldades em sua realização. Altos custos operacionais e de manutenção, alta demanda de capital, além do elevado consumo energético em seu manejo, são alguns argumentos que a configuram como “tecnologia do final do tubo”. Esta concepção linear ainda continua sendo adotada na ótica do saneamento, surgindo assim, à necessidade de se buscar novos sistemas a favor da conservação dos recursos naturais e promoção da saúde pública.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), mais de 2,6 bilhões de pessoas ou metade da população do mundo em desenvolvimento ainda não têm acesso a saneamento adequado, e um número estimado de 1,2 bilhões de pessoas no mundo ainda defeca a céu aberto. Medidas de higiene simples como lavar as mãos após utilizar o banheiro não são praticadas, acarretando graves problemas à saúde. Esta forma de transmissão direta pela rota fecal-oral tem como consequências a transmissão de uma enorme quantidade de doenças e óbitos que poderiam ser evitados.

A Meta 7 de reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável a água potável segura é um dos objetivos do Milênio elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2011). Este item aborda questões referentes ao acesso à água e esgotamento sanitário e é considerado por muitos como um dos mais complexos para o país, principalmente na questão de acesso aos serviços de saneamento básico em regiões remotas e nas zonas rurais.

Segundo a ONU, 2011, os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), tem como meta uma cobertura de 75% de saneamento até 2015. O custo para atingir esse marco é estimado em US\$ 14 bilhões anuais durante o período. Entre outros ganhos em saúde, estima-se que o saneamento possa reduzir os casos de diarreia em 391 milhões no mundo todo a cada ano.

A difícil tarefa de melhorar o acesso universal ao saneamento é ainda complicada pelo consenso de abordagens convencionais – banheiros com descarga conectados a centrais de tratamento de esgotos que os despejam em mananciais locais – prática esta, que tem se mostrado econômica e ambientalmente insustentável.

A utilização de um banheiro de descarga hídrica devido à quantidade de

água que utiliza, reflete uma cultura de geração de resíduos. Dentro desse contexto, se justifica esta pesquisa, na necessidade de contribuir com estratégias de projetos de saneamento que abrangem todos os aspectos da sustentabilidade, identificando os parâmetros projetuais que envolvem a implantação de sanitários secos desidratadores com desvio de urina.

Este sistema por não utilizar água para diluir nem transportar as fezes, não está ligado a uma rede de esgoto. Consequentemente, não contamina o subsolo nem os cursos de água, possibilitando preservar este elemento essencial à vida. Os excrementos, após tratamento adequado, são utilizados como fertilizantes, devolvendo os nutrientes ao solo, fechando assim, o ciclo de nutrientes.

Constata-se que existem diversos exemplos de implantação de banheiros secos em todo o mundo, e uma carência de material sistematizado na literatura brasileira sobre o assunto enfocado. Por este motivo, a necessidade de fomentar o conceito de saneamento ecológico e incentivar a discussão acerca da utilização racional dos recursos naturais é outro fator relevante ao tema proposto.

1.3 Pergunta de pesquisa

Frente à problemática atual da gestão dos recursos hídricos baseada na concepção centralizada do esgotamento sanitário, cabe a pergunta que norteará o desenvolvimento da pesquisa:

Quais são os parâmetros projetuais principais para a implantação de Sanitários Secos Desidratadores com Desvio de Urina como tecnologia de saneamento mais sustentável?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Definir quais os parâmetros projetuais principais para a implantação de Sanitários Secos Desidratadores com Desvio de Urina como opção de sistema de saneamento mais sustentável.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os componentes de projeto da superestrutura do sanitário seco;

- Especificar os componentes de projeto do sistema de coleta e armazenamento das fezes e da urina;
- Demonstrar a funcionalidade, operação e monitoramento do sistema;
- Demonstrar a forma de dimensionamento da unidade sanitária;
- Discriminar as recomendações para o gerenciamento e tratamento das fezes e urina durante o armazenamento;
- Identificar as recomendações para eliminação segura das fezes e da urina.
- Confeccionar uma cartilha informativa sobre práticas de construção, manutenção e utilização da unidade sanitária.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como quaisquer outros seres vivos, o homem precisa de produtos para se alimentar e se manter e produz resíduos, onde o rejeito de uns seres é a matéria prima para outros. Reescrevendo o enunciado de Lavoisier, pode-se dizer que: na natureza nada é desperdiçado, tudo é reaproveitado. Infelizmente não tem sido sempre assim ao longo da história da civilização. O lixo e o esgoto são tratados como resíduos, desprezados pelo homem e dispostos de maneiras muitas vezes inadequadas, provocando graves danos ao meio ambiente e a saúde da população.

Analisar a disponibilidade da água e a interferência do homem no ciclo hidrológico, assim como a composição dos esgotos e as características dos sistemas de tratamento disponíveis, principalmente no contexto brasileiro é de suma importância para situar o tema abordado em um patamar relevante quando se refere ao uso da água de maneira racional.

Na perspectiva da sustentabilidade, soluções alternativas de tratamento de esgotos podem constituir ferramentas importantes para aplicação em determinados contextos onde a implantação de uma rede coletora é técnica ou economicamente inviável.

2.1 CONTEXTO ÁGUA E SANEAMENTO

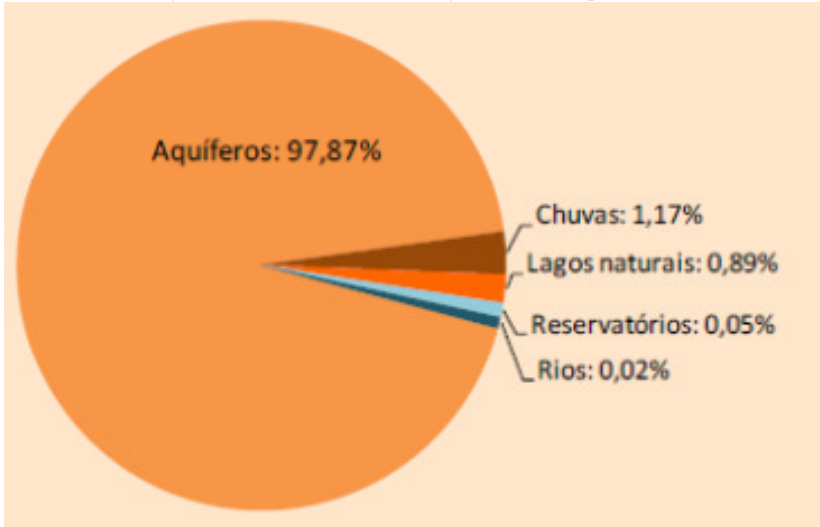
2.1.1 *Disponibilidade e uso da água*

A água, entre os insumos necessários para o desenvolvimento socioeconômico das nações é, sem dúvida, o principal insumo a ser considerado no desenvolvimento sustentável. O crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, as dificuldades de obtenção de financiamentos, o aumento dos investimentos necessários para a realização de projetos e obras de saneamento que atendam às demandas das cidades por meio de mananciais cada vez mais distantes, somados ao crescimento geométrico de áreas irrigadas e aos conflitos de uso que poderão ocorrer, são fatores que têm motivado a adoção de medidas que objetivam disciplinar o uso da água nas cidades (OLIVEIRA *et al.*,

2007). Por essa razão, entender o modo como ela se distribui e sua disponibilidade é de fundamental importância.

Segundo dados da Agência Nacional das Águas (ANA,2012), o planeta é formado por 75% de água (doce e salgada) e apenas 25% de terra (continentes e terra). A água doce que é apropriada para o consumo humano está distribuída conforme a Figura 1.

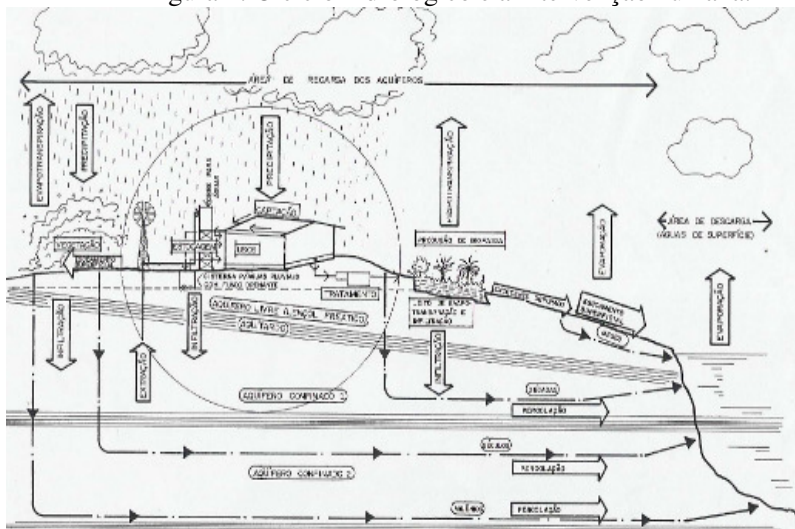
Figura 1: Distribuição de água doce no planeta.



(Fonte: ANA, 2011).

A movimentação da água de um meio para outro na Terra é conhecida pelo nome de *ciclo hidrológico* (Figura 2). Nesse ciclo, distinguem-se os seguintes mecanismos de transferência da água (ERCOLE, 2003): precipitação, escoamento superficial, infiltração, percolação, evaporação e evapotranspiração.

Figura 2: O ciclo hidrológico e a intervenção humana.



(Fonte: Ercole, 2003)

A intervenção humana no ciclo hidrológico natural originou um ciclo interno, denominado de ciclo urbano das águas, neste ciclo a água permanece na sua forma líquida, mas tem as suas características alteradas em virtude da sua utilização. A água é captada, tratada e distribuída para a população e devolvida para os rios e lagos, na maioria das vezes, com uma carga poluidora alta, sem o devido tratamento.

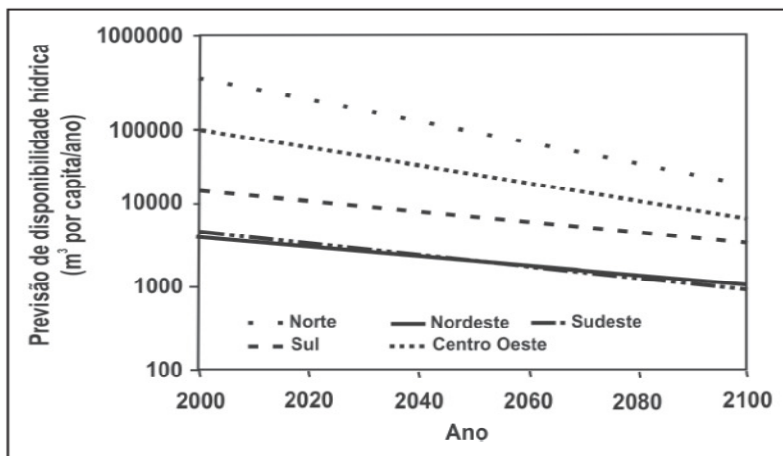
A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial está diretamente relacionada ao meio ambiente. No caso da diarreia, por exemplo, que atinge mais de quatro bilhões de pessoas por ano, entre as causas da doença, destacam-se as condições inadequadas de saneamento (FUNASA, 2006).

A rápida taxa de urbanização produz um dos principais impactos no ciclo hidrológico, alterando substancialmente a drenagem e a infiltração da água, além de gerar impactos como enchentes, deslizamentos e desastres, provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas, produzindo problemas à saúde humana.

A redução das correntes fluviais, o aumento da salinidade nos estuários e o desaparecimento de espécies e plantas aquáticas até 2020, também são alguns dos problemas ambientais verificados pela Organização das Nações Unidas decorrentes da escassez de água.

Para Gonçalves *et al* (2006), Figura 3, sem a implementação de programas de conservação a disponibilidade hídrica nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil podem chegar à condições catastróficamente baixas.

Figura 3: Previsão de disponibilidade hídrica no Brasil



(Fonte: Gonçalves *et al.*, 2006)

A Cúpula da Terra ou Rio-92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - CNUMAD) apresentou um capítulo específico sobre a sustentabilidade hídrica das populações. Trata-se do Capítulo 18 da Agenda 21, intitulado: “Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos; Aplicação de abordagens integradas para o desenvolvimento, gestão e uso da água” (ONU, 1992). Uma série de programas foi proposta nesse sentido, compreendendo objetivos tais como:

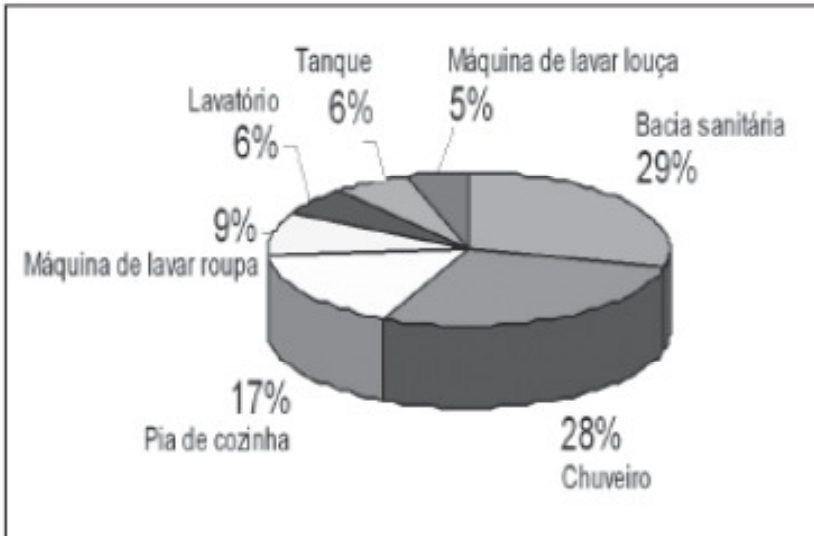
(1) Desenvolvimento de novas fontes e alternativas de abastecimento de água, tais como a dessalinização da água, a recarga artificial de aquíferos subterrâneos, o uso de águas com menor qualidade, o reuso de águas residuárias e a reciclagem de água.

(2) Promoção de práticas conservacionistas de água através de programas mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização do desperdício, inclusive com o desenvolvimento de mecanismos que resultem na poupança de água.

A eficiência no uso da água buscando sua preservação é de suma importância devido seu aspecto estruturante no desenvolvimento socioeconômico do país. A água está presente em todas as atividades do ser humano, em linhas gerais, a maior parte da água doce do mundo é consumida na agricultura, a qual é responsável pela utilização de aproximadamente 70% da mesma. O consumo doméstico está em segundo lugar com 23% e tem aumentado durante a última década numa média de 4% por ano. A indústria apresenta um consumo de água de cerca de 7% (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Analisando a Figura 4, que ilustra a distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo, é possível identificar que a bacia sanitária é o ponto de maior consumo de água, sendo responsável por 29% do consumo total (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Figura 4: Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo



(Fonte: Gonçalves et al., 2006).

Buscando o conceito de sustentabilidade, o uso da água deve adotar variadas práticas de conservação que envolve além da conscientização da população, a busca por fontes alternativas e a diminuição do consumo, priorizando-a para fins que exijam sua potabilidade, explorando as formas de reuso e a busca por tecnologias que reduzam ou até eliminem o uso da água como meio de transporte para dejetos humanos.

2.1.2 Características dos esgotos domésticos

As características do consumo doméstico de água refletem no volume de esgoto produzido. Este pode ser classificado como afirma Gonçalves *et al* (2006), em três categorias:

- Águas negras: água residuária proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico tendo em sua

composição grandes quantidades de matéria fecal.

- Águas cinzas: águas servidas provenientes dos diversos pontos de consumo de água na edificação (lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque), excetuando-se a água residuária proveniente dos vasos sanitários.
- Águas amarelas: água residuária proveniente de dispositivos que separam a urina das fezes. Podem ser geradas em mictórios ou em vasos sanitários com compartimentos separados para coleta de fezes e de urina. Segundo Calvert *et al* (2004), estima-se que um banheiro de descarga convencional utiliza 15.000l de água potável por pessoa/ano, para transportar 50 L de fezes e 500 L de urina, refletindo uma cultura de geração de resíduos, causando uma série de problemas de poluição e saúde pública.

Como afirma Von Sperling (1996), a poluição das águas compreende a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo de água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. Ela pode ser pontual ou difusa, a questão é que os poluentes atingem o corpo de água, deteriorando a qualidade dos mesmos. Os meios de poluição podem ser identificados por: esgotos urbanos, as emissões dos efluentes industriais, as agroindústrias e as atividades mineradoras.

Segundo Ercole (2003), nos esgotos domésticos de origem residencial, o líquido, em si, nada mais é que um meio de transporte das inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microorganismos, eliminados pelo homem diariamente. Os sólidos, sim, são responsáveis pela deterioração da qualidade do corpo de água que recebe os esgotos e, portanto, seu conhecimento se revela muito importante para o desenvolvimento e planejamento de qualquer sistema de tratamento de esgotos. A Figura 5 ilustra a composição dos esgotos domésticos, o percentual e tipo de sólidos característicos deste material.

Figura 5: Composição qualitativa dos esgotos sanitários



(Fonte: Ercole, 2003).

Para caracterização dos esgotos, utilizam-se determinações físicas, químicas e biológicas, cujas grandezas permitem conhecer o grau de poluição das águas. Segundo von Sperling (1996), as características físicas compreendem: temperatura, coloração, odor e turbidez. Já as características químicas são compostas por: sólidos totais, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, pH, alcalinidade, cloretos, óleos e graxas. Os microorganismos também estão presentes nos esgotos, os mais encontrados são: bactérias, fungos, protozoários, vírus e helmintos. Como afirma von Sperling (1996), o impacto do lançamento de efluentes nos corpos receptores é devido principalmente ao consumo de oxigênio dissolvido realizado pela introdução de matéria orgânica em um corpo de água. Tal se deve aos processos de estabilização da matéria orgânica realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração. A redução nos teores de oxigênio dissolvido é seletiva para determinadas espécies.

A eutrofização de um corpo de água é definida pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo de água (VON SPERLING, 1996). O principal fator de estímulo é um nível excessivo de nutrientes no corpo

d'água, principalmente nitrogênio e fósforo.

Outro aspecto importante de poluição das águas esta relacionado com o fator higiênico, associado às doenças de veiculação hídrica. Pois a maioria dos agentes tem no trato intestinal humano as condições ótimas para o seu crescimento e reprodução. Uma das estratégias disponíveis para o controle da poluição no curso de água é o tratamento dos esgotos. Sabe-se que domicílios com instalações sanitárias deficientes para o escoamento de dejetos reduzem, em muito, os benefícios potenciais do abastecimento de água potável e provocam a transmissão de doenças infecciosas e parasitárias. A Organização das Nações Unidas (2011) estima que o ambiente doméstico inadequado seja responsável por quase 30% da ocorrência de doenças nos países em desenvolvimento.

2.1.3 Principais sistemas de tratamento de esgoto

Os tratamentos dos esgotos podem ser realizados através de estações de tratamento de esgotos ou através de disposição local. O objetivo do tratamento é remover as impurezas físicas, químicas e biológicas, principalmente os organismos patogênicos.

Como afirma Ercole (2003), os principais sistemas utilizados nas estações de tratamento de esgotos, de acordo com as suas características básicas, são classificados em anaeróbios, anaeróbios com biofilmes, lodos ativados, lagoas de tratamento e disposição controlada no solo.

Os sistemas centralizados funcionam através de redes de esgoto que coletam toda a contribuição gerada e a transportam para ser tratada em uma estação. Embora a concepção vigente para gestão dos sistemas de esgotos ainda seja dirigida para estes sistemas, verifica-se que a sua execução é dificultada pelo alto custo de infraestrutura envolvida neste transporte das substâncias, assim como os gastos com energia e manutenção. Estudos destacam que o transporte dos esgotos (rede) representa um custo de cerca de 70% do valor total das obras de um sistema de esgotamento sanitário. Além destes, existem aspectos geográficos que inviabilizam a sua implantação, devido à distribuição espacial das aglomerações urbanas, que às vezes se apresenta dispersa ou até isolada, como é o caso das áreas rurais.

Os sistemas com tratamento e disposição local dos esgotos têm como premissas básicas a efetivação do tratamento e a disposição do esgoto

junto às unidades onde este é produzido ou em locais próximos a estas. Normalmente são sistemas bastante simples, com pouco ou nenhum emprego de energia elétrica, com baixos requisitos de operação, manutenção e área (ERCOLE, 2003).

Sistemas descentralizados de esgotos são, portanto, concepções técnicas que priorizam a redução da extensão da rede de esgoto, buscando alternativas de tratamento que melhor se adaptem a realidade local. Inúmeras são as alternativas tecnológicas que podem ser empregadas no tratamento descentralizado de esgotos. Destacam-se entre elas desde os sistemas anaeróbios (tanques sépticos) combinados com filtros anaeróbios, sumidouro, valas de infiltração, leitos de evapotranspiração, filtros plantados com macrófitas biodigestores e sanitários secos.

Os sistemas centralizados e descentralizados de tratamento de esgotos têm sido utilizados concomitantemente através de décadas em diferentes partes do mundo. Enquanto os primeiros são amplamente utilizados para grandes cidades, os segundos o foram para pequenas comunidades e habitações isoladas.

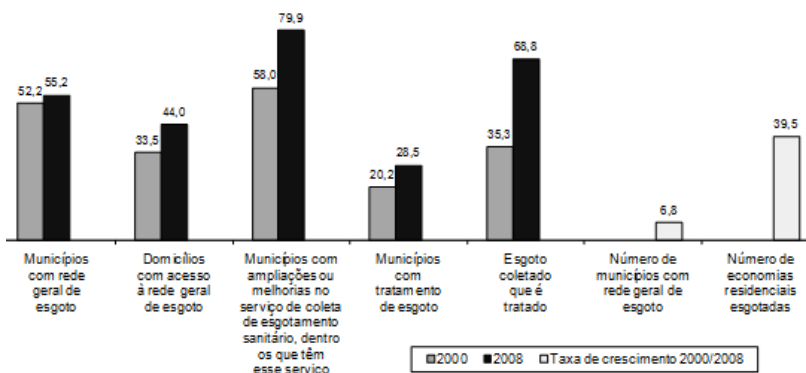
A concepção centralizada do esgotamento sanitário, segundo Lettinga *et al* (2001), se baseava na idéia de que os sistemas centralizados apresentavam unidades menos eficientes, gerando efluentes de menor qualidade ou tendo como base uma grande necessidade de espaço. No entanto, com o conceito de sustentabilidade, os sistemas centralizados apresentam elementos que se contrapõem a esta nova abordagem.

2.1.4 Panorama do esgotamento sanitário no Brasil

As informações produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), oriundas da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008), identificou que entre 2000 e 2008, o percentual de municípios brasileiros que tinham rede geral de abastecimento de água em pelo menos um distrito aumentou de 97,9% para 99,4%; o manejo dos resíduos sólidos (que inclui coleta e destinação final do lixo e limpeza pública) passou a existir em todos os municípios em 2008, frente a 99,4% deles em 2000; e os serviços de manejo de águas pluviais (drenagem urbana), que existiam em 78,6% dos municípios em 2000, chegaram a 94,5% em 2008.

O IBGE/ PNSB (2008) ainda constatou que a coleta de esgoto por rede geral que estava presente em 52,2% dos municípios em 2000, passou para 55,2% em 2008. Entretanto, nos municípios em que o serviço existia, houve, no mesmo período, um aumento dos que registraram ampliação ou melhoria no sistema de esgotamento, de 58% para 79,9% do total, e dos domicílios atendidos, de 33,5% para 44%, estes dados podem ser verificados na Figura 6 que ilustra as principais variáveis do esgotamento sanitário no Brasil.

Figura 6: Evolução percentual das principais variáveis do esgotamento sanitário – Brasil – 2000/2008



(Fonte: PNSB, 2008).

Do esgoto coletado, 68,8% era tratado – percentual bastante superior aos 35,3% de 2000, embora menos de um terço dos municípios (28,5%) fizessem o tratamento, com acentuadas diferenças regionais nesse percentual, que alcançou 78,4% dos municípios no estado de São Paulo e 1,4% no Maranhão (IBGE/ PNSB, 2008).

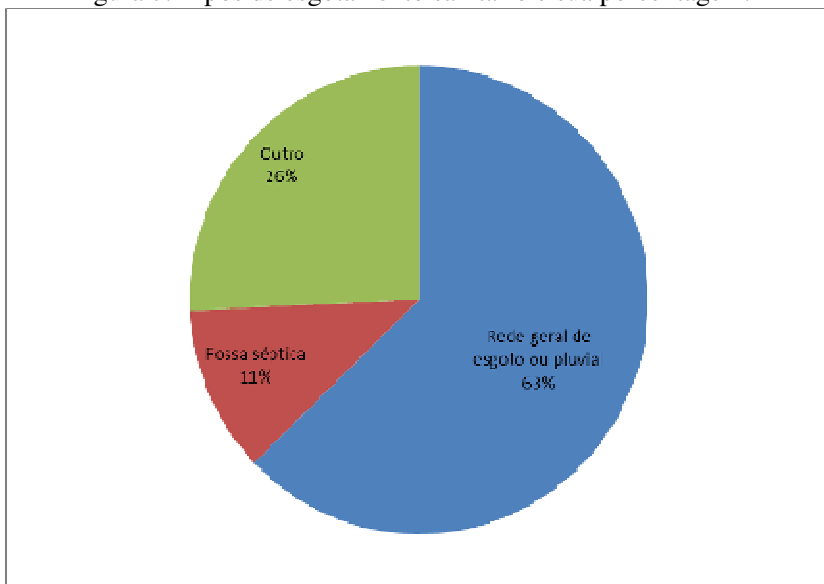
Em oito anos, o percentual de municípios que destinavam seus resíduos a vazadouros a céu aberto caiu de 72,3% para 50,8%, enquanto os que utilizavam aterros sanitários cresceram de 17,3% para 27,7%. Ao mesmo tempo, o número de programas de coleta seletiva dobrou, passando de 451 em 2000 para 994 em 2008, concentrando-se, sobretudo, nas regiões

Sul e Sudeste, onde, respectivamente, 46% e 32,4% dos municípios informaram ter coleta seletiva em todos os distritos (IBGE/ PNSB, 2008) De acordo com o IBGE/PNSB 2008, em somente 17% dos municípios as prefeituras realizavam o abastecimento de água de forma exclusiva, ficando a prestação desse serviço, em maior medida, com outras entidades (58,2%) ou de forma combinada (24,7%). A situação se invertia quando se tratava do serviço de coleta de esgoto: em 55,6 % dos municípios, as prefeituras executavam o serviço de forma exclusiva, e 41,6% tinham a execução sob a responsabilidade de outras entidades. O manejo de águas pluviais era executado quase que exclusivamente pelas prefeituras municipais (98,6%). No manejo dos resíduos sólidos a maior parte das prefeituras se incumbia exclusivamente da prestação dos serviços (59,1%), enquanto em 31,2% delas a forma de execução compreendia outras entidades.

Quanto à existência de instrumentos legais reguladores dos serviços de saneamento básico, constatou-se que o abastecimento de água era regulado em 32,5% dos municípios, o esgotamento sanitário, em 18,4%, e o manejo de águas pluviais, em 18% (IBGE/PNSB 2008).

Observa-se que o contexto do saneamento brasileiro demonstra uma crescente evolução, reforçada pelos dados produzidos pelo Censo Demográfico de 2010, onde verifica-se que 63% domicílios urbanos estão ligados a uma rede geral de esgoto ou pluvial, os demais utilizam fossa séptica (11%) ou outros (26%), como valas ou destinam seu esgotamento diretamente para os corpos de água (rios, mares, lagoas, etc.). Esse percentual também pode ser interpretado na Figura 7 conforme as regiões brasileiras (IBGE, 2010).

Figura 7: Tipos de esgotamento sanitário e sua porcentagem.



(Fonte: IBGE, 2010).

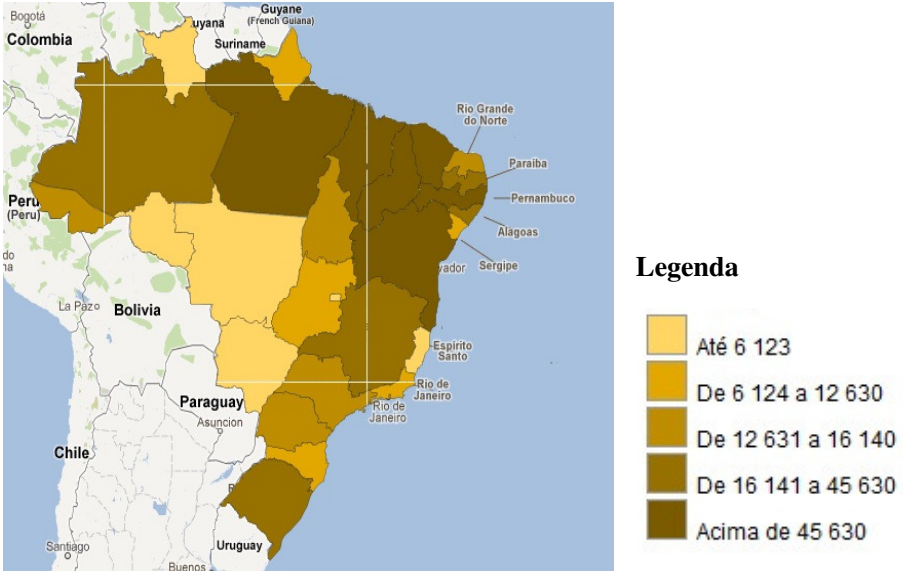
Quadro 1: Domicílios particulares permanentes e moradores em domicílios particulares permanentes e tipo de esgotamento sanitário:

Rede geral de esgoto ou pluvial	95 820 264
Fossa séptica	17 590 970
Outro	39 235 724

(Fonte: IBGE, 2010).

Entretanto, verifica-se que mais de 900 mil de pessoas que moram em domicílios particulares permanentes em áreas urbanas, não dispõem de banheiros ou sanitários em suas moradias. O Maranhão foi o estado que apresentou o maior índice com 161.970 pessoas, seguido da Bahia onde 129.354 pessoas ainda vivem nesta situação (IBGE, 2010).

Mapa 1: Moradores em domicílios particulares permanentes, em áreas urbanas, sem banheiro ou sanitário (Pessoas).



(Fonte: IBGE, 2010).

Quadro 2: Domicílios particulares permanentes e moradores em domicílios particulares permanentes, por existência de banheiro ou sanitário:

Tinham	152 646 958
Não tinham	917 316

(Fonte: IBGE, 2010).

A existência de esgotamento sanitário é fundamental na avaliação das condições de saúde da população, pois o acesso ao saneamento básico é essencial para o controle e a redução de doenças, associado a outras informações ambiental e socioeconômica, incluindo o acesso a outros serviços de saneamento, saúde, educação e renda, é um bom indicador de desenvolvimento sustentável.

Trata-se de indicador muito importante, tanto para a caracterização básica da qualidade de vida da população residente em um território quanto para o acompanhamento das políticas públicas de saneamentos básico e ambiental.

2.2 O SANEAMENTO E A SUSTENTABILIDADE

2.2.1 Saneamento Ecológico

O objetivo principal de um sistema de saneamento segundo a Aliança de Saneamento Sustentável (Sustainable Sanitation Alliance – SuSanA, 2011) é proteger e promover a saúde humana assegurando um ambiente saudável e neutralizando o ciclo de disseminação de doenças. Para ser sustentável, um sistema de saneamento deve ser não apenas economicamente viável, mas socialmente aceitável e apropriado do ponto de vista tecnológico e institucional. Deve, adicionalmente, proteger o ambiente e os recursos naturais. Quando se melhora um sistema existente ou se projeta um novo sistema de saneamento, devem-se considerar os critérios de sustentabilidade relacionados com os seguintes aspectos:

- (1) Saúde e higiene: inclui o risco de exposição aos patógenos e substâncias tóxicas que poderia afetar a saúde pública em todos os níveis do sistema de saneamento: desde o sanitário pela coleta e o sistema de tratamento até o ponto de reuso ou disposição final. Este tema aborda, também, aspectos de higiene, nutrição e melhoria na qualidade vida, obtida pela utilização de um sistema de saneamento seguro, incluindo-se os efeitos à jusante (rio abaixo).
- (2) Meio Ambiente e recursos naturais: este aspecto trata dos recursos necessários (matérias-primas, energia, água, etc.) para a construção, operação e manutenção dos sistemas, assim como as emissões potenciais ao ambiente resultantes de seu uso. Isto inclui adicionalmente o grau de reciclagem, reuso e seus efeitos (por exemplo, reutilizando águas residuárias, retornando os nutrientes e a matéria orgânica à agricultura) e, a proteção de outros recursos não renováveis, através da produção de energias renováveis, como por exemplo, o caso do biogás.
- (3) Tecnologia e operação: compreende a funcionalidade e a facilidade

de implantação do sistema, incluindo as etapas de coleta, transporte, tratamento e reuso e/ou disposição final podem ser construídos, operados e monitorados pela comunidade local ou uma equipe de técnicos da localidade. Outros aspectos importantes são a robustez do sistema, sua vulnerabilidade aos desastres e cortes de energia, escassez de água, inundações, adaptabilidade de seus elementos técnicos a infraestrutura existente e aos desenvolvimentos demográficos e socioeconômicos.

(4) Aspectos econômicos e financeiros: este item relaciona-se com a capacidade dos moradores e comunidades de pagarem pelo saneamento, incluindo a construção, operação, manutenção e reinvestimentos ao bom funcionamento do sistema. Apesar da avaliação dos custos diretos, devem-se considerar, também, os benefícios diretos, por exemplo, com a reciclagem de produtos (condicionadores de solo, fertilizantes, energia e água de reuso), os custos e benefícios externos. Os custos externos incluem a contaminação ambiental e os riscos à saúde pública e enquanto que os benefícios resultam no aumento da produtividade agrícola e criação de empregos, melhorias a saúde e redução de riscos ambientais.

(5) Aspectos culturais e institucionais: os critérios nesta categoria avaliam a aceitação sócio-cultural; a adaptação do sistema à comunidade; a percepção da sociedade ao sistema; questões de gênero e impactos com a dignidade humana; a contribuição à economia de subsistência e a seguridade alimentar; o cumprimento dos aspectos legais e institucionais.

Harremoes (1999) faz diversas considerações sobre os aspectos de sustentabilidade aplicados aos sistemas naturais e aos recursos renováveis, principalmente a água. Para o autor as políticas no setor são estabelecidas sobre a demanda e deveriam ser feitas sobre a necessidade. A Aliança de Saneamento Sustentável (SuSanA, 2011), reforça que a principal falha nesta abordagem tradicional do planejamento de infraestrutura urbana onde os técnicos avaliam as demandas de uma determinada área, e então decidem sobre que tipo de serviços lhe serão fornecidos, foi não levar em conta as necessidades manifestadas e as condições dos usuários dos serviços de saneamento, assim como de outros importantes grupos de interesse (proprietários de terras, políticos, instituições financeiras, usuários de águas residuais ou outros produtos

gerados pelos sistemas de saneamento).

A Aliança de Saneamento Sustentável (SuSanA, 2011), ainda afirma que isto se deve ao planejamento tecnocrático, “de cima para baixo”, que está dominado por interesses enraizados historicamente, poderosas elites e importantes figuras nos níveis local e nacional que tendem a promover dispendiosas abordagens orientadas à oferta. Há poucas tentativas de tentar incluir as visões dos usuários quando grandes projetos e novos bairros são planejados e implementados.

Esta prática apresenta diversas desvantagens, pois, devido a questões financeiras, os bairros ricos são os maiores beneficiados, pois podem bancar os níveis de serviços mais elevados, sendo assim os projetos para bairros pobres não se materializam. As soluções adotadas para os bairros pobres tendem a ser universais e não considera os efeitos negativos como a poluição ambiental. Além do que, o alto custo destes projetos restringe o contrato a grandes construtoras, excluindo os pequenos e médios empresários.

Contudo, observa-se que grandes porções das cidades do mundo em desenvolvimento são completamente negligenciadas pelo planejamento tradicional. A maioria da população urbana vive em assentamentos informais e não planejados que são, muitas vezes, considerados ‘ilegais’ ou ‘não aprovados’ e, na melhor das hipóteses, tolerados.

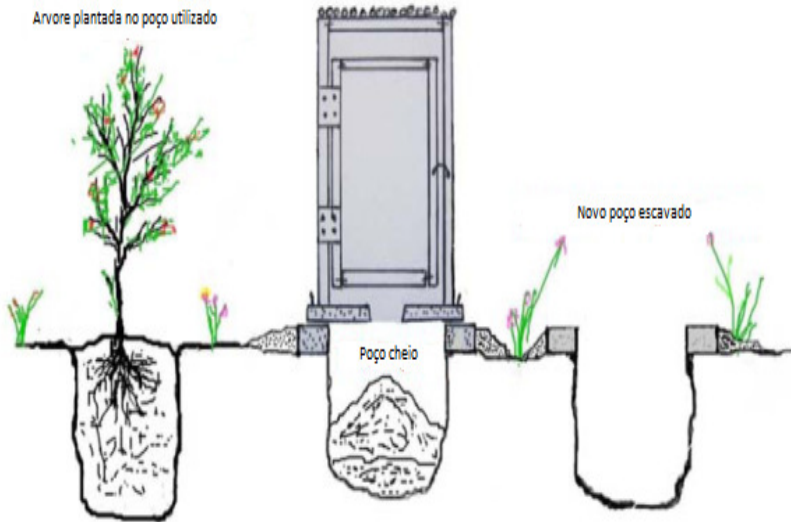
Observa-se com o exposto, que as abordagens para as soluções de saneamento devem contemplar o tripé: sociedade – tecnologia - ecossistemas. Sabe-se que não existe um sistema estabelecido, que atenda as diferentes circunstâncias com o mesmo grau. Por isso, a implementação de um sistema de esgoto dependerá dos arranjos locais, considerando todos os aspectos da sustentabilidade.

Harremoes (1999), ainda argumenta quando estabelece alguns elementos, os quais ele chama de novos paradigmas e, entre eles, o fato de que um sistema não é sustentável enquanto utiliza água tratada para transportar matéria. Ele reforça, ainda, o sentido da recirculação com reuso e afirma que: “a solução é o saneamento com pequeno consumo de água, o que já é conhecido há muito tempo, mas que ainda não se consegue implantar. As razões para a falta de sucesso estão associadas com atitudes, cultura e educação: é um problema social mais do que um problema técnico”.

Diante da problemática associada à implantação de sistemas centralizados de esgoto e a utilização de fluxo de água para a condução dos dejetos, a alternativa utilizada por alguns países em desenvolvimento que não podem pagar pelos serviços de descarga hídrica é a utilização de latrinas.

A Figura 8 ilustra um modelo de latrina simples, nela os excrementos são depositados diretamente em um poço escavado no solo, quando o buraco se enche, ele é abandonado, costuma-se plantar uma árvore em cima e parte-se para outro local que deve ser escavado para comportar o novo poço. Uma versão melhorada das latrinas são as latrinas ventiladas, que reduzem os odores por meio do efeito sifão.

Figura 8: Latrina simples

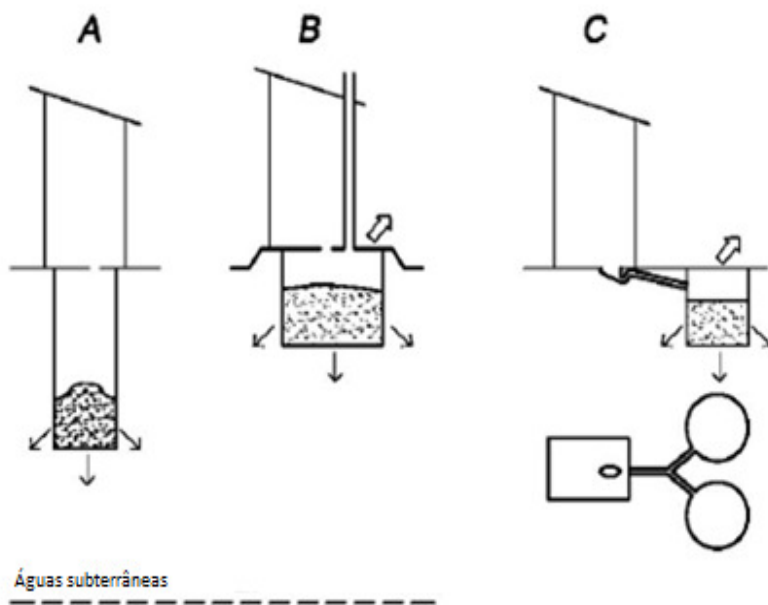


(Fonte: Morgan, 2007)

As Latrinas de sifão ou latrinas de descarga manual (Figura 9) são uma variação das latrinas de poço e consistem em um sistema que utiliza uma

panela de descarga por gravidade ao invés de uma placa de agachamento com um buraco no solo (latrinas de poço simples). A panela sanitária consiste de um sifão, que cria um selo de água formando uma barreira efetiva contra odores e insetos e evita que a excreta seja vista quando esta for descarregada. Os dejetos são descarregados com água, que é transferida manualmente para uma panela usando uma pá funda. O volume de água requerido para descarregar este modelo sanitário é de entre dois e três litros. Por isso também é chamada de latrina de baixo fluxo.

Figura 9: Latrina simples (A), latrina ventilada (B) e latrina de baixo fluxo (C).



(Fonte: Heeb et al., 2007)

Como afirmam Calvert *et al* (2004), estes sistemas utilizam muito pouca água para seu funcionamento mas apresentam algumas desvantagens, pois para evitar a contaminação das águas não podem ser implantados

em locais onde o nível do lençol freático seja alto, em solos rochosos e em áreas periodicamente alagadas (Figura 10). Problemas com maus odores, moscas e a desvantagem de ter que fazer uma nova escavação com a saturação do poço existente são outras complicações.

Figura 10 : Latrinas inundadas após a passagem do ciclone em Bangladesh

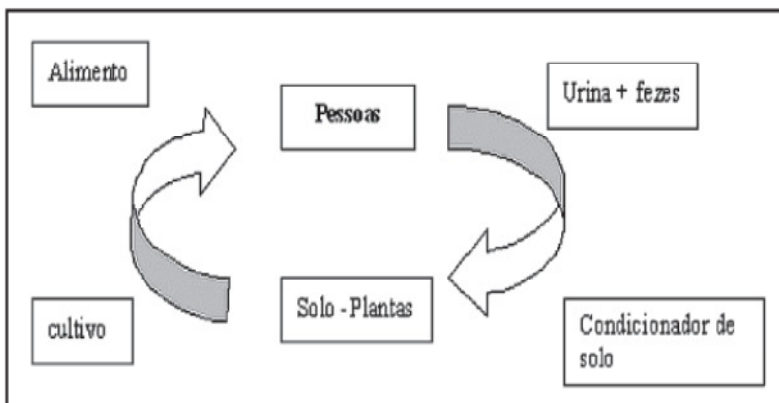


(Disponível em: <www.drytoilet.org>)

Outra desvantagem desta tecnologia é que são construídas originalmente para a eliminação das fezes e não para reutilização das mesmas. Uma quantidade substancial de nutrientes, especialmente nitrogênio, é perdida por percolação ou evaporação (HEEB, 2007).

Diante disso, uma nova perspectiva no contexto do saneamento denominada Ecological Sanitation - Eco-San, derivado da abreviação em língua inglesa de Saneamento Ecológico, oferece uma filosofia de lidar com aquilo que é atualmente considerado resíduo. Esta abordagem cíclica (Figura 11) considera os excrementos humanos como recursos.

Figura 11: O ciclo excreta



(Fonte: Esrey et al., 1999)

No conceito eco-san, a solução ideal para as águas residuais, pelas diferentes características que apresentam, é separá-las em três componentes: fezes, urina e águas cinzas, pois assim podem ser mais facilmente tratadas separadamente. As águas cinzas podem ser separadas na origem, pois devido ao seu baixo grau de poluição é muito mais fácil de tratar do que as negras e amarelas (HEEB, 2007).

A urina e as fezes são coletadas e armazenadas no local, recebendo o tratamento necessário, até que estejam livres dos organismos patogênicos, podendo ser devolvidas ao solo na forma de nutrientes. Ao contrário das abordagens convencionais de saneamento que quebram o ciclo de nutrientes apresentando um fluxo linear, os sistemas eco-san têm o objetivo, além de promover a destruição dos organismos patogênicos dos excrementos, evitar a poluição, capturar os nutrientes e reciclá-los de volta ao solo. Contribui-se assim, para preservar a fertilidade na agricultura, garantindo a segurança alimentar.

2.2.2 Ciclo de nutrientes

A composição da matéria fecal e urina humana podem ser observadas no Quadro 3, que demonstra a potencialidade desses materiais para a aplicação agrícola devido a presença de nitrogênio, fósforo e potássio

(N, P, K), principais nutrientes das plantas. Estes produtos geralmente não estão contaminados com substâncias tóxicas da indústria química, mas ainda assim devem ser tratados para reduzir os índices de patógenos para um nível seguro.

Quadro 3. Composição da matéria fecal e urina humana.

Fezes 0,3 – 0,6 Kg/ pessoa/ dia (135- 270 gramas), peso úmido	
Matéria orgânica (em peso seco).....	88- 97%
Umidade.....	66- 80%
Nitrogênio.....	5-7%
Fósforo.....	3- 5,4%
Potássio.....	1- 2,5%
Carbono.....	40- 55%
Cálcio.....	4- 5%
Relação C/N.....	5- 10
Urina 1,75- 2,25 litros por pessoa por dia (1,0- 1,3 litros)	
Umidade.....	93- 96%
Nitrogênio.....	15- 19%
Fósforo.....	2,5- 5%
Potássio.....	3- 4,5%
Carbono.....	11- 17%
Cálcio.....	4,5- 6%

(Fonte: Jenkins, 2005)

A urina contém a maior parte dos nutrientes que são essenciais na agricultura nitrogênio, fósforo e potássio (N, P, K), em quantidades bastante adequadas para o uso direto na produção (ESREY *et al.*, 1999). Estima-se que este tipo de reciclagem dos nutrientes poderia substituir de 20 a 25% dos fertilizantes químicos comerciais atualmente

(GONÇALVES, 2006).

Quando se analisa o sistema de coleta em separado, visando a recuperação da urina, pode-se inferir que existe uma economia de energia ao se utilizar esta urina como insumo agrícola. Esta economia se traduz na diminuição e/ou substituição de compostos de nitrogênio presentes em fertilizantes químicos, diminuindo assim o gasto energético necessário para todo o processo de obtenção destes compostos, podendo chegar a uma economia de 36 % da energia gasta (JÖNSSON *et al.*, 2004).

A própria diminuição da energia necessária aos processos de nitrificação, desnitrificação e remoção de fósforo seria evitada. Se toda a urina produzida fosse coletada em separado, cerca de 80 a 85 % das emissões de compostos de nitrogênio e 50 % de compostos de fósforo deixariam de contaminar e comprometer a qualidade dos corpos de água (JÖNSSON *et al.*, 2004).

Mesmo contendo menos nutrientes que a urina, as fezes representam um valioso condicionador de solos. Como afirma Esrey *et al* (1999), as fezes humanas são compostas por matéria orgânica não digerida, como as fibras de carbono. A quantidade total excretada por um ser humano em um ano é de 25 a 50 Kg que por sua vez compreendem 550g de nitrogênio, 180 g de Fósforo e 370 g de potássio. Depois de receber um tratamento adequado para a destruição dos patogênicos, o material pode ser aplicado ao solo resultando uma série de benefícios.

2.2.3 *Organismos patogênicos*

O uso direto da excreta, fezes e urina humana, resulta no uso benéfico dos nutrientes na agricultura. Estes produtos usualmente não contêm contaminantes químicos industrializados que poderiam impedir o reuso das águas residuárias municipais, mas devem ser tratados para reduzir os níveis de patógenos a um nível seguro. Metabolitos humanos como os hormônios podem existir, mas o reuso em terras cultiváveis diminuiria o impacto negativo nas fontes de água. Do ponto de vista da higiene, tanto o uso das águas residuárias como da excreta, podem reduzir os riscos de exposição ao agente patógeno, se o tratamento e outras barreiras contra a exposição forem considerados. Por outro lado, o risco pode aumentar pelas práticas inadequadas de manejo da cadeia da excreta e por um

tratamento e uso inapropriados das águas residuárias, assim como a exposição indeterminada (SCHONNING e STENSTROM, 2004).

Schonning e Stenstrom (2004), ainda afirmam que a presença dos organismos causadores de doenças na excreta humana é o resultado da infecção dos indivíduos. Este tipo de infecção não se manifesta necessariamente com sintomas clínicos, mas podem conduzir a uma excreção dos patógenos em questão. Para os organismos que infectam o trato gastrointestinal, esta excreção se dá basicamente através das fezes.

Organismos patogênicos geralmente compreendem as bactérias, vírus e parasitas, como vermes, amebas e protozoários, que invadem o organismo e causam doenças por uma variedade de meios que sobrecarregam o sistema imunológico e danificam ou destroem o tecido vivo.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), os parasitas intestinais estão entre os patógenos mais frequentemente encontrados em seres humanos. Dentre os helmintos, os mais frequentes são os nematelmintos *Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura* e os ancilostomatídeos, *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*. Dentre os protozoários, destacam-se *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*. Estima-se que cerca de 1 bilhão de indivíduos em todo mundo sejam acometidos por *Ascaris lumbricoides*, sendo apenas pouco menor o contingente infestado por *Trichuris trichiura* e pelos ancilostomatídeos. Estima-se, também, que 200 e 400 milhões de indivíduos, alberguem *Giardia lamblia* e *Entamoeba histolytica*, respectivamente.

Os patógenos tradicionalmente conhecidos que são excretados na urina são *Leptospira interrogans*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* e *Schistosoma haematobium*. A Tabela 1 ilustra uma variedade de outros patógenos que são detectados na urina, mas sua presença pode ser considerada insignificante para o risco da transmissão ambiental de doenças (SCHONNING e STENSTRON, 2004).

Tabela 1: Patógenos que poderiam ser excretados na urina e a importância da urina como meio de transmissão.

Patógenos	Urina como meio de transmissão	Importância
<i>Leptospira interrogans</i>	Usualmente através da urina animal	Provavelmente baixo
<i>Salmonella typhi</i> e <i>Salmonella paratyphi</i>	Provavelmente incomum, excretada na urina em infecção sistêmica	Baixo comparado com outros meios de transmissão
<i>Schistosoma haematobium</i> (ovos excretados)	Não direta mas indiretamente, a larva infecta os humanos através da água doce	É necessário considerar em áreas endêmicas onde água doce é disponível
Mycobacteria	Incomum, normalmente transportado pelo ar	Baixo
Virus: citomegalovírus (CMV), JCV, BKV, adeno, hepatite e outros	Normalmente não reconhecido, com exceção de casos isolados de hepatite A e sugerido para hepatite B. Necessita de mais informação	Provavelmente baixo
Microsporidia	Sugerido, mas não reconhecido	Baixo
Causadores das doenças venéreas	Não, não sobrevivem durante períodos significativos fora do corpo	-
Infecções do trato urinário	Não, não há uma transmissão ambiental direta	Baixo

Fonte: Schoning e Stenstron, 2004)

Os patógenos em sistemas sanitários que apresentam risco, geralmente estão relacionados com a fração fecal e não com a fração da urina. Por

isso é muito importante evitar ou minimizar a contaminação cruzada com a fração de urina. A contaminação fecal cruzada pode ocorrer pela disposição errada das fezes no sanitário separador de urina, diz respeito aos riscos mais significantes para a saúde (SCHONNING e STENSTRON, 2004).

Os patógenos de importância na transmissão ambiental através das fezes causam principalmente sintomas gastrointestinais como diarreia, vômito e dores de estômago. Alguns poderiam causar sintomas que envolvam outros órgãos e seqüelas graves. A Tabela 2 mostra uma lista de uma série de agentes patogênicos de importância e seus sintomas (SCHONNING e STENSTRON, 2004).

Tabela 2: Exemplos de patógenos que podem ser excretados nas fezes (podem ser transmitidos através da água e de um saneamento inadequado) e doenças relacionadas, incluindo, por exemplo, sintomas que podem ser causados pelos mesmos.

Grupo	Patógeno	Doença – Sintomas
Bactéria		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Enterite
	<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	Campilobacteriose – diarreia, cãibra, dor abdominal, febre, náuseas, artrite, síndrome de Guillain- Barré
	<i>Escherichia coli</i> (EIEC, EPEC, ETEC, EHEC)	Enterite
	<i>Pleisiomonas shigelloides</i>	Enterite
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Vários; bacteriemia, infecções da pele, otite, meningite, pneumonia

Continua

Continuação

	<i>Salmonella typhi/paratyphi</i>	Febre tifoide e febre paratifoide – dor de cabeça, febre, mal-estar geral, anorexia, bradicardia, esplenomegalia, tosse
	<i>Salmonella</i> spp.	Salmonelose – diarreia, febre, câimbras abdominais
	<i>Shigella</i> spp.	Shigellosis – disenteria (diarreia sangüínea), vômitos, câimbras, febre, síndrome de Reiter
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera – diarreia aquosa, grave e fatal se não recebem tratamento
	<i>Yersinia</i> spp.	Yersinioses – febre, dor abdominal, diarreia, dores nas articulações, erupção
Vírus		
	Adenovirus	Vários; doença respiratória. Acrescentado aqui devido aos tipos entéricos (ver abaixo)
	Enteric adenovírus 40 e 41	Enterite
	Astrovirus	Enterite
	Calicivirus (incl. Noroviruses)	Enterite
	Coxsackievirus	Vários; doença respiratória; enterite; meningite viral
	Echovirus	Meningite asséptica; encefalite; frequentemente assintomática

Continua

Continuação

	Enterovirus tipos 68-71	Meningite; encefalite; paralisia
	Hepatitis A	Hepatite – febre, mal- estar geral, anorexia, náuseas, desconforto abdominal, icterícia
	Hepatitis E	Hepatite
	Poliovirus	Poliomelite – frequentemente assintomática, febre, náuseas, vômitos, dor de cabeça, paralisia
	Rotavirus	Enterite
Protozoários		
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Criptosporidíase – diarreia aquosa, câimbras abdominais e dor
	<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Frequentemente assintomático; diarreia; dor abdominal
	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase- frequentemente assintomática, desenteria, desconforto abdominal, febre, calafrios
	<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiase – diarreia, câibras abdominais, mal- estar, perda de peso
Helmintos		
	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Em geral, poucos ou nenhum sintoma; chiado no peito, tosse, febre, enterite, eosinofilia pulmonar

Continua

Continuação

	<i>Taenia solium/saginata</i> <i>Trichuris trichiura</i>	Não aparenta sintomas desde vago desconforto do trato digestivo ao emagrecimento até pele seca e diarreia
	Ancilostoma Shistosomiasis spp.	Coceira, erupção, tosse, anemia, deficiência de proteínas

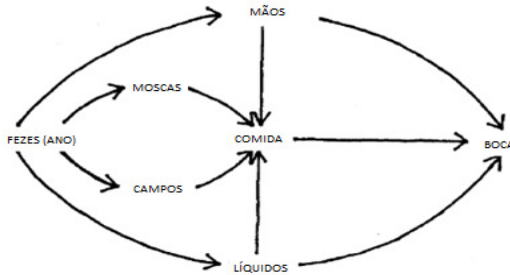
(Fonte: Schonning e Stenstrom, 2004).

Nos países em desenvolvimento, as infecções por helmintos são mais preocupantes. Os ovos (óvulos) especialmente de *Ascaris* e *Taenia* são muito persistentes no ambiente e por isso são considerados como um indicador de qualidade higiênica (SCHONNING e STENSTRON, 2004). Esses ovos requerem um período de latência e condições favoráveis no solo ou nas fezes depositadas para que eclodam em larvas e se tornem infecciosas.

Os patógenos são transmitidos através da rota oral-fecal, através da ingestão, através das mãos, comida ou água (Figura 12). O contato direto e indireto com as excretas pode ocorrer antes do tratamento, durante o tratamento incluindo o seu manuseio, ou quando o material é aplicado no solo. A contaminação da comida pode ocorrer por práticas não higiênicas na cozinha.

Do momento em que a excreta deixa o corpo e antes que os patógenos tenham acesso ao meio ambiente, existem várias opções de prevenir a disseminação de doenças. O enfoque tradicional é enviá-las através do sanitário de fluxo de água acionando a descarga. O que acontece é que com este método, nem sempre, se estará evitando a contaminação do ambiente, pois na maioria das vezes as águas negras não recebem o devido tratamento, sendo lançadas diretamente nos cursos de água acarretando graves danos ambientais.

Figura 12. As rotas de transmissão dos patógenos e as barreiras requeridas para prevenir a transmissão de doenças.



(Fonte: Adaptado de Esrey et al., 1999)

Para os sistemas de saneamento que utilizam água, o esgoto é uma importante rota de transmissão quando as águas residuárias mais ou menos tratadas são lançadas em um corpo receptor ou usadas em uma área cultivável. Os sanitários secos têm menos probabilidades de afetar as águas superficiais ou subterrâneas. No entanto, isto pode ocorrer se for construído ou localizado indevidamente. Para as latrinas escavadas, como as privadas com fossa seca, têm-se identificado problemas com o transporte de patógenos da excreta às águas subterrâneas em áreas com lençol freático alto, ou devido às características do solo que podem favorecer o transporte microbiano. Elevar o sanitário e coletar a excreta acima do solo como sugere na maioria sistemas de saneamento ecológico, pode, geralmente, evitar este problema. Fossas rasas são uma alternativa intermediária e restringem a contaminação de águas subterrâneas. A construção deve levar em consideração as inundações durante fortes chuvas que poderiam resultar em enxurrada para as águas superficiais dos arredores. As latrinas nunca devem ser esvaziadas nos canais de drenagem superficiais. Do ponto de vista higiênico, é preferível um sanitário com uma câmara de coleta selada sobre a superfície (SCHONNING e STENSTRON, 2004).

2.2.4 Barreiras para os organismos patogênicos

Um dos objetivos do saneamento ecológico é formar uma barreira contra

a difusão das doenças causadas pelos agentes patogênicos presentes nas excretas. Quando uma pessoa excreta um patogênico no meio ambiente, este ambiente contaminado expõe as pessoas ao contágio. Assim, as pessoas recém-contaminadas, excretam ao ambiente, criando um ciclo de infecção, contaminação e enfermidade.

Os sistemas convencionais de tratamento de esgotos baseados na utilização de água para o transporte dos dejetos são particularmente inadequados para destruir os patogênicos, pois a água residual é um ambiente ideal para a sobrevivência de patógenos, pois equivale, em muitos casos, aos intestinos humanos. É rica em matéria orgânica, nutrientes, anaeróbia e a temperatura opera abaixo de 37° C (ESREY *et al.*, 1999).

Nos sanitários secos, a disseminação de patógenos pode ser reduzida ou evitada usando barreiras para impedir que se propague como ilustra a Tabela 3.

Tabela 3: Rotas de transmissão potenciais relacionadas com os sanitários secos e o uso da excreta com medidas técnicas e comportamentais simples para restringir a exposição e minimizar os riscos.

Área ou procedimento que propicie exposição aos patógenos	Rotas de transmissão	Medidas técnicas	Medidas comportamentais
Sanitário	Contato direto; transporte para as águas subterrâneas; contaminação ambiental.	Água disponível para a lavagem das mãos; câmara de coleta elevada; câmaras de coleta impermeabilizadas (sem infiltração para as águas subterrâneas ou ambiente).	Lavagem das mãos; manter a área do sanitário limpa.

Continua

Continuação

Manuseio primário-coleta e transporte	Contato direto	Cinzas, cal ou outra medida para reduzir os microorganismos do sanitário; pessoas informadas coletam e transportam a excreta	Usar luvas; lavagem das mãos; adição de cinzas, cal ou outra medida para reduzir o conteúdo microbiano durante o uso
Tratamento	Contato direto; contaminação ambiental.	Escolha adequada do local; tratamento em sistemas fechados; material informativo e sinalização no local.	Usar luvas e roupa protetora; lavagem das mãos; evitar o contato nas zonas de tratamento
Manuseio secundário-aplicação, fertilização	Contato direto	Agricultores informados reutilizam a excreta; equipamento especial disponível	Usar luvas; lavagem das mãos; lavagem do equipamento usado
Campo fertilizado	Contato direto; transporte para as águas superficiais ou subterrâneas	Trabalhando com a excreta dentro da terra; material informativo e sinalização	Evitar campos recém fertilizados

Continua

Continuação

Cultivo fertilizado	Consumo; contaminação da cozinha	Escolha do cultivo adequado	Preparação apropriada e cozinhar os produtos alimentícios; limpeza das superfícies da cozinha e dos utensílios
---------------------	----------------------------------	-----------------------------	--

(Fonte: Schonning e Stenstrom, 2004).

Esrey *et al* (1999) determinaram que uma combinação de um armazenamento seguro e uma rápida destruição dos patógenos na excreta é necessária para prevenir a contaminação do ambiente. As barreiras se mostram no diagrama a seguir (Figura 13).

Figura 13. Barreiras requeridas para prevenir a transmissão de doenças e disseminação de patógenos.



(Fonte: adaptado de Esrey *et al.*, 1999).

As diferentes etapas de tratamento da excreta são as barreiras óbvias para reduzir o número de agentes patogênicos, o que faz com que o “produto” seja mais seguro para manejar e para ser usado como fertilizante. Nas diretrizes atuais da OMS, (2011) o tratamento é, entretanto, considerado desnecessário quando as outras barreiras são satisfeitas, incluindo, por exemplo, uma proteção adequada dos agricultores e trabalhadores sanitários, cobrindo os resíduos com 25 cm de solo e não plantar tubérculos (SCHONNING e STENSTRON, 2004). A inativação de patógenos ocorrerá também em terras agrícolas depois da aplicação da excreta como fertilizante e nas plantações que podem ter sido contaminadas se fertilizadas durante a etapa de crescimento, ou por respingos do solo durante fortes chuvas. Esta inativação com o tempo e devido a condições ambientais predominantes pode prover uma barreira contra a exposição pelo manejo e consumo dos cultivos e para pessoas e animais que possivelmente entrem no campo fertilizado.

A inativação depende da temperatura ambiental, da umidade e da radiação solar (que incrementará a temperatura reduzirá a umidade e afetará os patógenos com os raios ultravioletas). No solo, os microorganismos que o habitam naturalmente, competirão com os patógenos introduzidos incrementando sua diminuição. A redução adicional com o tempo, a qual constitui uma “barreira na agricultura” é de grande importância, especialmente para as culturas para consumos crus. Para manejo seguro e para reduzir a contaminação cruzada durante a preparação de alimentos, o período de repouso (tempo entre a fertilização e a colheita) é de suma importância (SCHONNING e STENSTRON, 2004).

Os fatores que contribuem para a redução dos agentes patogênicos estão relacionados no Quadro 4.

Quadro 4: Fatores que afetam a sobrevivência dos microorganismos no meio ambiente.

Temperatura	A maioria dos organismos sobrevive bem em baixas temperaturas (<5°C) e diminuem rapidamente em altas temperaturas (>40-50°C). É o caso na água, solo, águas residuárias e nos cultivos. Para assegurar a inativação no processo de compostagem, por exemplo, necessitam-se temperaturas em torno de 55-65°C para matar todos os tipos de patógenos (exceto os esporos de bactérias) dentro de horas (Haug, 1993).
pH	Muitos microorganismos estão adaptados a um pH neutro (7). As condições altamente ácidas ou alcalinas terão um efeito inativador. A adição de cal à excreta nos vasos sanitários secos e aos lodos residuais pode aumentar o pH e inativará os microorganismos. A velocidade de inativação depende do valor do pH, por exemplo, é muito mais rápido em um pH 12 do que em pH 9.
Amônia	Em ambientes naturais, a amônia (NH ₃) quimicamente hidrolisada ou produzida por bactérias pode ser tóxica para outros organismos. A adição de químicos geradores de amônia facilitara a inativação de patógenos na excreta ou nos lodos residuais (Ghigletti et al., 1997; Vinneras et al., 2003)
Umidade	A umidade está relacionada com a sobrevivência do organismo no solo e nas fezes. Um solo úmido favorece a sobrevivência dos microorganismos e um processo de secagem reduzirá o número de patógenos, por exemplo, nas latrinas.

Continua

Continuação

Radiação Solar/ Raios UV	A radiação ultravioleta reduzirá o número de patógenos. É usada como processo para o tratamento tanto de água potável como de águas residuárias. No campo ,o tempo de sobrevivência será menor no solo e na superfície dos cultivos onde a luz possa afetar os organismos.
Presença de outros microorganismos	A sobrevivência dos microorganismos é geralmente maior no material que foi esterilizado do que em uma amostra do ambiente que contém outros organismos. Os organismos podem afetar uns aos outros por predação, liberação de substâncias antagonistas ou competição (ver os nutrientes abaixo).
Nutrientes	Se os nutrientes estão disponíveis e outras condições são favoráveis, as bactérias podem se desenvolver no ambiente. A bactéria entérica adaptada para o trato gastrointestinal não é sempre capaz de competir com organismos nativos pelos escassos nutrientes, limitando sua habilidade de reprodução e de sobreviver no ambiente.
Outros fatores	A atividade microbiana depende da disponibilidade de oxigênio. No solo, o tamanho das partículas e permeabilidade faz com que haja impacto da sobrevivência microbiana. No solo, assim como no esgoto e aquáticos, vários organismos e componentes químicos inorgânicos podem afetar a sobrevivência dos microorganismos.

(Fonte: *Scorning e Stenstron, 2004*)

Segundo Esrey *et al* (1999), os patógenos mais resistentes à destruição são: *Ascaris lumbricoides* e o *Cryptosporidium parvum*. As *A. Lumbricoides* são encontradas em todas as partes do mundo e estima-se que 20% da população mundial podem estar infectadas. A existência de *C. Parvum* é mais difícil de ser calculada, sua ocorrência compreende mais de 50 países do mundo.

Os cistos de *C. Parvum* são muito resistentes à destruição, podem sobreviver em condições ambientais extremas, como o congelamento, altas temperaturas e o tratamento com cloro e ozônio na água. Provas de laboratório demonstram que 97% dos cistos morrem depois de 2 horas de secagem ao ar livre, sendo que depois de 4 horas todos os cistos morrem. Existem diversos estudos sobre a sobrevivência dos ovos de *A. lumbricoides* baseados em diferentes sistemas de tratamento. Os métodos mais efetivos estão baseados no calor e secagem. (ESREY *et al.*, 1999).

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011) estabeleceu valores de referência apresentados na tabela 4, onde os ovos de helmintos são um parâmetro indicador crucial devido a sua resistência ao tratamento.

Tabela 4: Valores de referência para o monitoramento de verificação em larga escala para os sistemas de tratamento e reutilização de excrementos e lodo fecal para uso na agricultura.

	Ovos de helmintos (nº por grama de sólidos totais)	E. coli (nº por 100 ml)
Fezes tratadas e Lodo fecal	< 1g sólidos totais*	< 1000/g sólidos totais

*Isto significa por exemplo menos de 100 ovos em 100g de sólidos.

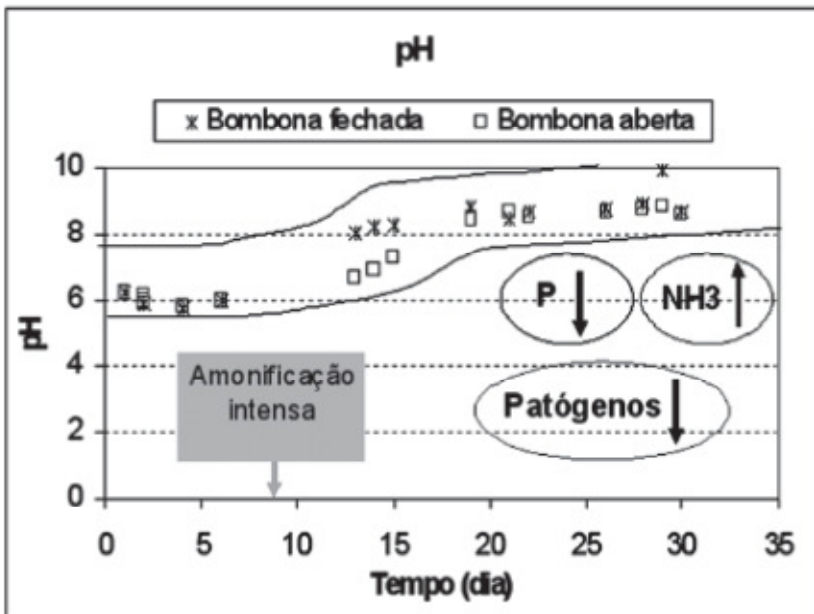
(Fonte: adaptado da OMS, 2011)

Em relação à urina, a destruição dos patógenos entéricos que entram no recipiente de coleta é importante para avaliar os riscos higiênicos relacionados ao manuseio e uso. A sobrevivência de vários tipos de microorganismos na urina é afetada pelas condições de armazenamento

ao longo do tempo (SCONNING e STENSTROM, 2004).

Embora ao sair dos rins de indivíduos saudáveis a urina seja desprovida de patógenos, a contaminação é possível na saída da uretra. Durante a estocagem, a liberação da amônia e do bicarbonato causa um importante aumento do pH da urina, podendo ocasionar precipitação de cristais de inorgânicos como estruvita, calcita e hidroxapatita. Causa ainda a inativação de microrganismos, sobretudo quando os valores atingem pH maior do que 8,5, o que, dependendo da temperatura ambiente, pode ocorrer em poucas semanas (GONÇALVES *et al.*, 2004).

Figura 14: Evolução do pH da urina durante a estocagem em duas formas de reservação.



(Fonte: Bazzarella et al apud Gonçalves et al., 2004)

No exemplo em questão (Figura 14), referente a pesquisas realizadas na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), constatou-se que houve

um crescimento de coliformes termotolerantes e *E. coli* na urina até os 20 primeiros dias de estocagem, chegando a praticamente zero ao final dos 30 dias. Os resultados repercutem o impacto do tipo de estocagem, em reservatório (bombona) aberto e em reservatório fechado (GONÇALVES *et al.*, 2004).

2.3 SANITÁRIOS SECOS

Uma opção de saneamento ecológico que apresenta condições para que os excrementos sejam coletados e armazenados favorecendo a ação dos microorganismos são os sanitários secos (DEL PORTO e STEINFELD, 2000). Os sanitários secos não utilizam água para seu funcionamento. As fezes e urina são coletadas e armazenadas em câmaras que podem utilizar o processo de compostagem ou desidratação como tratamento primário dos excrementos visando sua reciclagem.

2.3.1 Classificação

2.3.1.1 Sanitário de compostagem

Em um sanitário de compostagem as fezes humanas ou, em alguns casos, as fezes mais a urina, são depositadas em uma câmara de processamento, juntamente com os resíduos orgânicos domésticos e resíduos de jardim. O princípio básico de um sanitário de compostagem é promover a decomposição biológica dos excrementos humanos por processos aeróbios (CALVERT *et al.*, 2004).

O processo de decomposição consiste na degradação da matéria orgânica por bactérias aeróbias e outros microrganismos em condições controladas. A atividade bacteriana depende de um bom arejamento, teor de umidade de 50% a 60%, relação Carbono: Nitrogênio (C: N) de 15:1 a 30:1 e ainda o controle da temperatura, que deve estar acima de 15° (ESREY *et al.*, 1999).

2.3.1.2 Sanitários de desidratação

O princípio básico de um sanitário de desidratação é secar ou evaporar as fezes. Como afirmam Esrey *et al* (1999), a desidratação consiste em retirar toda a água contida no material armazenado na câmara. Isto é

conseguido com calor, ventilação e a adição de um material secante. A umidade deve ser reduzida para a diminuição dos patógenos e a ausência de odores e moscas.

O desvio da urina é importante, pois a redução de líquidos na câmara facilita a desidratação das fezes. Nos sistema onde a urina não é separada das fezes, deve ser previsto um sistema de drenagem para gerir o excesso de líquidos. A limpeza de um sanitário de desidratação deve ser realizada com pouca água, evitando que esta penetre na câmara (MUCH e BERGER, 2009).

O processo de desidratação apresenta algumas vantagens em relação aos sanitários de compostagem. A principal delas é que o processo de desidratação é menos complexo que o processo de compostagem, resultando em menor necessidade de manutenção. Outra vantagem é que o produto resultante de um banheiro de desidratação é mais seco que o de compostagem, sendo, portanto mais fácil de manusear.

2.3.2 Tecnologias disponíveis

De acordo com, Del Porto e Steinfeld (2000), os banheiros secos podem ser classificados como: auto-coletores ou centralizados. Os banheiros podem ser chamados de auto-coletores quando o vaso sanitário e um pequeno coletor ou reator (Figura 15) são uma unidade. Já os centralizados ou remotos, são quando o banheiro se conecta a um coletor que se localiza em um lugar diferente.

Figura 15: Exemplo de modelo com recipiente móvel, auto coletor de banheiro seco.

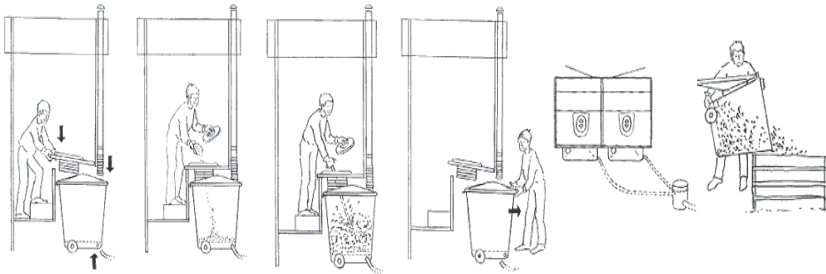


(Fonte: Jenkins, 2005)

Os modelos auto-coletores compreendem um assento ligado a um recipiente móvel geralmente pequeno, para armazenagem intermediária. Devido sua forma compacta pode ser instalado ao nível do solo, de modo que o material coletado deve ser transportado quando cheio para outro local onde receberá o tratamento. A retirada do material do coletor é feita com frequência, pois seu volume não deve ser muito grande a fim de possibilitar o transporte (MUCH e BERGER, 2009).

Uma seqüência de utilização de um sanitário do tipo auto-coletor com recipientes móveis pode ser observada na Figura 16. Nestes sistemas, os recipientes são substituídos quando cheios, a frequência de manutenção é maior devido ao tamanho dos recipientes (geralmente não atingem mais de 100L para facilitar a remoção).

Figura 16: Sequência de utilização de um sanitário com recipientes móveis.



(Disponível em: <www.pikkuvihrea.fi>)

Segundo Much e Berger (2009), nos modelos centralizados, o vaso sanitário e o recipiente de armazenamento são conectados através de uma tubulação, onde o material é diretamente transportado para a câmara onde será armazenado. Um modelo centralizado pode ser constituído de uma única câmara na qual o excremento é adicionado pelo topo e o produto final é removido por baixo ou de duas ou mais câmaras intercambiáveis.

Nos sistemas de câmara única (Figura 17), existe o risco de o material fresco ser misturado com o material maduro, ocorrendo à possível recontaminação de agentes patogênicos. No entanto, o esvaziamento do produto final é feito com menos frequência se comparado ao sistema de câmaras múltiplas, porém deve ser observado que o peso da massa pode provocar a compactação, o que exige mais manutenção para provocar o arejamento da massa. Nos sistemas de múltiplas câmaras esse risco é minimizado (MUCH e BERGER, 2009).

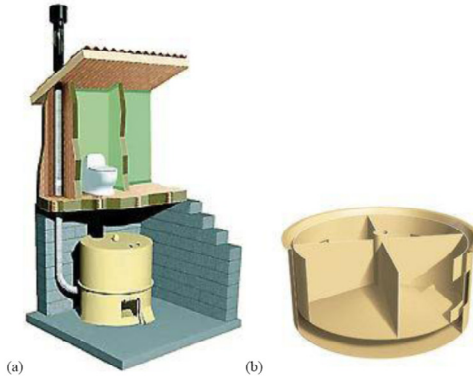
Figura 17: Modelo de câmara única. Detalhe da pilha de fezes frescas que é regularmente transferida para a parte traseira da câmara de secagem.



(Fonte: Much e Berger, 2009).

O sistema de múltiplas câmaras (Figura 18) é constituído de duas ou mais câmaras intercambiáveis onde às câmaras são cheias uma de cada vez. Isso permite que o material armazenado em uma câmara avance no processo de tratamento enquanto a outra câmara é usada (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

Figura 18: Banheiro seco pré-fabricado, do tipo centralizador, de múltiplas câmaras. (a) Maquete do modelo Carrossel da EcoTech. (b) Detalhe interno do coletor.



(Disponível em: <www.ecologicalengineering.com/ecotech.html>)

Segundo Rieck e Muench (2011), os projetos de câmara única e dupla diferem em relação aos tempos de armazenamento e a realização do tratamento primário (desidratação) no interior da câmara como ilustra a Tabela 5.

Tabela 5: Comparação entre o sistema de câmara única e câmaras duplas

Câmaras múltiplas	Câmara única
+As fezes frescas não precisam ser manuseadas	+Requer menos espaço
+ As fezes desidratadas são – no caso ideal – um pó quebradiço e inodoro que faz o esvaziamento ser menos ofensivo	+Os custos de construção são mais baixos
+A eliminação e reutilização das fezes é mais segura, devido à níveis mais baixos de patógenos após o tratamento primário dentro da câmara	+O curto intervalo de esvaziamento dos recipientes torna o mau uso menos problemático

Continua

Continuação

+Longos intervalos para o esvaziamento torna o trabalho menos ofensivo.	- Existe a possibilidade da manipulação das fezes frescas
- O mau uso dos banheiros, ocasionado pela entrada de líquidos como a urina, pode ocasionar problemas com odores não sendo resolvido com facilidade.	- Requer gerenciamento por pessoal responsável ou prestador de serviço, e que os usuários sejam altamente motivados para o uso
	- O material fecal (em parte fresco), expõe riscos a saúde, se não eliminados ou tratados adequadamente, para fins de reutilização agrícola.

(Fonte: Rieck e Muench, 2011)

Estas tecnologias podem ser industrializadas ou construídas no local. O modelo industrializado ou pré-fabricado é aquele que pode ser comprado e obedece a normas e padrões enquanto que o construído no local (Figura 19) pode estar sujeito a dificuldades de conseguir permissão do órgão e agentes de saúde local (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

Os banheiros podem funcionar através de sistemas passivos ou ativos. Sistemas passivos são geralmente reatores simples de decomposição no qual a mistura de excrementos, papel higiênico e aditivo é coletada e colocada para decompor em ambientes frescos sem ser controlada por processos ativos (aquecimento, mistura e aeração). Os sistemas ativos podem exibir misturadores automáticos, aparelhos niveladores da pilha de matéria orgânica, aquecedores acrescidos de termostatos, ventiladores etc. (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

Figura 19: Húmus Sapiens, banheiro seco de fabricação local, de múltiplas câmaras.



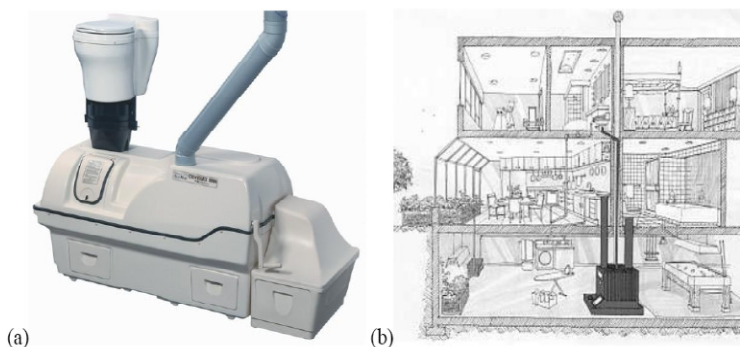
(Disponível em: <www.ipecc.org.br>)

Os modelos ativos também podem utilizar eletricidade para tratar os resíduos. Alguns produzem um material completamente compostado enquanto em outros o material precisa de mais tempo de tratamento depois de retirados do compartimento coletor. Estes modelos são utilizados preferencialmente dentro de edifícios, pois os processos de degradação e evaporação que utilizam precisam de no mínimo 18° C para um perfeito funcionamento. Eles podem degradar, empacotar ou congelar os resíduos. Os que realizam a degradação são compostos por um sanitário tradicional conectado a um depósito com gás inflamável ou sistema de calefação elétrica para decompor os resíduos, os produtos finais resultam em água e cinzas. Nos modelos que empacotam, o

resíduo vai diretamente para uma bolsa de plástico. Quando o tanque está cheio procede-se o esvaziamento das bolsas onde deverão receber o tratamento adequado. Já os sanitários que congelam, são totalmente dependentes de eletricidade. O resíduo é conservado numa bolsa de plástico em uma temperatura que vai de -15°C a -10°C , depois de cheio também deve ser encaminhado para tratamento. São fáceis de instalar e não necessitam de sistema de ventilação.

Um exemplo de sistema ativo pode ser visualizado na Figura 20. Este modelo que comporta a utilização de 7 a 9 pessoas para casas de fim de semana ou férias e de 4 a 6 pessoas para uso residencial, possui uma câmara compostadora central, o material compostado é transferido horizontalmente a medida que ele vai sendo processado. Uma barra interna é responsável pela mistura do material. O chorume é drenado para uma câmara em baixo da câmara central e é aquecido por um sistema elétrico gerando a evaporação do mesmo (ALVES, 2009).

Figura 20: Banheiro seco de sistema pré-fabricado, ativo. (a) Modelo Centrex 3000 AF® da SunMar. (b) Aplicação de modelos centralizadores em edifícios de mais de um pavimento.



(Fonte: Alves, 2009).

Analisando o tipo do assento ou vaso sanitário, observa-se que este pode funcionar como o sistema convencional, ou seja, as fezes e urinas são depositadas nas câmaras por meio de um único orifício, portanto armazenadas juntamente, ou depositadas em orifícios diferentes. Os

aparelhos que possibilitam esta separação são chamados Urine divert toilets (UDTs), e consistem em um assento ou vaso especial que ajuda a separar as fezes da urina, que é dirigida a um coletor separado (Figura 21). A urina, separadamente pode ser usada como fertilizante ou direcionada para um poço de absorção diretamente no solo (ALVES, 2009).

Much e Berger (2009) ressaltam que sempre que possível o sistema separador deve ser adotado, pois assim reduz-se a lixiviação originada por líquidos acumulados na câmara que também podem gerar condições de anaerobiose (ausência de oxigênio). Além de que, coletando a urina separadamente diminui-se o volume da câmara, que se encherá mais lentamente e reduz-se os odores provocados pela parte de urina.

Figura 21: Vasos separadores de urina (Urine Divert Toilet - UDT). (a) Projeto EcoSan em Estocolmo, na Suécia. (b) Projeto EcoSan em Addis Ababa, na Etiópia.



(Fonte: Alves, 2009)

Schonning e Stenstron (2004) destacam que a urina e as fezes devem ser separadas na fonte e ressaltam alguns benefícios que esta prática pode resultar:

- **Redução de volume** – o sistema de coleta se encherá mais lentamente se a urina for separada e o volume da matéria fecal for

mantido pequeno. Uma maior redução do volume e do peso das fezes é possível através da desidratação e/ou decomposição.

- **Redução de mau cheiro** – o mau cheiro será menor se a urina e as fezes forem mantidas separadas e isto resultará em um uso mais conveniente e aceitável do sanitário e manejo da excreta.

- **Prevenção da dispersão de materiais que contêm patógenos** – uma fração fecal seca causará menos risco por lixiviação e transporte de patógenos através de fluidos para as águas subterrâneas e para o ambiente vizinho.

- **Manuseio e uso da excreta mais fácil e seguro** – as fezes estarão secas, o que beneficiará a redução de patógenos. Além disso, a secagem irá facilitar uma futura redução de patógenos por outros meios de tratamento e também tornará mais fácil o manuseio e uso das frações separadas de urina e fezes.

Muitas são as variáveis que influenciam na escolha do modelo de banheiro seco adotado. O Quadro 5 resume os critérios que devem ser avaliados segundo Calvert *et al* (2004):

Quadro 5: Fatores que influenciam na escolha do tipo de banheiro seco.

Clima – temperatura, umidade, precipitação e radiação solar.

Densidade populacional e padrão do assentamento – a disponibilidade de tratamento local ou não, espaço para processamento, armazenamento e reciclagem local.

Social/ cultural – os costumes, crenças, valores e práticas que influenciam na concepção dos componentes de um sistema de saneamento, a sua aceitabilidade por uma comunidade.

Econômica - os recursos financeiros, tanto dos indivíduos e da comunidade como um todo para apoiar um sistema de saneamento.

Capacidade técnica – o nível de tecnologia que pode ser suportada e mantida por competências locais e ferramentas.

Agricultura – as características da agricultura local e jardinagem.

Apoio institucional – Quadro legal, medida de apoio ao conceito de eco-san no governo, indústria, instituições financeiras, ONGs e Universidades.

(Fonte: Adaptado de Calvert *et al.*, 2004)

Existem modelos que são colocados diretamente sobre o solo e não requerem obras para sua instalação, já em outros um espaço na parte inferior de sua base deve ser previsto. Alguns produzem um material pronto para ser devolvido ao solo. Já em outros o material precisa de mais degradação e após o esvaziamento do tanque ainda deve ser direcionado a um tratamento adequado. Dependendo do modelo escolhido, uma substância seca deve ser adicionada a cada utilização.

Existem tipos de sanitários adaptados para as necessidades especiais, como as de pessoas portadoras de deficiência física, mostrando que a tecnologia não tem esse tipo de limitação. A Tabela 6 procura resumir os tipos de banheiros secos de acordo com as considerações apresentadas até o momento, descrevendo as vantagens e desvantagens de cada aplicação, lembrando que não existe um modelo ideal de banheiro seco, mas sim o modelo que melhor se aplica a determinado contexto.

Tabela 6: Vantagens e desvantagens de cada sistema de sanitários secos.

TIPO DE BANHEIRO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Câmara única	<ul style="list-style-type: none"> • O esvaziamento da câmara é feito com menos frequência. • Custos de implantação geralmente menores que o de câmaras múltiplas. 	<ul style="list-style-type: none"> • O peso da massa pode provocar a compactação, o que exige mais manutenção para provocar o arejamento da massa. • Dependendo do tempo de retenção e da temperatura na câmara de armazenamento, um tratamento secundário é recomendado para promover condições de aplicação mais seguras.

Continua

Continuação

		<ul style="list-style-type: none"> • Existe o risco de o material fresco ser misturado com o material maduro, ocorrendo a possível re-contaminação de agentes patogênicos. • Não oferecem a possibilidade de armazenamento prolongado dos excrementos para higienização dentro da câmara.
Múltiplas câmaras	<ul style="list-style-type: none"> • O esvaziamento das câmaras pode ser mais confortável do que em sistemas de câmara única, pois os riscos de contato com material fecal fresco são minimizados. 	<ul style="list-style-type: none"> • No entanto dividindo a massa de compostagem em partes menores o processo de decomposição pode ser incompleto, devendo ser complementado por um tratamento secundário para utilização segura. • Requerem mais espaço físico que os de câmara única.
Recipientes móveis	<ul style="list-style-type: none"> • Se o tratamento for feito por uma central de tratamento, o sistema pode ter maior aceitação, pois não requer o envolvimento por parte do usuário, revelando-se uma boa opção para áreas urbanas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Devido ao seu tamanho reduzido a frequência de manutenção para esvaziar a caixa de coleta é maior que em outros sistemas, isto pode dificultar a aceitação. • A compostagem dentro do recipiente é incompleta, uma pós-compostagem é necessária para atingir níveis seguros como fertilizante.

Continua

Continuação

Separadores de urina	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de odores. • A urina recolhida separadamente pode ser utilizada, após armazenamento como fertilizante. 	<ul style="list-style-type: none"> • O fato de que os homens precisam sentar para a separação adequada da urina, pode causar problemas de aceitação, entretanto podem ser resolvidos com o fornecimento de mictórios. • O composto precisará ser regado se o conteúdo de umidade for inferior a 40 %.
Não separadores de urina	<ul style="list-style-type: none"> • Podem inicialmente ser melhores aceitos do que sistemas separadores. • Dependendo da região os modelos separadores podem ser difíceis de encontrar no mercado local, entretanto com um pouco de criatividade podem ser confeccionados com materiais convencionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • O excesso de líquido pode causar lixiviação e perda de nutrientes para o chorume. • Nos sistemas de desidratação o processo de secagem pode ser prejudicado pelo excesso de umidade. • Materiais com maior nível de umidade precisam de tempos maiores de armazenamentos para garantir sua utilização segura.
Construídos no local	<ul style="list-style-type: none"> • Menores custos e utilização de materiais e mão de obra local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não haverá nenhuma garantia de consultoria se surgirem problemas. • Dependendo do local de implantação, podem encontrar dificuldades quanto aos órgãos públicos e de fiscalização para sua aprovação.

Continua

Continuação

Industrializados	<ul style="list-style-type: none"> • Alguns modelos ajudam na redução de espaço requerido e simplificando a manutenção. • Possuem suporte técnico em caso de falhas ou reposição de peças. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geralmente são mais caros que outros tipos industrializados.
Mecanizados (ativos)	<ul style="list-style-type: none"> • Os sistemas equipados com dispositivos de aquecimento para evaporar a urina e/ ou manter condições ótimas para a compostagem, podem atingir um material livre de patógenos. O processo é controlado por termostatos para garantir uma temperatura adequada. • O envolvimento do usuário é menor, promovendo muitas vezes a sua melhor aceitação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema em que a urina é processada juntamente com as fezes exige muito mais energia para a evaporação do excesso de líquido. • Nos sistemas com dispositivos de aquecimento, o produto final pode ser muito concentrado, que pode ser utilizado em solos pobres ou pós-compostados para utilização segura como fertilizante.

Continua

Continuação

Decomposição natural (passivos)	<ul style="list-style-type: none"> • Não requer nenhum sistema de energia artificial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Por se tratar de um processo natural, fatores como temperatura, umidade, ph, aeração entre outros pode não oferecer condições para a degradação do material constituindo simplesmente uma câmara de acumulação. • Requer mais manutenção e envolvimento do usuário se comparados aos sistemas industrializados.
---------------------------------	--	--

(Fonte: elaborada pela autora)

Os banheiros secos representam uma nova concepção no sistema de saneamento e como qualquer nova tecnologia, quando implantada necessita de uma orientação e aceitação por parte dos usuários para um perfeito funcionamento. Isto, dependendo de questões culturais e socioeconômicas, pode ser conseguido com menor ou maior êxito. A aceitação é maior quando existe uma conscientização ambiental a favor da economia de água e através do interesse na utilização dos nutrientes das excretas.

2.3.3 Exemplos de implantação de sistemas secos de saneamento

Existem diversos exemplos de sistemas de saneamento seco em operação demonstrando que esta tecnologia apresenta condições de ser utilizada nos mais diversos contextos. Observa-se aplicações em pequena e grande escala, assim como sua inserção tanto em espaços rurais como urbanos.

Um exemplo é condomínio ecológico New- Allermoe, localizado no sudeste da cidade de Hamburgo na Alemanha, este condomínio compreende 34 habitações unifamiliares (Figura 22) totalizando 120 moradores. Foi construído entre 1985 e 1994, com objetivo de proporcionar edificações planejadas para as condições climáticas locais,

assim como o tratamento de águas residuais independente de redes de esgoto e a reutilização de nutrientes através do ciclo fechado, envolvendo os usuários no planejamento e manutenção dos sistemas. Além da proposta ecológica, outro fator que impulsionou a escolha pelo sanitário seco como tecnologia de saneamento foi o fato do condomínio estar localizado em uma região onde o nível do lençol freático é alto (JURGA *et al.*, 2005).

Figura 22: Imagem das residências.



(Fonte: Jurga *et al.*, 2005)

Segundo Jurga *et al* (2005), as tecnologias aplicadas quanto ao sistema de saneamento foram a instalação de um sistema de banheiro seco sem desvio de urina em cada residência para tratar as excretas, resíduos orgânicos domésticos e do jardim. Foram utilizados sistemas industrializados dos modelos Berger Terra Nova (Figura 23) e Clivus Multrum, implantados em número de 31 unidades do primeiro e 5 do segundo. As águas cinza são tratadas em uma *wetlands*¹ construída e as águas da chuva são coletadas e armazenadas em cisternas para serem utilizadas para regar o jardim (JURGA *et al.*, 2005).

¹Wetlands contruídas: Derivado da expressão inglesa *natural wetlands*, que significa zonas úmidas naturais, utilizada para definir um sistema natural para tratamento de esgotos com a utilização de plantas aquáticas denominadas macrófitas (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Figura 23: Sistema Berger de banheiro seco e wetland para tratamento das águas cinzas



(Fonte: Jurga et al., 2005).

Segundo Rauschnig *et al* (2009), os custos de implantação de um sistema completo Terra Nova (padrão) com dois banheiros, no período da construção foram de € 3.700 (valor com desconto em função da quantidade de casas a ser instalado), mais os custos de entrega e instalação que foram de €500. Em 2009, os custos do sistema incluindo a entrega e instalação foram de aproximadamente € 6.500. Os custos de manutenção envolvem basicamente a reposição de peças como o ventilador, que deve ser substituído após alguns anos de uso, de 5 a 20 anos com um custo de € 190.

Os custos para a implantação da *wetland* construída foram de € 95.000, para o tratamento das águas cinzas de 140 pessoas. Atualmente, os valores são menores devido a novas tecnologias incorporadas para promover a eficiência. (RAUSCHNING *et al.*, 2009).

Todas as atividades de operação e manutenção são realizadas pelos próprios moradores. Pelo menos 1 hora por mês é necessária para misturar, arejar o composto e adicionar materiais para melhorar a sua estrutura e evitar o adensamento. Alguns moradores usam um

termômetro para monitorar a temperatura no compostor. Cerca de 40 litros de composto é produzido por pessoa/ ano, uma família de 4 pessoas tem que remover cerca de 160 litros de composto acabado (16 baldes de 10 litros por ano). A quantidade de chorume gerado depende dos hábitos de consumo, temperatura e da quantidade de líquidos adicionados, este, deve ser esvaziado com uma bomba ou um pequeno balde de vez em quando (RAUSCHNING *et al.*, 2009).

Como afirma Jurga *et al.* (2006), as águas cinzas são depositadas em uma *wetlands* contruída que abrange uma área de 240 m² com 15 m³ de capacidade diária, ela é ligada ao rio onde as águas, após o tratamento, são descarregadas atingindo padrões de balneabilidade. A qualidade do efluente da *wetland* é regularmente testada pelas autoridades ambientais de Hamburgo.

A arquitetura da residência deve ser adaptada para comportar um sistema de banheiro seco. Tubulações de conexão entre a câmara de compostagem com o vaso sanitário e a cozinha também são condicionantes para seu funcionamento. Cada câmara poderá atender até quatro sanitários. O papel higiênico é jogado dentro da câmara de compostagem assim como os resíduos orgânicos da cozinha. As câmaras possuem dimensões de 1,5 – 3 m³ e são entregues com 600 litros de material absorvente (RAUSCHNING *et al.*, 2009).

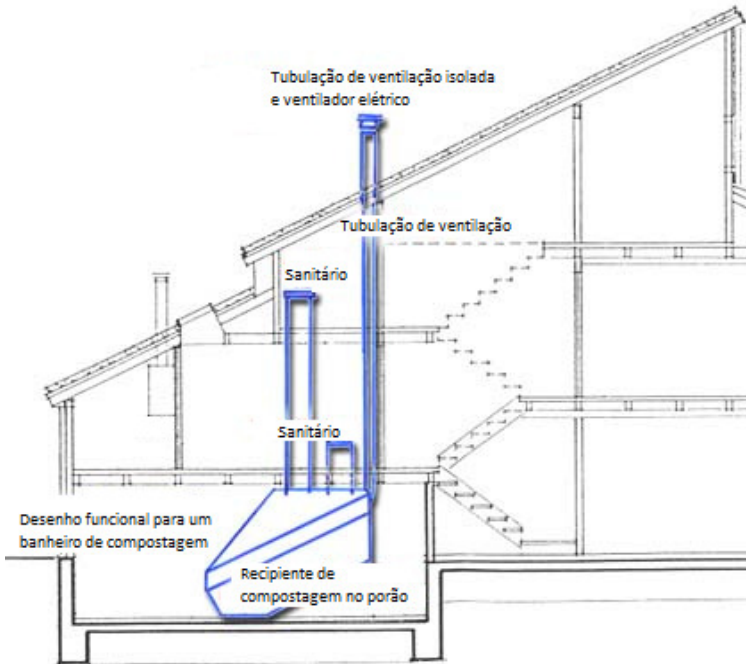
A Figura 24 ilustra o posicionamento da tubulação de ventilação, que serve para conduzir os gases gerados no interior da câmara para o exterior, minimizando odores (JURGA *et al.*, 2005). Conforme Rauschning *et al* (2009), este sistema economiza cerca de 40 litros de água *per capita* por dia em comparação com um vaso sanitário convencional de descarga hídrica (10 litros por descarga) o que significa 2.044m³ de economia de água por ano em toda estrutura.

Neste projeto, as especificações técnicas dos sistemas de banheiro seco apresentam características como assentos com design oval, apresentando maior segurança quando utilizados por crianças pequenas. A maior parte do líquido (80-100%) adicionado ao banheiro na forma de urina / água é evaporada através do tubo de ventilação, o tubo de ventilação é isolado para aumentar a circulação de ar e evitar a condensação. A ventoinha no

tubo de ventilação tem 29 Watts de potência elétrica. (RAUSCHNING *et al.*, 2009).

Outro exemplo de implantação de um sistema industrializado de sanitário seco é o zoológico de Asahikawa, localizado na parte central da ilha de Hokkaido no Japão. A região não é coberta por um sistema de esgoto, e o projeto tem por objetivo substituir os problemas causados pelo uso de sanitários convencionais. Um sistema de monitoramento da manutenção e operação, especialmente em relação à degradação das fezes e urina e a sensibilização do público quanto a sistemas ecológicos de saneamento também são colocados como objetivos de investigação e demonstração do sistema (HUELGAS *et al.*, 2006).

Figura 24: Corte mostrando o sistema de banheiro seco e a tubulação de ventilação.

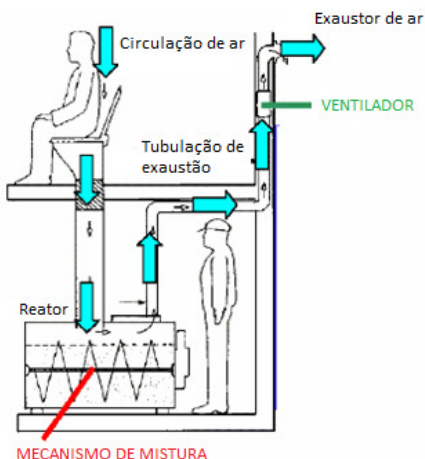


(Fonte: Jurga *et al.*, 2006).

Segundo Huelgas *et al* (2006), antes da instalação do sistema de banheiro seco, em 1997 os dejetos eram coletados e eliminados por carros de bombeamento. Este sistema apresentava problemas com odores, alto custo de manutenção (transporte etc.), problemas funcionais e operacionais (congelamento), principalmente durante a temporada de inverno com temperaturas de -20°C e -30°C . Por esse motivo optou-se pelo sistema de banheiro seco para o tratamento dos dejetos, que acabou se tornando mais um atrativo para os visitantes que aumentou seu número em 8 vezes de 1996 a 2004.

Desde 1997, 31 unidades de sistemas de sanitário seco foram instaladas. Este sistema é um tipo de reator de compostagem automatizado, utilizando serragem para biodegradação dos excrementos humanos. O sistema consiste basicamente dos seguintes componentes: a excreta cai a partir do vaso sanitário ou urinol, e é direcionada para a câmara de compostagem automatizada. Lá ela é misturada automaticamente em intervalos determinados e ventilada (Figura 25). Para garantir uma temperatura ideal de compostagem o reator é eletricamente aquecido quando necessário (HUEL GAS *et al.*, 2006).

Figura 25: Sistema de banheiro seco automatizado.



(Fonte: Huelgas *et al*, 2006)

A maioria das unidades é instalada para tratar tanto fezes quanto urina, mas algumas unidades são utilizadas para coletar apenas a urina em mictórios de uso masculino e feminino como pode-se observar na Figura 26.

Figura 26: Sanitários portáteis e mictórios de uso feminino e masculino.



(Fonte: Huelgas et al., 2006)

Foram aplicados sanitários portáteis (Figura 26), em número de 8 unidades unissex e 8 unidades apenas para mulheres e sanitários

permanentes como mostra a Figura 27 sendo constituídos por 2 unidades para pessoas com deficiência física, 7 unidades para mulheres e 6 para homens. O modelo utilizado é da empresa japonesa Seiwa- denko. O público está autorizado a jogar resíduos biodegradáveis no vaso, para isso, instruções são colocadas nas portas a fim de orientar os usuários diminuindo problemas quando ao uso do sistema (HUELGAS *et al.*, 2006).

Figura 27: Detalhe dos reatores permanentes.



(Fonte: Huelgas *et al.*, 2006)

Segundo Huelgas *et al* (2006), o investimento para implantação de todo o sistema de banheiros secos foi de aproximadamente € 42.000. Os

custos de manutenção, operação e os gastos com energia são de 20 -25 € por mês por sanitário. Os valores individuais do sistema podem ser consultados no site da empresa. (<www.seiwa-denko.co.jp>)

Huelgas *et al* (2006), afirmam que atualmente 6 pessoas mantêm todas as unidades do zoológico. Eles verificam o composto uma vez por semana, nas épocas de alto fluxo de visitantes o volume de serragem utilizado é maior assim se armazena o material na parte traseira do sanitário. O composto é manuseado manualmente antes de ser transportado pela empresa responsável. Um sistema a vácuo foi utilizado anteriormente, mas em função do custo optou-se por executar o trabalho manualmente.

As partes dos sanitários que são operadas automaticamente (como a mistura do composto e aquecimento) requerem pouca atenção. Essas funções são monitoradas por um sistema de controle como pode-se observar na Figura 28, no mesmo local onde fica armazenada a serragem. Eles são verificados apenas de vez em quando, em casos muito raros ocorrem problemas com o motor devido a cargas muito pesadas (HUELGAS *et al.*, 2006).

Figura 28: O sistema de controle das partes automatizadas e armazenagem de serragem na parte de trás dos banheiros portáteis.

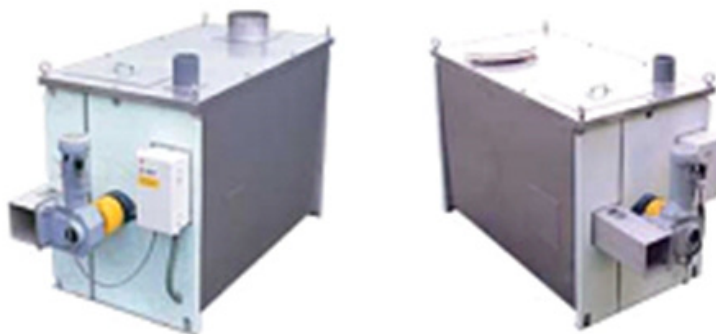


(Fonte: Huelgas *et al.*, 2006)

O modelo utilizado nesta implantação é nomeado S 50 que é dimensionado para ser usado 80/ 100 vezes por dia, com substituição de serragem a cada seis meses, se utilizado de 200/ 300 vezes por dia a serragem deve ser mudada a cada mês. O desenho do modelo S-50 pode ser visualizado na Figura 29 assim como as características e dimensões do produto (SEIWA-DENKO, 2011).

Figura 29: Informações e imagens do modelo S 50.

Largura	1,510 mm
Profundidade	830 mm
Altura	953 mm
Peso	250Kg
Fornecimento de energia	AC100V
Aquecedor	30W*12
Motor	200W
Quantidade de serragem	0,50m ³
Uso padrão (1 dia)	Cerca de 80 ~100 vezes



(Disponível em: <www.seiwa-denko.co.jp>)

Além destes modelos industrializados, podemos observar a utilização de tecnologias não automatizadas como este projeto na China, onde uma cidade inteira foi projetada para funcionar com sanitários secos. O projeto está localizado no Vilarejo de Haozhaokuidistrito de Dongsheng,

município de Erdos, no interior da Mongólia, norte da China (Figura 30). Dongsheng é uma cidade com uma população estimada de 400.000 habitantes e uma área de 2.200 km². Apesar de um elevado desenvolvimento econômico com indústrias têxteis, petróleo e de mineração, há, porém uma ausência de fontes de água local, sendo causa de conflitos, pois o rio Amarelo fica a 100 km da cidade. O governo local levantou dados para implantação de um sistema de bombeamento para buscar água no rio Amarelo no qual revelou custos muito altos (ZHU, 2006).

Figura 30: Localização do projeto.



(Fonte: Zhu, 2006)

Segundo Lixia *et al* (2008), apenas 1/3 dos domicílios da cidade tem sistemas sanitários, o restante utiliza sanitários públicos que são constituídos por aproximadamente 300 unidades, dos quais 56% são latrinas profundas e 38% são latrinas rasas e 6% são sanitários com descarga hídrica. O cenário do saneamento é de instalações mal

conservadas, sendo causa de contaminação, poluição e transmissão de doenças, a defecação ao ar livre é comum.

Como afirma Lixia *et al* (2008), o projeto abrange a construção de 825 (Figura 31) apartamentos distribuídos em prédios de 4 e 5 andares, uma escola, berçário e um centro comercial. Os objetivos do projeto segundo Zhu (2006) incluem soluções para os dejetos humanos em prédios de um e mais andares, solução para o tratamento das águas cinza, separação dos resíduos sólidos e domésticos, assim como projetos que promovam a aceitação do público e conscientização sobre sistemas ecológicos para saneamento.

Figura 31: Prédios da cidade

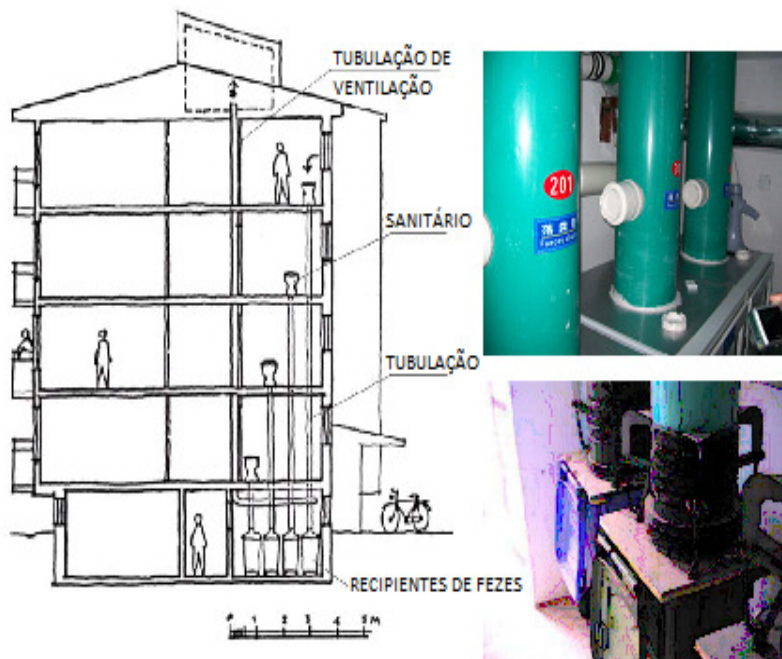


(Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/gtzecosan>>)

Conforme Zhu (2006), o sistema de gestão das fezes é composto por banheiros secos com desvio da urina, neste projeto foram utilizados recipientes móveis para coleta e armazenamento dos excrementos. Para cada andar do prédio existe uma tubulação ligando o sanitário ao

recipiente móvel localizado no porão do edifício. O sistema de fezes esta ilustrado na Figura 32.

Figura 32: Sistema de gestão das fezes (esquerda) e imagem da tubulação e dos coletores móveis.



(Fonte: Zhu, 2006)

O desenho dos sanitários foi desenvolvido com um dispositivo giratório, que através do acionamento de uma alavanca, provocado quando o assento é levantado, promove um giro, evitando que o material fique exposto. Este mecanismo é feito de aço inoxidável revestido de Teflon para evitar que o material fique aderido à superfície como pode ser visualizado na Figura 33.

Figura 33: Sanitário com desvio da urina e o sistema de giro.

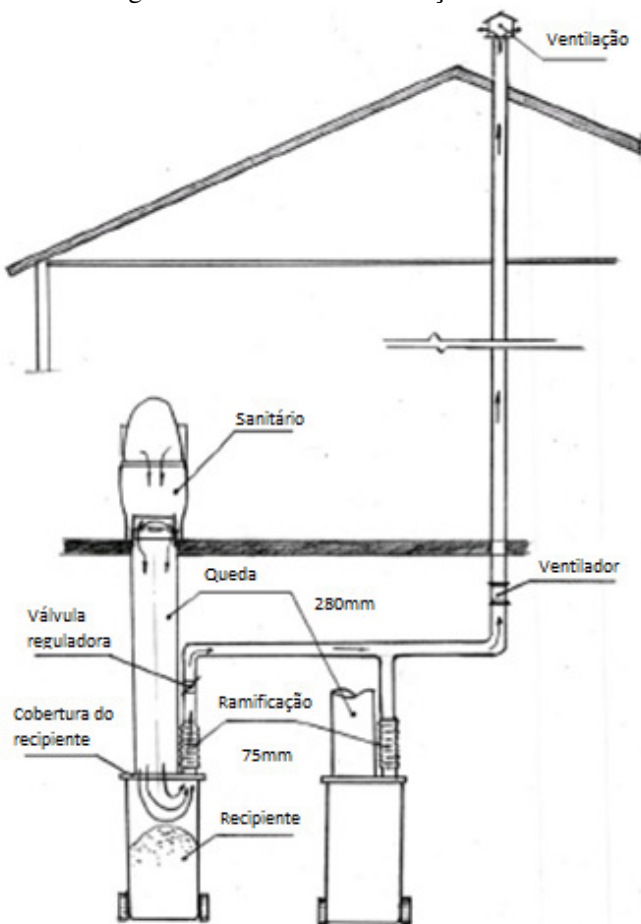


(Fonte: Zhu, 2006)

A tubulação do sistema de fezes é constituída por tubos de PVC com 280 mm de diâmetro fixados no piso na saída do vaso sanitário, até o recipiente localizado no porão, este é esvaziado a cada 3 meses. Um caminhão transporta as caixas para a unidade de compostagem da estação ecológica. Para evitar odores existe um sistema de ventilação (Figura 34). Por sucção do ventilador, uma pressão negativa é criada no banheiro. Esta se localiza afastada do telhado (ZHU, 2006).

Para o sistema de urina, Zhu (2006) afirma que um mictório é instalado em cada banheiro para ser utilizado pelos homens, já as mulheres depositam a urina no vaso separador, uma tubulação liga estes aparelhos a tanques subterrâneos localizados próximo ao prédio. Todas as tubulações e poços de inspeção estão localizados abaixo da linha de congelamento, pois no inverno a temperatura pode chegar a -20°C , assim evitam a cristalização da urina. O reservatório é construído em concreto armado, com capacidade de armazenamento de um mês. Quando cheio um caminhão suga a urina e a transporta para utilização agrícola.

Figura 34: Sistema de ventilação.



(Fonte: Zhu, 2006)

Para a gestão do sistema de esgoto, uma equipe de serviços foi estabelecida. O produto da compostagem é comercializado, assim como a urina e os resíduos recicláveis. Alguns aditivos ricos em carbono são adicionados ao composto para aumentar a eficácia do processo. A equipe

de serviços coleta as fezes e os resíduos da cozinha, que devem ser separados nas residências em orgânicos e inorgânicos pelos usuários. Estudos estão sendo realizados para levantar o custo do sistema como um todo, mas presume-se que um sistema de banheiro seco custe praticamente o dobro de um sistema convencional com descarga hídrica (ZHU, 2006).

2.3.4 Normativas para sanitários secos no Brasil e no mundo

Hoje, o banheiro seco é visto pelo governo brasileiro como uma tecnologia aceitável, mas ainda carece de estudos aprofundados e de devida normalização.

Como pode ser verificado pelo Manual do Saneamento produzido pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2004), o governo brasileiro aceita hoje três tipos de soluções individuais para tratamento e destinação final dos esgotos domésticos sem a utilização de água, que são a latrina ou fossa seca, a latrina com fossa estanque e a latrina com fossa de fermentação apoiada na superfície do solo (tipo Cynamon).

FOSSA SECA: compreende a casinha e a fossa seca escavada no solo, destinada a receber somente as excretas, ou seja, não dispõe de veiculação hídrica. As fezes retidas no interior se decompõem ao longo do tempo pelo processo de digestão anaeróbia.

LATRINA COM FOSSA ESTANQUE; consta de um tanque destinado a receber os dejetos, diretamente, sem descarga de água, em condições idênticas a latrina de fossa seca.

LATRINA TIPO CYNAMON: consta essencialmente de duas câmaras (tanques) contíguas e independentes.

Todas estas categorias são derivações bastante simplificadas do que é ou poderia ser o banheiro seco. Além disso, os autores do manual apontam esses modelos como aconselháveis apenas para locais com baixa densidade populacional e alertam que as más condições de uso ou problemas construtivos podem poluir o subsolo.

O Conselho Norte Americano de construções ecológicas (United States Green Building Council - USGBC) estabelece o banheiro seco como uma das tecnologias de maior potencial para o problema da poluição das águas atualmente (Leadership in Energy and Environmental Design -

LEED, 2009).

Em Tanum na Suécia, uma política de água e esgoto foi aprovada pela câmara municipal em 2008, onde os sistemas de esgoto individual podem ser utilizados como estratégia de saneamento visando à recuperação de nutrientes. De acordo com o Código Ambiental, exige-se do proprietário uma autorização ou notificação para a construção do sistema adotado. Além deste formulário, uma declaração com a planta de localização da implantação onde são observados critérios do local como distâncias de seguranças, tipo de projeto e instalações, assim como informações sobre o tratamento e manutenção utilizados, visando à segurança e proteção ambiental.

Os proprietários também recebem instruções sobre a manutenção e operação do sistema. Para os que não possuem espaço ou não querem utilizar o composto em seus terrenos, o município oferece a coleta seletiva, onde recebe o tratamento adequado e é transformado em fertilizante para o solo.

Na mesma direção, a Fundação Nacional da Ciência Norte Americana, (National Science Foundation - NSF) -, aprova e regulamenta certos banheiros secos industrializados que atendem os critérios dentro da norma NSF/ANSI Standard 41.

3 METODOLOGIA

Para a consecução da dissertação foram empregadas técnicas de pesquisa de campo e bibliográfica – documental.

Na pesquisa de campo foram realizados estudos de caso, através de entrevista estruturada aplicada em locais que implantaram banheiros secos como sistema de saneamento. Elegeu-se como instrumento o formulário padrão fornecido pela Aliança de Saneamento Sustentável (Anexo A).

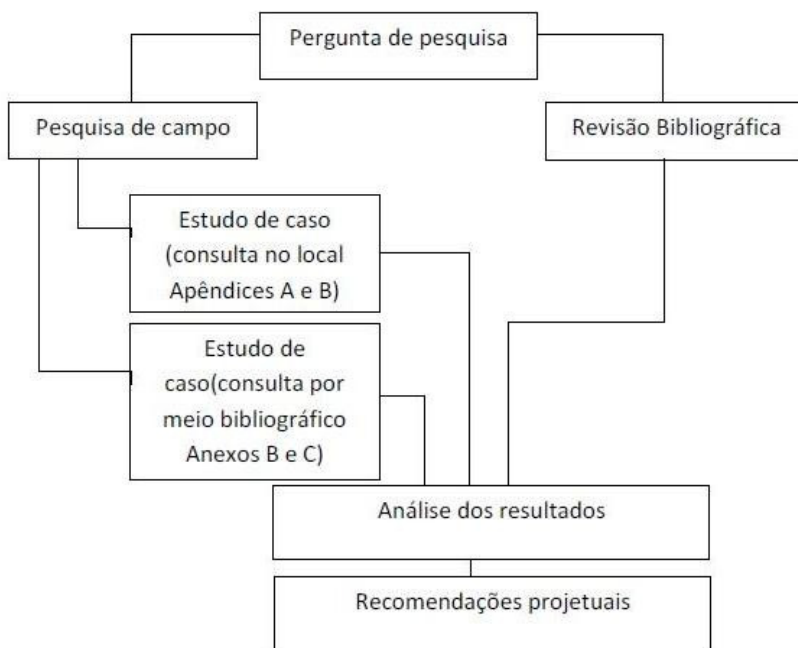
Através de um enfoque qualitativo de pesquisa, procurou-se descrever os parâmetros projetuais para a implantação de Sanitários Secos Desidratadores com Desvio de Urina como estratégia de saneamento mais sustentável.

A pesquisa bibliográfica-documental focalizou suas atenções sobre livros, artigos e manuais que abordaram não só a questão da degradação do meio ambiente, principalmente da contaminação do solo e recursos hídricos, mas também do uso de sanitários secos como alternativa de saneamento ecológico.

3.1 Delineamento da pesquisa

O presente trabalho foi organizado em etapas sequenciais. A Figura 35 resume, esquematicamente, o encadeamento dessas etapas que estão detalhadas no item seguinte deste trabalho.

Figura 35: Etapas da pesquisa.



(Fonte: elaborado pela autora)

3.2 Detalhamento das etapas da pesquisa

Com a definição do tema a ser abordado, empreendeu-se a necessária pesquisa bibliográfica para desenvolver o assunto com base em fundamentos teóricos sólidos. Concomitantemente, foi elaborado um estudo de caso em locais que adotaram o sistema de saneamento seco, as análises foram realizadas com visitas diretamente aos locais escolhidos (Apêndices A e B) e por meio de consulta a formulários fornecidos pela Aliança de Saneamento Sustentável - SuSanA (Anexos B e C).

Os dados coletados têm o objetivo de categorizar os elementos constitutivos de um conjunto de critérios presentes na tecnologia, a fim de identificar os parâmetros projetuais para sua implantação.

3.2.1 Os Instrumentos da Pesquisa

Para coletar os dados da pesquisa, elegeram-se como instrumentos a revisão bibliográfica e o estudo de caso. Para o estudo de caso foi

empregado o formulário fornecido pela SuSanA (Anexo A).

- **Revisão bibliográfica**

A revisão bibliográfica foi realizada a partir da consulta de documentos, artigos, manuais e livros que abordam a questão do saneamento, principalmente o conceito de saneamento ecológico e a utilização de banheiros secos.

- **Estudo de caso**

No estudo de caso foram levantadas questões relativas ao tipo de sistema que foi aplicado no local, assim como aspectos relacionados à construção do equipamento, materiais utilizados e questões relativas à operação e manutenção, a fim de identificar os parâmetros projetuais para a implantação de SSDDU.

Os estudos de caso foram realizados com visitas em locais onde foram implantados sanitários secos como sistema de saneamento com a aplicação do formulário fornecido pela SuSanA (Anexo A), resultando nos Apêndices A e B), e por meio da consulta bibliográfica aos formulários fornecidos pela SuSanA (Anexos B e C).

A consulta aos formulários fornecidos pela SuSanA, se fez necessária pela falta de exemplares em potencial a serem analisados disponíveis no contexto brasileiro e pelo vasto material sistematizado no assunto disponibilizado pela Aliança de Saneamento Sustentável relatando experiências aplicadas em diversos países.

1) Amostragem

A escolha por determinados casos procurou contextualizar situações de implantações em zona rural e urbana, procurando destacar as implicações envolvidas em cada situação.

Estudos de caso por meio de visitas no local realizados pela autora:

- Instituto Çarakura - Florianópolis, SC, Brasil.
- Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI / Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Estudos de caso por meio de material bibliográfico:

- Comunidade Rural – Província de Shaanxi, China.
- Escola Rural - Hyanist, Armênia.

2) Organização dos dados

Os dados levantados foram interpretados, analisando as diversas possibilidades existentes em cada caso a fim de definir os parâmetros projetuais a serem considerados.

3.2.2 *Definição do método de avaliação*

A pesquisa qualitativa pelos tipos de técnicas que emprega não apresenta delimitação estanque entre a coleta e a interpretação das informações obtidas. Existe um fluxo constante entre as informações levantadas e, em seguida, interpretadas, podendo surgir novas buscas de informações. Portanto, embora haja uma fase distinta com a denominação “análise”, na medida em os dados vão sendo colhidos a análise poderá estar ocorrendo.

Dessa visão surge uma compreensão articulada entre prática e teoria em que as relações não são visíveis à percepção imediata, onde a teoria ajuda a realizar essa interpretação.

Desta forma, os dados obtidos foram confrontados com as informações colhidas durante a revisão bibliográfica e sintetizados para a formulação dos parâmetros projetuais propostos.

4 APRESENTAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Nesta etapa são apresentados os estudos de caso realizados em locais que adotaram o Sanitário Seco Desidratador com Desvio de Urina como opção de saneamento ecológico.

4.1 Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI / UFSC

O Centro de Treinamento - CETRE da Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), está localizado em Florianópolis, SC. O CETRE realiza treinamentos diversos com agricultores de todo o estado. Pelo elevado movimento de pessoas que poderiam entrar em contato com a tecnologia e fazer a utilização voluntária do banheiro o CETRE foi escolhido como local de implantação do projeto (Figura 36).

Figura 36: Sanitário seco implantado.



(Fonte: arquivo pessoal)

O projeto tem por objetivo servir de base para a condução de experimentos realizados pelo Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – GESAD, da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, com fezes e urina humanas.

4.1.1 Tecnologias aplicadas:

Foi implantado um banheiro seco com separação de fezes e urina por meio de um vaso sanitário segregador e mictórios feminino e masculino. O vaso sanitário foi construído com canos de PVC de diâmetros diferentes (200 mm para as fezes e 40 mm para a urina) onde o orifício de menor diâmetro foi posicionado na parte frontal do assento a fim de coletar a urina, enquanto que o outro orifício, utilizado para a coleta das fezes foi localizado na parte posterior, ambos unidos por uma conexão como mostra a Figura 37.

Figura 37: Vaso sanitário segregador.



(Fonte: arquivo pessoal)

Para a quantificação das fezes foi realizada pelo GESAD uma campanha para a coleta de 73 amostras. O universo da amostra foi constituído de 42 mulheres e 31 homens, todos adultos. Durante um período de 20 dias, as mostras foram entregues diariamente pelos voluntários em frascos de 1L de volume. A média produzida por defecação foi de 128 ± 67 gramas. Não foram encontradas correlações positivas entre idade, peso corpóreo e quantidade de fezes produzidas, no entanto, a análise estatística de variância apontou como diferentes a quantidade de fezes produzidas por

defecação entre homens e mulheres adultos ($p = 0,3180$). As mulheres defecaram em média 121 gramas e os homens 136 gramas (MAGRI *et al.*, 2011).

As fezes são coletadas em bombonas plásticas de 100L conectadas ao assento (Figura 38). O compartimento de recepção das fezes possui uma coluna de ventilação natural. Já a urina é coletada separadamente e armazenadas em bombonas plásticas de 60 l conectadas aos mictórios (Figura 39). Cada compartimento também possui uma coluna de ventilação.

Figura 38: Tubulação de coleta e recipiente de armazenamento das fezes.



(Fonte: arquivo pessoal)

Figura 39: Mictório



(Fonte: arquivo pessoal)

4.1.2 Operação do sistema:

A operação do sistema consiste em adicionar após cada defecação uma mistura de 50% de cinzas e 50% de cascas de conchas e ostras trituradas na proporção de 75% do peso úmido do material fecal. Este estudo foi realizado pelo GESAD avaliando três tipos de aditivos: folhas secas, conchas e ostras trituradas e cinzas, com o resultado obtido, optou-se por adotar as cinzas por elevar o pH e as conchas e ostras trituradas por apresentarem melhores resultados na remoção da umidade, tendo em vista que estas duas condições são desfavoráveis a sobrevivência dos organismos patogênicos.

Já as folhas secas não apresentaram resultados que as indique como um bom aditivo de desidratação. A recomendação é que se utilize este aditivo em banheiros secos somente se o sistema de tratamento das fezes utilizado for a compostagem com resíduos orgânicos, e não a desidratação.

Para a manutenção do sanitário, é utilizado um pano úmido para a limpeza da louça. Para o sistema da urina apenas borifa-se água no compartimento receptor após cada uso.

Todo o material coletado no sanitário é utilizado para fins de pesquisas, onde está sendo estudada a inativação de patogênicos, por este motivo não é praticado o reuso.

Uma simulação do valor estimado de custo de materiais para o protótipo que contém sanitários feminino, masculino (com mictório) e lavatório de aproximadamente 20m² pode ser visualizado na Tabela 7. Os custos de mão de obra não foram computados.

Tabela 7: Itens e custos de construção do sanitário (continua).

ITEM	PREÇO MATERIAL	UNID	QUANT	TOTAL (R\$)
Fundação rasa-bloco gres 50x25x12- ARGAMASSA. ci-ar 1:6	162,97	m ³	1,50	244,45
Viga baldrame concr. Armado fck 15 Mpa - COMPLETA	954,54	m ³	0,59	563,18
Viga concreto armado – escora, forma, armadura, lançamento, cura, descara.	1.027,86	m ³	1,32	1.356,78
Pilar concreto armado – escora, forma, armadura, lançamento, cura, descara.	1.106,99	m ³	0,67	741,70
Alvenaria Blocos de concreto	20,75	m ²	18,90	392,17
Paredes de madeira	70,00	m ²	18,90	1.323,00
Estrutura de madeira para cobertura	25,54	M ²	20,00	504,80
Cobertura com telha galvanizada	12,00	M ²	20,00	240,00

Continua

Continuação

Impermeabilizações e isolamentos	8,41	M ²	7,90m	66,44
Leito de pedra britada 5cm	4,06	M ²	10,00	40,60
Contrapiso de concreto – 5cm – 200Kg ci/m ³ (magro)	10,32	M ²	20,00	206,40
Piso cimento queimado	23,34	M ²	10,00	233,40
Escada de madeira	600,00	UNID ADE	1	600,00
Porta interna Semi-oca angelin c/ferragem 0,70x2,10	318,50	CJ	3	955,50
Janela madeira basculante	90,00	CJ	4	360,00
Vidro 4mm colocado com massa	39,00	M ²	1	39,00
Selador para paredes int/ext 1 demão	1,50	M ²	147,84	221,76
Pintura acrílica sobre reboco – 2 demãos	4,58	M ²	147,84	677,10
Lavatório de louça com coluna	136,50	UNID	1	136,50
Torneira fechamento automático p/ lavatório de mesa	188,50	UNID	1	188,50
Mictório de louça	180,00	UNID	1	180,00
Assento plástico	80,00	UNID	2	160,00

Continua

Continuação				
Tubulação urina (tubo PVC 40mm e Redução excêntrica 100/50)	6,00	M	2,00	12,00
Tubulação fezes (tubo pvc 200mm)	31,00	M	2,00	62,00
Recipiente urina (tanque 60 L)	40,00	UNID	2	80,00
Recipiente fezes (bombona 100L)	330,00	UNID	2	660,00
Tubulação ventilação (PVC 100mm)	8,3	M	6,00	50,00
Caixa da água polietileno 310L	90,00	UNID	1	90,00
Tubulações e conexões para água fria e esgoto	170,00	CJ	1	170,00
Sumidouro	100,00	L	500L	500,00
TOTAL				11.055,28

(Fonte: elaborado pela autora)

4.2 Instituto Çarakura

O Instituto Çarakura é uma ONG formada por estudantes e profissionais que atuam em diversas esferas da sustentabilidade. Fundada com a finalidade de desenvolver projetos em educação ambiental e ações referentes à pesquisa científica e tecnológica que facilitem a aplicação de tecnologias sociais, ou seja, simples, eficientes e de baixo custo e baixo impacto ambiental. Suas aplicações envolvem principalmente a construção de habitações ecológicas, utilização de energias renováveis, recuperação de áreas degradadas, manejo e uso do bambu, agricultura ecológica e sistemas alternativos de saneamento básico.

O Instituto Çarakura conta com a parceira do Núcleo de Educação Ambiental (NEAmb), do Centro Tecnológico da UFSC, Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PRAE/ UFSC) e da Rede Viva da Ilha. A sede do sítio Çarakura (Figura 40), situa-se no distrito de Ratoles, em uma área rural de futura reserva do patrimônio natural – RPN, no Caminho

Histórico Ratoões/ Costa da Lagoa, que liga as duas maiores bacias hidrográficas de Florianópolis: o Rio Ratoões e a Lagoa da Conceição.

Figura 40: Sede do instituto Çarakura



(Fonte: arquivo pessoal)

4.2.1 Tecnologias aplicadas:

A opção pelo sanitário seco como sistema de saneamento ecológico, segundo o Instituto, tem como objetivo a experimentação de sistemas sustentáveis que permitam desenvolver o aprimoramento das atividades humanas, associadas à recuperação e proteção dos ambientes naturais.

O projeto compreende a instalação de dois sanitários secos (Figura 41). O modelo utilizado é do tipo auto-coletor, com recipientes móveis. Em um deles a separação das fezes e urina se dá por meio do vaso segregador no outro são utilizados dois recipientes diferentes para a separação da urina e das fezes.

Figura 41: Vista externa dos sanitários.



(Fonte: arquivo pessoal)

No modelo segregador (Figuras 42 e 43), as fezes são coletadas e armazenadas em bombonas plásticas de 100L. Este recipiente é pintado de preto e voltado para o norte a fim de absorver máxima insolação. Uma tubulação para ventilação para a saída de odores por meio de convecção é utilizada. Esta tubulação consiste em um cano de PVC pintado de preto com uma conexão do tipo “L” no topo para impedir a entrada de água da chuva. A urina é coletada em um recipiente posicionado na parte frontal da bacia sanitária e armazenada em recipientes plásticos.

Figura 42: Vista externa do sanitário segregador.



(Fonte: arquivo pessoal)

Figura 43: Vista interna do sanitário com a tubulação de separação da urina e fezes.



(Fonte: arquivo pessoal)

O outro sanitário, é também do tipo auto-coletor com recipientes móveis porém não utiliza a bacia segregadora (Figura 44). A separação é feita com a utilização de um recipiente plástico de 20L para a coleta das fezes (Figura 45) e um bidê utilizado como mictório para a urina (Figura 46).

Figura 44: Vista externa do sanitário com bacia coletora de fezes e mictório.



(Fonte: arquivo pessoal)

Figura 45: Vista interna do sanitário com a bacia coletora de fezes.



(Fonte: arquivo pessoal)

Figura 46: Vista interna do mictório no sanitário.



(Fonte: arquivo pessoal)

4.2.2 Operação do sistema:

A operação do sistema com a bacia segregadora consiste em adicionar, após cada defecação uma “palhada”, que consiste em aproximadamente 500g de palha ou folhas secas no compartimento das fezes. Quando o recipiente é cheio ele é coberto com uma tampa e permanece por um período de aproximadamente 6 meses de armazenamento enquanto uma segunda bombona é colocada em atividade. Para isto, o assento é transportado e posicionado encima desta outra bombona enquanto o antigo orifício é coberto para impedir sua utilização. Um cartaz localizado dentro do sanitário orienta os usuários sobre sua utilização (Figura 47).

Figura 47: Cartaz com as instruções de uso do sanitário.



(Fonte: arquivo pessoal)

No sistema que não possui a bacia segregadora, o material a ser adicionado após cada defecação é a terra seca também na quantidade de aproximadamente 500g. Neste sistema, o material é retirado com maior frequência em função do volume do recipiente e transportado para a composteira. Porém, o transporte é facilitado em função do peso do recipiente cheio.

Depois de completado o período de seis meses este material é transportado para uma composteira com o objetivo de finalizar o tratamento. Análises feitas verificaram que o material resultante do tratamento e aplicado no solo ainda continha ovos de helmintos, demonstrando que sua utilização diretamente como fertilizante para a agricultura não é perfeitamente segura.

Neste modelo a construção dos sanitários se deu por meio de “mutirão”, em oficinas de bioconstrução. A opção por materiais locais e em sua maioria não comercializados, retirados do próprio sítio como barro e bambu ou reaproveitados como as garrafas reduziu significativamente o custo final de implantação.

4.3 Comunidade Rural – Província de Shaanxi, China.

O quarto estudo de caso constitui um projeto de banheiro seco implantado na província de Shaanxi, noroeste da China (Figura 48).

Segundo Kumar (2008) na área rural da China, somente 68% da população têm acesso à água potável e 29% um sistema de saneamento adequado. A renda per capita está na faixa de 100 a 150 Euros e os excrementos humanos são diluídos em água e aplicados diretamente na agricultura, que é o principal meio de subsistência. Além disso, a disponibilidade de recursos hídricos é escassa, pois os índices pluviométricos ficam abaixo de 400 mm a 600 mm por ano.

Figura 48: Localização do projeto.



(Fonte: Kumar, 2008)

A província de Shaanxi está entre as mais subdesenvolvidas do mundo, onde 25% das crianças com menos de três anos sofrem de diarreia, pois a falta de água obriga as pessoas a utilizarem fontes contaminadas somadas à falta de saneamento adequado. O projeto abrangeu 247 comunidades dos municípios de Chunhua, Xixiang, Chenguu, Pucheng e Jia Xian Yulin.

Kumar (2008) afirma que o objetivo do projeto consiste em proporcionar benefícios sustentáveis para a saúde e higiene através da melhoria no abastecimento de água e saneamento, reduzir o consumo de água e reciclar nutrientes orgânicos.

4.3.1 Tecnologias aplicadas:

Segundo Kumar (2008), o projeto consiste na implantação em grande escala de sanitários secos beneficiando aproximadamente 200 pessoas. O projeto de um sanitário seco segregador de câmaras dupla (figura 49),

para atender 5 pessoas é proposto para cada família. As fezes são coletadas em câmaras construídas acima do solo. Para o cálculo da câmara foram considerados 50 kg por pessoa por ano (dieta sueca) x 5 (N.º de adultos) x 1 ano = 250 kg.

Figura 49: Imagem do sanitário implantado.



(Fonte: Kumar, 2008)

O tamanho de uma câmara poderia ser de 0,9 m x 0,7 m x 0,4 m (profundidade) = 0,25 m³. Mas como um espaço livre de 0,2m é deixado na profundidade, o tamanho total de cada câmara é de 0,9m x 0,7m x 0,6. Cada câmara possui uma abertura para o esvaziamento com dimensões de 25 cm x 25 cm. Podem ser fechada com uma placa de madeira, placa de metal ou com tijolos (KUMAR, 2008).

Kumar (2008) explica que o tubo de ventilação possui diâmetro de 10 ou 15 cm e ultrapassam 50 cm do telhado. A bacia sanitária está posicionada sobre um pedestal acessado por meio de escadas com degraus de 150 mm a 200 mm e profundidade de 0,60m. O número de degraus não deve ser maior que 3 ou 4 pois requerem mais espaço e não são seguros para crianças e idosos. Antes da primeira utilização, cobrir o chão da câmara com uma espessa camada de 3cm de terra seca para absorver a umidade e impedir a aderência das fezes no piso.

A urina é coletada por uma tubulação de plástico flexível com diâmetro de 40 mm conectado a um tanque para armazenamento. Os tanques depois de cheios são fechados e armazenados por 30 dias. O recipiente de armazenamento da urina é um balde ou recipiente plástico comprado no comércio local (KUMAR, 2008).

4.3.2 Operação do sistema:

A operação do sistema como afirma Kumar (2008) consiste em adicionar 2 porções de cinzas após cada defecação. O papel higiênico é coletado em um recipiente separadamente e queimado. O tempo que demora para encher o recipiente de fezes é de 6 a 7 meses. Depois de cheio o material permanece na própria câmara para descansar enquanto que a outra câmara é colocada em atividade. Para isto, o assento é movimentado e posicionado sobre esta nova câmara enquanto que o orifício deixado pela retirada do assento da câmara cheia é coberto a fim de impossibilitar seu uso.

Segundo Kumar (2008) a câmara cheia permanece descansando por um período de 6 a 7 meses, tempo que levará para encher a outra câmara. Depois deste período, o material é retirado e aplicado no solo antes do plantio. As câmaras são utilizadas desta maneira alternadamente. Estima-se que 400 a 500 Kg de húmus por família por ano podem ser obtidos. A urina coletada é aplicada diretamente no solo 1 ou 2 vezes por semana diluída na proporção de 1:2

Kumar (2008) ainda afirma que a necessidade de fertilizantes média para estas famílias de cinco membros é de 150 kg por ano, e o sanitário atende 15% desta necessidade. Pequenos agricultores que possuem em média uma área de 0,2 – 0,33 ha cultivam vegetais e pomares (maças, tâmaras, peras, ameixa) com o fertilizante obtido do sanitário.

A manutenção do sanitário é realizada por uma pessoa que, com a utilização de luvas, retira das câmaras uma ou duas vezes por ano o composto gerado. A limpeza periódica é feita passando um pano úmido na louça, o coletor de urina é lavado aplicando pequenas quantidades de água (KUMAR, 2008).

O total do investimento deste sanitário foi calculado por Kumar (2008) em 80 euros, mas com a utilização de materiais locais pode-se chegar a 54 Euros por sanitário. Uma listagem com os itens utilizados na construção e seus valores é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Itens e custos de construção do sanitário.

Item	Quantidade	Custo em Euros
Bacia separadora de plástico (modelo cócoras) produzido pela Sociedade Jiu San	1 unid	6,5
Laje de concreto para apoio da bacia	1 unid	3,1
Tubo de PVC ø 110mm (para sist.. de ventilação)	6 m	2,6
Curva de PVC ø110mm	1 unid	0,3
Cimento	3 sacos	3,5
Areia	1 m ³	3,7
Azulejo	1,8 m ²	3,9
Tubo plástico 40mm (para tubulação de urina)	1,2 m	0,3
Recipiente para urina	2 unid	0,5
Recipiente para cinzas	1 unid	0,4
Cesta de papel higiênico	1 unid	0,2
Pá para as cinzas	1 unid	0,5
Pedreiro (1 durante 3 dias)	3	12,8
Auxiliares (2 x 3 dias)	6	18,0
Tijolos	700 pçs	12,0
Telha ondulada galvanizada (Para o telhado)	3 pçs	2,6
Viga de madeira para sustentação do telhado	1 unid	0,6
Porta	1 unid	6,4
Ventilação	1 unid	2,1
TOTAL		80 Euros

(Fonte: Kumar, 2008)

4.4 Escola rural em Hayanist, Armênia

A solução descentralizada para tratamento de esgoto foi abordada como a solução mais adequada para a escola rural em Hayanist, pois não se teria condições de pagar pela operação e manutenção de um sistema centralizado (DEEGENER *et al.*, 2009).

Hayanist está situada a 12 km a sudoeste da capital Yerevan, situado em uma área com um solo pantanoso e um elevadível de lençol freático onde a profundidade dos poços é de apenas um metro. Como afirmam Deegener *et al* (2009), a maioria dos lares possui latrinas, onde os líquidos infiltram diretamente no solo. As águas residuais são utilizadas diretamente para a irrigação sem nenhum tratamento através de um canal de drenagem.

Os objetivos do projeto segundo Deegener *et al* (2009), envolvem questões de melhoria do sistema de saneamento com a criação de uma escola sustentável, acessível e segura, investigando sua viabilidade em um contexto rural, evitando a contaminação das águas superficiais. Antes da execução do projeto em 2006, os alunos de 6- 17 anos de idade utilizavam latrinas (Figura 50) assim como, a sensibilização pública quanto a higiene e os riscos de saúde associados à falta de saneamento.

Figura 50: Antiga latrina da escola.



(Fonte: Deegener *et al.*, 2009)

Além destes objetivos, o projeto tem a proposta de ser acessível financeiramente, mostrando que as condições das zonas rurais que não possuem nenhuma conexão de água encanada ou esgoto podem ser melhoradas, assim como, a conscientização sobre a vantagem de se separar a urina e utiliza - lá como adubo (DEEGENER *et al.*, 2009).

Como afirmam Deegener *et al* (2009), os prédios escolares da Armênia devido ao seu limitado orçamento para operação e manutenção, apresentam mal estado de conservação (Figura 51). Nesta escola existia uma latrina para 200 meninos e professores e outra para mais 200 meninas e professoras. Para não ter que usar a latrina, muitos estudantes e professores evitavam ingerir líquidos durante o período em que estavam na escola.

Figura 51: Imagem da escola em Hayanist.



(Fonte: Deegener *et al.*, 2009)

4.4.1 Tecnologias aplicadas:

Como explicam Deegener *et al* (2009), para implantação do sistema, foi construído um bloco de sanitários secos com 7 cubículos masculinos e femininos do tipo cócoras - sem pedestal e com desvio da urina, 3 mictórios (Figura52) e 6 lavatórios.

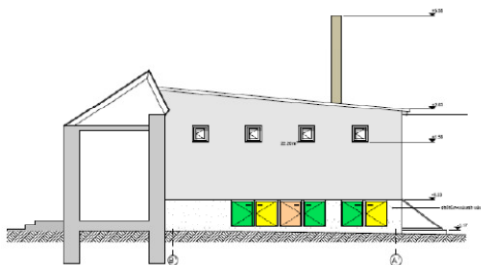
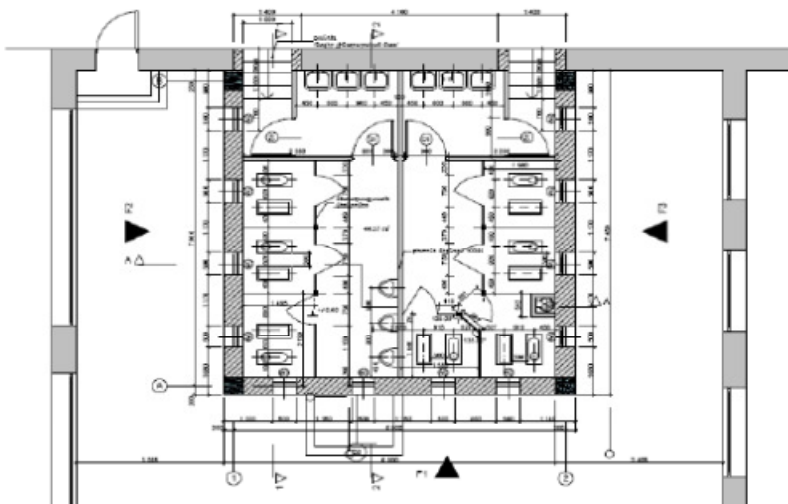
Figura 52: Detalhe do sanitário tipo cócoras e os mictórios instalados em alturas diferentes.



(Fonte: Deegener et al., 2009)

Na Figura 53 pode-se observar o projeto e o novo prédio, que foi executado como uma extensão do edifício escolar existente, sendo localizados no porão os tanques de armazenamento da urina.

Figura 53: Planta baixa e fachada dos banheiros secos construídos em um novo prédio anexo a escola.



(Fonte: Deegener et al., 2009)

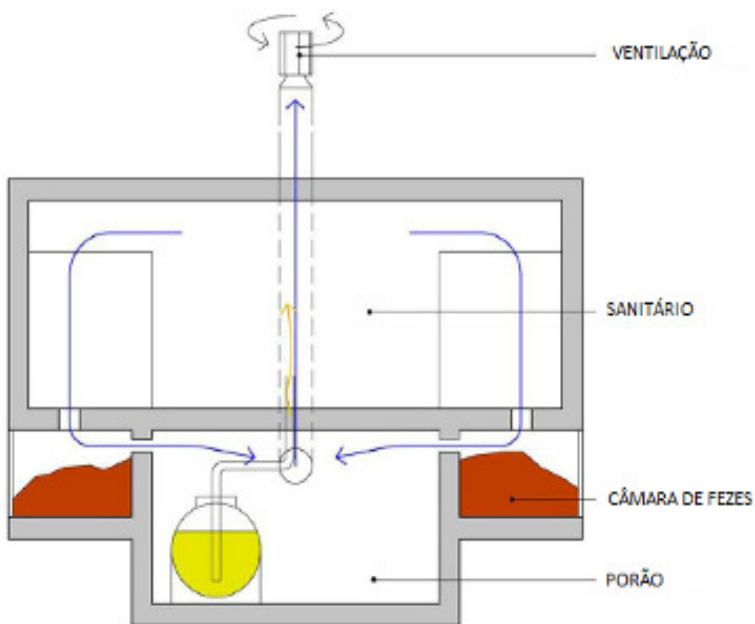
Para a coleta e armazenamento das fezes foi adotada a solução com duas

câmaras. As câmaras possuem volume de 1m^3 cada e são usadas alternadamente em períodos de 2,5 anos onde apenas $2/3$ do seu volume é preenchido. O piso das câmaras tem uma inclinação de 1% para a drenagem do material lixiviado. Para o armazenamento da urina foram instalados 4 tanques de polietileno de 2m^2 localizados no porão do bloco de sanitários. Quando um tanque enche, a urina é levada para outro tanque. Enquanto o segundo tanque está em uso, a urina do primeiro tanque é armazenada por pelo menos 6 meses antes de ser utilizada como fertilizante (DEEGENER *et al.*, 2009).

Estimativa do volume foram consideradas as visitas aos sanitários pelos alunos da escola em um período de 5 horas/dia, 5 dias/semana por 8 meses/ ano. Para o cálculo do volume de fezes se levou em conta uma massa de 0,2 kg / dia de fezes molhada e um teor de matéria seca de 30%, o volume total previsto para as câmaras de fezes foi de $7 \times 1 = 7 \text{ m}^3$, e provou ser grande o suficiente para atender 380 pessoas (alunos e funcionários). Já para o cálculo do volume de urina foi considerado e 0,3 L/ dia por pessoa (volume relativamente baixo, mas considerado normal para a Europa Oriental), sendo que o volume de $4 \times 2 = 8 \text{ m}^3$ demonstrou ser grande o suficiente para permitir o tempo de armazenamento de pelo menos 6 meses.

Cada câmara de fezes tem uma abertura para a sala de reservatório da urina como pode ser visualizado na Figura 54. A partir dessa sala, o ar é levado por uma tubulação para acima do telhado, um ventilador com 30 cm de diâmetro promove maior eficiência. Com esta solução conseguiu-se utilizar apenas um tubo de ventilação para todo sistema, entretanto, verificou-se que o tubo de ventilação ligado diretamente ao tanque de urina pode levar a uma perda de nitrogênio. Além disso, o tubo de ventilação acima do teto deve ser isolado para permitir o fluxo de ar também no inverno (DEEGENER *et al.*, 2009).

Figura 54: Corte mostrando as câmaras, o tanque de urina e o sistema de ventilação.



(Fonte: Deegener et al., 2009)

4.4.2 Operação do sistema

Um trabalho para aumentar a consciência sobre questões ambientais e colocar a importância do sistema de desvio da urina foi realizado com as crianças através de performances e eco-jogos.

A Figura 55 mostra um workshop sobre a utilização e manutenção do sistema. Também se fez uso de material didático, folhetos e cartazes explicando o funcionamento do banheiro seco e o sistema de duas câmaras.

Figura 55: Workshop com as crianças.



(Fonte: Deegener et al., 2009)

Os custos para implantação do novo bloco de sanitários foram de aproximadamente 28, 740 € dos quais 70% foram para materiais de construção e 30% para concepção, trabalho, formação e educação. Os sanitários do modelo cócoras foram gentilmente cedidos pela Women in Europe for a Common Future (WECF) - Mulheres na Europa para um Futuro Comum. Neste caso, os custos do sistema foram considerados muito altos, resultantes do alto preço dos materiais de construção na Armênia, pois a maioria deles tem que ser importado de outros países (DEEGENER *et al.*, 2009).

Como afirma Deegener *et al* (2009), uma pessoa foi contratada e instruída para limpeza da escola e dos sanitários. Aproximadamente, 2,5 horas/ dia são necessárias para limpeza da área de sanitários. Os banheiros são inspecionados diariamente e os azulejos são limpos com carbonato de sódio ou vinagre quando necessário. As câmaras e o tanque de urina (Figura 56) são monitorados por um zelador, que tem a função de nivelar as pilhas nas câmaras toda semana e cobrir com solo quando preciso. Os alunos são instruídos para cobrir as fezes com terra seca ou cinzas, serragem ou uma mistura destes após a defecação. O papel higiênico é recolhido separadamente.

Figura 56: Câmaras dos sanitários e os tanques para armazenamento da urina.



(Fonte: Deegener et al., 2009)

A urina proveniente dos tanques quando cheios é transportada um caminhão limpa-fossa comum devidamente limpo antes da utilização. Não se tem dados sobre a sua utilização na agricultura. As fezes ainda não foram utilizadas como fertilizante, pois devido ao grande volume das câmaras percebeu-se que se levam aproximadamente 2,5 anos para enchê-las e mais 2 anos para a desidratação adequada. Após 5 anos da conclusão da instalação (final de 2011), com o produto acabado, os agricultores locais planejam utilizar as fezes desidratadas como condicionador de solos para plantas ornamentais do pátio da escola (DEEGENER et al., 2009).

5 PARÂMETROS PROJETUAIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE SANITÁRIOS SECOS DESIDRATADORES COM DESVIO DE URINA

Das pesquisas realizadas é possível extrair recomendações projetuais para implantação de Sanitários Secos Desidratadores com Desvio de Urina (SSDDU) adaptados para a realidade brasileira.

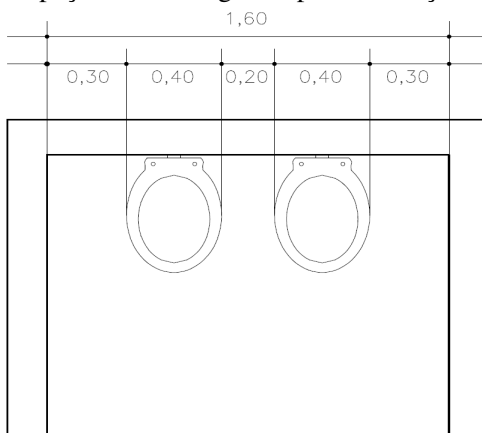
As recomendações estão divididas em:

- 1- Componentes do projeto para a superestrutura de um SSDDU
- 2- Componentes do projeto do sistema de coleta e armazenamento das fezes
- 3- Componentes do projeto do sistema de coleta da urina
- 4- Operação do sistema.

5.1 Componentes do projeto para a superestrutura de um SSDDU

A superestrutura de um SSDDU deve oferecer privacidade e conforto para os usuários. Para isto verificou-se que o espaço mínimo apropriado para que o usuário possa se movimentar considerando o sistema de duas câmaras com assentos intercambiáveis seja de 160 cm de largura e 120 cm de comprimento, e cada assento colocado a uma distância de pelo menos 30 cm das paredes (Figura 57).

Figura 57: Espaço mínimo sugerido para colocação dos assentos.



(Fonte: Elaborado pela autora)

Para a limpeza do ambiente, o piso deve ter uma superfície lisa e durável. Este espaço deve ter uma inclinação suficiente para drenar a água para fora do ambiente. Isto pode ser conseguido com a instalação de um ralo na cota mais baixa. É importante assegurar que a água não entre no compartimento das fezes.

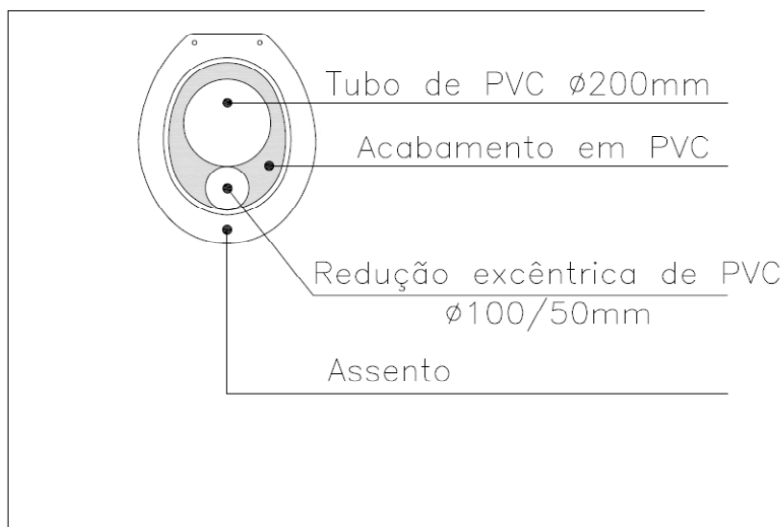
O assento separador tira proveito da anatomia do corpo humano que é de excretar a urina e as fezes separadamente, portanto ambas as substâncias podem ser coletadas de forma independente. A urina é recolhida através de um pequeno orifício na área frontal do assento enquanto que as fezes caem através de um buraco maior na parte traseira do assento. Assim, o usuário precisa se posicionar de forma que a coleta seletiva seja feita.

Em relação ao assento separador, o modelo instalado na EPAGRI apresentou um sanitário confeccionado com tubos de PVC de dois diâmetros diferentes que se mostrou bastante eficiente.

Para a confecção deste modelo, pode-se utilizar dois tubos de PVC de diferentes diâmetros, unidos entre si (Figura 58).

Figura 58: Detalhe do vaso separador.

VISTA SUPERIOR



(Fonte: Elaborado pela autora)

Este assento pode ser posicionado sobre um pedestal ou bancada. O modelo de pedestal funciona como o modelo padrão utilizado em descargas hídricas. No Brasil, não foram encontradas empresas que comercializam a louça do tipo pedestal separadora, por esse motivo, ela é confeccionada nos mais diversos materiais. O outro modelo utiliza uma bancada posicionada na altura do assento (40 a 50 cm) que é montada sobre a câmara.

A utilização de escadas se faz necessária quando o local a ser instalado não proporciona uma inclinação natural a fim de comportar as câmaras abaixo do assento. As escadas podem ser instaladas interna ou externamente ao compartimento onde está localizado a assento.

Como foi observado no estudo de caso que apresentou a implantação do sanitário seco na China, a recomendação é que as escadas possuam degraus com altura de 150 mm a 200 mm. O número de degraus não deve ser maior que 3 ou 4 por requererem mais espaço e não serem seguros para crianças e idosos.

Pode-se optar por utilizar dois aparelhos distintos para a coleta das fezes e urina separadamente, por meio da instalação de mictórios inclusive para mulheres, observou-se esta situação no sanitário do Instituto Çarakura. Neste caso, deve ser alertado para o uso do vaso sanitário somente para a coleta das fezes. A instalação de mictórios pode ser utilizada reduzindo o risco do uso indevido por homens em função do hábito de urinar em pé.

Para uma melhor durabilidade e ser de fácil limpeza, os sanitários e mictórios, devem possuir uma superfície lisa e confeccionados com materiais como: porcelana, plástico, polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) ou azulejo. O concreto tem a desvantagem da rápida abrasão, tornando o local propenso a acúmulo de sujeira e proliferação de odores, porém essas superfícies podem ser tratadas com cera. É importante manter o ambiente bem ventilado.

5.2 Componentes do projeto do sistema de coleta e armazenamento das fezes

Um UDDT padrão é composto por duas câmaras intercambiáveis. Apenas uma câmara é utilizada até que esteja cheia depois se começa a utilização da outra câmara. O uso de duas câmaras permite o “descanso” da matéria fecal durante vários meses (6 -12 meses), promovendo a

secagem e a desidratação.

Este tratamento não leva a uma eliminação completa dos organismos patogênicos presentes na matéria fecal, mas permite um manuseio seguro, a partir de medidas de segurança para serem encaminhados a posterior tratamento.

Os sanitários com separação de urina compostos por apenas uma câmara não prevêem um tempo de armazenamento a fim de desidratar as fezes dentro da câmara e proporcionar um material seguro para a manipulação. As câmaras podem ser construídas no local ou utilizarem recipientes plásticos como as bombonas apresentadas nos estudos de caso da EPAGRI e do Instituto Çarakura, porém observa-se que nestes sistemas o material tende a se compactar, formando condições de anaerobiose, recomenda-se que a preferência se dê por câmaras construídas no local, pois proporciona um material mais seguro para ser manuseado.

Para as câmaras construídas no local, a localização acima do solo é importante para evitar infiltrações do material e a contaminação do lençol freático além de proporcionar melhor acesso para a retirada do material das câmaras após o armazenamento.

Como afirma Rieck (2011), a construção de uma laje de pelo menos 10 cm acima do solo é recomendada para proteger de inundações. O piso não precisa necessariamente ser impermeabilizado, mas deve apresentar uma inclinação em direção à porta da câmara a fim de direcionar possíveis líquidos. O estudo de caso da escola da Armênia apresentou uma câmara com inclinação de 1% para o material lixiviado. Um dreno deve ser posicionado em área anexa ao sanitário, que apesar da lixiviação ser reduzida pelas condições das fezes secas pode existir por algum resíduo de urina ou outros líquidos.

Antes da primeira utilização, sugere-se cobrir o chão da câmara com uma espessa camada de 3cm de terra seca para absorver a umidade e impedir a aderência das fezes no piso, como mostrou o estudo de caso da China.

As portas de acesso às câmaras para a retirada do material devem ser fixadas a fim de evitar a abertura acidental por crianças ou animais. A solução com dobradiças, trilhos ou ganchos podem ser boas soluções semipermanentes. Chapas de aço galvanizado, aço pintado, madeira tratada, laje de concreto, alvenaria e plástico podem ser bons materiais para a confecção das portas das câmaras. A durabilidade dos materiais

também é importante, por isso devem ser observadas as condições do local onde as portas serão implantadas como clima, vandalismo, tratamento contra cupins etc.

Em áreas sujeitas a alagamentos, as câmaras devem ser posicionadas acima destas cotas. As câmaras não devem ser hermeticamente fechadas, pois o suprimento de ar e a ventilação são benéficos para o tratamento.

As câmaras devem obedecer sempre que possível a orientação solar norte e evitar locais sombreados, pois a radiação ajuda atingir temperaturas mais elevadas auxiliando o processo de secagem. Alguns exemplos utilizaram as portas inclinadas a 45° de material metálico e pintadas de preto, observa-se que esta situação também favorece as condições de secagem e podem ser utilizadas para este fim. Neste caso, é importante proteger as câmaras da entrada de água da chuva com vedações.

Porém, quanto a inativação de patógenos, estudos comprovaram que apenas camadas de 3 cm de fezes seriam atingidas pelos raios solares, portanto, para um tratamento completo dentro da câmara a utilização de materiais translúcidos, como o vidro por exemplo não se mostram eficientes.

A ventilação dentro da câmara fornece a exaustão dos odores e da umidade. Por isso, sempre deve ser previsto um sistema de ventilação, mesmo em climas secos. A ventilação pode ser natural ou mecânica. A ventilação natural consiste em posicionar um tubo de pelo menos 100 mm de diâmetro que por meio do efeito sifão leva os odores para fora do ambiente. Podem ser metálicos ou de plástico e devem ultrapassar 1m acima do telhado.

Na saída do tubo deve-se prever uma cobertura para impedir a entrada da água da chuva como ilustra a Figura 59. Também uma armadilha para evitar a penetração de insetos é necessária. Para isso ser conseguido pode-se utilizar uma grade ou malha.

Figura 59: Tubulação de ventilação com sistema que impede a entrada da chuva.



(Fonte: Rieck,2011)

Para fins de projeto, o dimensionamento das câmaras deve assumir uma média de 0,129 Kg por pessoa/ dia (3,87 Kg por mês), como afirma o estudo realizado por Magri *et al* (2011), para a estimativa de fezes excretadas por pessoa segundo a dieta brasileira.

Considerando o período de ausência dos usuários, ou seja, quando saem de casa para o trabalho ou escola e nem sempre defecam no sanitário, Rieck (2011) recomenda subtrair 15% do volume total.

Se o papel higiênico for depositado dentro da câmara, seu volume também deve ser considerado. Rieck (2011) adiciona 0,7 Kg/mês por pessoa.

O material secante, considerando a opção que mostrou melhor desempenho no estudo de caso do sanitário da EPAGRI, ou seja, a mistura de cinzas e conchas e ostras trituradas (50% de cada uma) na proporção de 75% do peso úmido do material fecal encontra-se um volume de 2,88 Kg por pessoa/mês.

A perda de umidade pelo processo de desidratação também deve ser

considerada, por esse motivo Rieck (2011) recomenda reduzir 30% do seu volume.

Porém, como afirma Rieck (2011), as câmaras devem ser dimensionadas com uma margem de segurança de 20%, a fim de comportar possíveis usuários ocasionais, ou uma distribuição desigual da pilha que pode reduzir o volume útil da câmara. Sendo assim, 5,77 kg devem ser adicionados ao valor obtido com o objetivo de estimar em, aproximadamente 35 kg o volume necessário para o dimensionamento da câmara por pessoa. A equação demonstra um exemplo de cálculo para o dimensionamento da câmara conforme o número de usuários considerando todas as variáveis.

Sendo:

VC= Volume da câmara

Nu= Número de usuários

$$V C = Nu \times (3,87Kg^{(1)} - 15\%^{(2)} + 0,7Kg^{(3)} + 2,88Kg^{(4)}) \times 6^{(5)} - 30\%^{(6)} + 20\%^{(7)}$$

(1) assumir uma média de 0,129 kg por pessoa/ dia = 3,87 kg por mês (para a dieta brasileira)

(2) considerando o período de ausência: subtrair 15% do volume total

(3) se o papel higiênico for depositado dentro da câmara, adiciona-se 0,7 kg/mês por pessoa

(4) material secante, volume de 2,88 kg por pessoa/mês

(5) seis meses de armazenamento

(6) perda de umidade, reduzir 30% do seu volume

(7) margem de segurança de 20%.

Simplificando temos:

VC= Nu x 35 Litros

A Tabela 9 demonstra detalhadamente o cálculo para determinar o volume da câmara de fezes por pessoa para um período de 6 meses, sendo assim, basta multiplicar pelo número de usuários e temos o volume final da câmara, por exemplo, uma câmara para 5 pessoas (5 x 35 Litros) poderia ter um volume de 175 Litros.

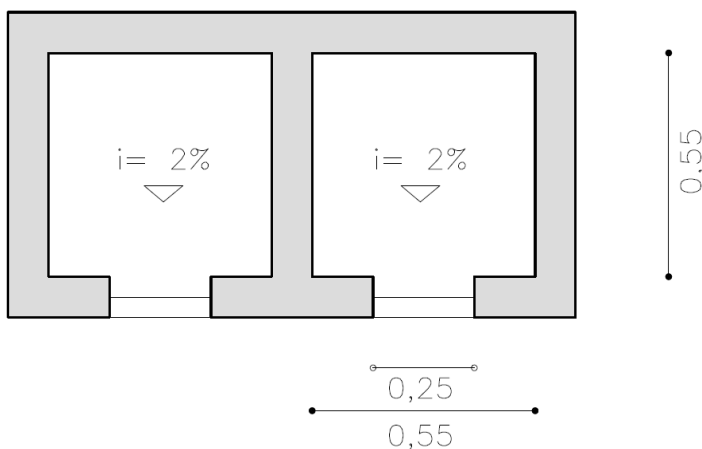
Tabela 9: Exemplo de cálculo para dimensionamento da câmara para armazenamento de 6 meses.

Cálculo do volume da câmara por pessoa	
Volume diário de fezes excretado por pessoa	0,129 Kg/dia
Por 1 mês (x 30)=	3,87 Kg/mês
Ausência(- 15%) ,ou seja, -0,58Kg=	3,29 Kg/mês
+ 0,7 Kg=	3,99 Kg/mês
Material secante + 2,88Kg=	6,87 Kg/mês
x 6 meses=	41,22Kg/meio ano
Perda de umidade (-30%), ou seja, -12,36Kg =	28,86Kg/meio ano
Margem de segurança (20%), ou seja, + 5,77Kg=	34,63 Kg/meio ano
TOTAL	35 Litros

(Fonte: Elaborado pela autora)

Como resultado, o tamanho da câmara poderia ter dimensões internas de 0,55cm de largura, 0,55cm de comprimento (Figura 60) e uma altura útil de 0,60cm, mais 20cm de altura livre acima da massa.

Figura 60: Desenho das câmaras.



(Fonte: Elaborado pela autora)

5.3 Componentes do projeto do sistema de coleta da urina

O sistema de coleta da urina tem o objetivo de drenar a urina para um sistema de armazenamento para posterior reutilização ou para a sua eliminação por meio de infiltração subterrânea. Os tanques de armazenamento têm a finalidade de higienizar a urina através do armazenamento, ou simplesmente aguardar o momento em que ocorre a fertilização das plantações ou a espera por um prestador de serviços para ser esvaziada.

Para calcular o volume do recipiente de armazenamento da urina, multiplicamos a taxa diária de produção de urina por pessoa pelo número de dias de armazenamento desejado. A estimativa de volume feita pela escola da Armênia considerou 0,3 L/dia/pessoa, dado bem abaixo do encontrado na literatura que foram de 1,0 a 1,3 litros por pessoa por dia (JENKIS, 2005) e entre 0,8 a 1,5 litros por pessoa por dia segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011).

Optou-se por adotar o maior valor encontrado, sendo assim o volume dos tanques ficariam em 7,5 litros por dia considerando uma família de 5 pessoas. Este volume deve ser multiplicado pelo período de armazenamento utilizado. Para o tempo de armazenamento de 1 mês seria necessário um tanque de 225 Litros, porém recomenda-se não utilizar tanques com dimensões muito grandes como foi observado na escola da Armênia em que um caminhão limpa fossa teve que ser contratado para realizar o serviço, pois os tanques de 2m³ se mostraram inviáveis para o transporte.

Segundo Rieck (2011), no caso em que a urina é armazenada em tanques, os odores podem chegar ao sanitário por meio do sistema de tubulação, para isso torna-se necessário ventilar o tanque, porém isto pode afetar a qualidade do fertilizante, pois parte do nitrogênio é perdido pela emissão de amônia, em geral a emissão de amônia é a causa dos odores.

Tanques de 20 litros são frequentemente utilizados para um armazenamento em curto prazo, pois são facilmente transportados, porém o esvaziamento deverá ser feito com maior frequência. Tanques de tamanhos intermediários podem ser utilizados alternadamente oferecendo um tempo maior de armazenamento.

Para o perfeito funcionamento da tubulação de urina devem ser evitados

os bloqueios que podem ser causados pelo uso indevido, como o ato de defecar no coletor de urina, ou pela queda acidental de materiais como cinzas ou outros materiais.

Para evitar bloqueios na tubulação de saída da urina podemos utilizar um diâmetro pequeno para a captação entre 50 a 110 mm com uma tubulação subsequente maior. Assim evitamos a entrada de objetos indesejáveis e também subentende-se que este não é o local apropriado para o depósito de fezes. A utilização de uma peneira removível no orifício de coleta também pode ajudar na filtração, porém esta peneira precisa ter uma limpeza regular.

O comprimento, número de curvas e a inclinação também devem ser observados para evitar os bloqueios. Sendo assim, Rieck (2011), recomenda que o comprimento da tubulação não ultrapasse 10 metros, as curvas devem ser evitadas sempre que possível, nos locais onde a curvatura seja necessária podem ser utilizadas aberturas para a inspeção. Além disso, devem possuir boa vedação não permitindo vazamentos e a proteção de vandalismo ou quebras acidentais quando expostas em ambientes externos. A inclinação mínima recomendada é de 4%.

Como observa-se no estudo de caso realizado na escola da Armênia, o metal é um material que deve ser evitado para a tubulação e armazenamento da urina por apresentar efeitos corrosivos. O concreto também não é indicado, a recomendação é que se utilize tanto para a tubulação como para os tanques o Policloreto de vinila (PVC) ou Polietileno (PE), a preferência é por mangueiras mais rígidas para evitar curvaturas acentuadas que podem bloquear a tubulação.

5.4 Operação do sistema

Para o controle de odores, recomenda-se borrifar água no orifício de captação da urina, para a tubulação de fezes pode-se utilizar tampas, que além de bloquear visualmente o material da câmara impedem que os odores emanem do tanque de armazenamento. Além disso, o ambiente deve ser bem ventilado.

As tampas podem ser operadas com os pés, evitando o contato manual reduzindo o risco de transmissão de doenças. Além disso, tampas removíveis podem se perder ou serem quebradas em determinados ambientes.

Já para o assento que não está sendo utilizado, as tampas devem ser fixas, com o objetivo de inutilizar seu uso e com a função de proporcionar o descanso do material dentro da câmara.

Pequenas quantidades de urina e sangue menstrual não causam problemas, o papel higiênico deve ser depositado dentro da câmara, pois como observa-se no estudo de caso do sanitário da EPAGRI em que foram analisadas amostras com e sem papel higiênico este se mostrou indiferente quanto ao processo de desidratação, além de que podem estar contaminados e juntamente com o material fecal devem ser tratados. Sendo assim, a recomendação é que seja depositado no compartimento, porém absorventes íntimos e outros produtos de higiene devem possuir um recipiente a parte, pois não são biodegradáveis e devem ser tratados como resíduos sólidos.

Outros resíduos como restos de cozinha, guardanapos e outros detritos não devem ser depositados na câmara, pois pode interferir no processo de desidratação devido seu teor de umidade.

Para controlar os odores no interior das câmaras de fezes deve-se manter níveis de umidade baixos, consegue-se isso com a adição de material secante, no estudo realizado pelos alunos do curso de Engenharia Ambiental da UFSC, as conchas e ostras trituradas se mostraram como os melhores materiais para a remoção da umidade.

Para elevação do pH, a utilização de cinzas foi o material que apresentou melhores resultados. Tendo em vista que estas condições são desfavoráveis à sobrevivência dos organismos patogênicos, recomenda-se segundo este estudo realizado, adotar a mistura dos dois materiais (50% de cinzas e 50% de ostras e conchas trituradas), na proporção de 75% do peso das fezes úmidas.

5.5 Recomendações para a eliminação segura do material gerado

Embora não seja âmbito da pesquisa, a abordagem dos métodos de tratamento para reuso de fezes e urina humanas, algumas recomendações para gestão dos subprodutos gerados serão apresentadas a fim de minimizar o risco de transmissão de doenças.

Como afirmam Schonning e Stentrom (2004), para residências familiares a urina pode ser usada sem armazenamento prévio para todo

tipo de cultivo, desde que os cultivos para o consumo sejam para a mesma residência e que tenha transcorrido um mês entre a fertilização e a colheita, ou seja, o tempo entre a última aplicação da urina e o consumo.

Uma razão para que as diretrizes sejam menos severas em residências familiares é que a transmissão de pessoa para pessoa excederá o risco da transmissão relacionada à urina no ambiente, os autores ainda afirmam que se deve evitar diluir a urina durante o armazenamento. A urina concentrada proporciona um ambiente mais adverso para os microorganismos e aumenta a taxa de decaimento dos patógenos.

Schonning e Stentrom (2004) ainda afirmam que a urina deve permanecer em um tanque fechado ou container. Isto previne que pessoas e animais entrem em contato com a urina e impede a evaporação da amônia, reduzindo assim o risco de odores e a perda de nitrogênio disponível para as plantas.

Porém, os possíveis metabolitos humanos como os hormônios podem ainda persistir. A bibliografia ainda não apresenta dados significativos que comprovem sua utilização segura, por isso, recomenda-se que a urina seja infiltrada no solo através de um poço de absorção.

Este poço pode ser um buraco de 1,5 a 4m de profundidade, dependendo da quantidade da urina e as propriedades de absorção do solo. O buraco pode ser preenchido com pedras grossas ou cascalho ou deixado vazio.

Devido à complexidade do sistema, as diretrizes adotadas na Tabela 10 podem ser adotadas para grandes sistemas, onde o material poderia ser coletado por um prestador de serviços e tratado em grande escala com monitoramento adequado. Diante disso, as diretrizes suecas estabeleceram períodos de estocagem mínimos para eliminação de determinados tipos de patógenos e as possíveis culturas passíveis de receber a urina estocada para sistemas de grande porte.

Tabela 10: Diretrizes suecas recomendadas de tempo de armazenamento para a urina misturada^a baseadas em conteúdo de patógenos estimado^b e cultivos recomendados para sistemas de grande porte^c.

Temperatura de armazenamento	Tempo de armazenamento	Prováveis patógenos na mistura de urina após o armazenamento	Cultivos recomendados
4°C	≥1 mês	Vírus, protozoários	Cultivos alimentícios e cultivos de forragem que serão processados
4°C	≥6 meses	Vírus	Cultivos alimentícios que serão processados, cultivos de forragem ^d
20°C	≥1 mês	Vírus	Cultivos alimentícios que serão processados, cultivos de forragem ^d
20°C	≥6 meses	Provavelmente nenhum	Todos os cultivos ^e

^a Urina ou urina e água. Quando diluída se assume que a mistura de urina tem pelo menos um pH 8,8 e uma concentração de nitrogênio de no mínimo 1g/l.

^b As bactérias Gram-positivas e bactérias que formam esporos não estão incluídas nas análises básicas de risco, mas normalmente não são reconhecidas por causar qualquer tipo de infecção preocupante.

^c Um sistema de grande porte neste caso é um sistema onde a mistura da urina é usada para fertilizar cultivos que seriam consumidos por outros indivíduos e não somente pelos membros da residência onde a urina é coletada.

^d Não para pastos para a produção de forragem

^e Para cultivos alimentícios que serão consumidos crus, é recomendado que a urina seja aplicada no mínimo um mês antes da colheita e que esta seja incorporada ao solo se as partes comestíveis crescem acima da superfície do solo.

(Fonte: Adaptado de Schönning e Stenström, 2004)

Como se pode observar, o tempo recomendado de armazenamento a temperaturas de 4° a 20° C varia entre um e seis meses dependendo do tipo de cultivo a ser fertilizado.

Já para as fezes, o tratamento secundário pode compreender um tratamento alcalino, a co-compostagem, a incineração e o armazenamento. A Tabela 11 apresenta os tratamentos secundários sugeridos para as fezes nos sistemas de grande escala para utilização na agricultura.

Tabela 11: Tratamentos secundários sugeridos para as fezes nos sistemas de grande escala (nível municipal). Sem adição de novo material.

Tratamento	Critério	Comentário
Tratamento alcalino	pH > 9 durante > 6 meses	Hipótese: Se a temperatura > 35°C ou umidade < 25. Um pH mais baixo e/ou um material mais úmido prolongaria o tempo para eliminação absoluta.
Compostagem	Temperatura >50°C por > 1 semana	Requisito mínimo: Requer um tempo mais longo caso a temperatura necessária não possa ser garantida.
Incineração	Totamente incinerado (<10% carbono nas cinzas)	Requer umidade baixa
Armazenamento		É necessário modificações no tempo segundo condições locais. Sistemas de grande escala requerem um nível de proteção maior que os sistemas de nível domiciliar. Um armazenamento por tempo adicional aumenta a segurança.

(Fonte: Adaptado de Schönning e Stenström 2004)

No tratamento alcalino são agregados às fezes materiais com o objetivo de aumentar o pH. A uréia é um aditivo que tem sido considerado para o tratamento de fezes em grande escala em nível municipal, pois acrescenta um valor adicional ao fertilizante e inativa patógenos, mediante uma combinação de pH elevado e uma alta concentração de amônia.

Segundo Schonning e Stenstron (2004), a maioria dos patógenos prefere um pH neutro, ou seja, em torno de 7. Um pH de 9 ou superior, reduzirá

a carga de patógenos com o tempo, mas para obter uma rápida inativação é desejável um pH de 11-12.

O processo de incineração garante um produto final totalmente livre de organismos patogênicos. Já a compostagem termofílica depende de condições controladas para garantir a obtenção de temperaturas entre 50-70°C. Vários são os fatores que influenciam no processo de compostagem tais como umidade, aeração, tamanho das partículas, temperatura e pH.

Segundo Schonning e Stenstrom (2004), o armazenamento é a forma mais simples de tratamento das fezes. A inativação de patógenos geralmente é lenta. Para realizar uma higienização segura do produto, alcançando um fertilizante de uso seguro, é necessário um tempo de armazenamento variando de meses para a redução bacteriana, até anos para alguns helmintos.

Observou-se que, para alcançar estas diretrizes, é necessário observar vários critérios, com temperaturas e tempo controlados, este monitoramento muitas vezes não é conseguido em uma escala residencial. Por isso, como afirma Rieck (2011), para a utilização a nível domiciliar, a recomendação é que o material gerado não seja colocado na superfície do solo, e sim enterrado, coberto por uma camada de terra de no mínimo 30 cm para evitar o contato com seres humanos e animais e por risco de erosão. O local deve estar acima do lençol freático e com certa distância de poços de captação de água.

A utilização deve ser de forma produtiva como para o plantio de árvores frutíferas, arbustos e outras plantas que possam fazer uso dos nutrientes, evitando o uso para legumes e os tubérculos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

A partir das análises realizadas, procurou-se definir um modelo projetual de Sanitário Seco Desidratador com Desvio de Urina apresentado em manual, identificando critérios de dimensionamento, construção e operação, a fim de orientar sua implantação promovendo condições de salubridade em benefício do meio ambiente.

Quando se analisa o funcionamento dos sanitários secos, percebe-se que a utilização da água para transporte de dejetos é totalmente desnecessária, constituindo uma prática ultrapassada devido o atual contexto da situação dos recursos hídricos, cada vez mais limitados. A tecnologia de Sanitários Secos está se desenvolvendo estendendo seu uso em todos os tipos de situações, se mostrando viável inclusive em escalas urbanas.

Para sua aceitação, a sensibilização e educação devem ser exploradas, pois os sistemas com fluxo d' água já estão enraizados em nossa cultura, e em algumas situações este método é considerado uma “volta ao passado” ou uma alternativa para pessoas em condições financeiras desfavoráveis. O pensamento de que se utilizar um sistema seco constitui uma contribuição honrosa para a conservação dos recursos naturais, deve ser construído.

Outra questão encontrada é em relação à mudança de responsabilidade do município para a escala do investidor ou construtor. Ocorre que implantar um sistema seco de saneamento, em determinados casos, torna-se mais caro que um sistema convencional. Pois a central de tratamento, que a princípio, era operada pelo sistema público, agora deve ser fornecida pelo dono da obra, implicando em uma posição desfavorável financeiramente para se conquistar um espaço no mercado.

Observa-se também que a utilização de sanitários secos ultrapassa a necessidade de aproveitar os nutrientes, outros benefícios como a redução da demanda de água, sua utilização em solos rochosos, ou em locais onde o nível do lençol freático seja alto e que impossibilitem outros sistemas de saneamento devem ser considerados.

A pesquisa ainda demonstrou que a tecnologia possibilita a constituição de um sistema limpo, seguro e conveniente, provocando uma redefinição na concepção atual de gestão de “resíduos” humanos, que desperdiçam água sendo responsáveis por graves danos ambientais cada vez mais assistidos.

6.1.1 Recomendações para trabalhos futuros

Recomenda-se que mais estudos sejam desenvolvidos, principalmente em relação aos meios de tratamento a nível domiciliar tanto das fezes como da urina, a fim de proporcionar um material higienicamente seguro para ser utilizado como fertilizante, pois até o momento não existe um consenso quanto os métodos a serem utilizados para este fim.

Outra limitação da pesquisa foi à necessidade de buscar exemplares implantados em outros países, mostrando que a tecnologia no Brasil carece de exemplares físicos, assim como bibliografia que quase em sua totalidade foi estrangeira.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento**. Monografia (Ciências biológicas) – UFSC, Florianópolis, 2009.

CALVERT, P.; MORGAN, P.; ROSEMARIN, A.; SAWYER, A.; XIAO, J. **Ecological sanitation**. Stockolm Environment Institute, Stockholm, Sweden, 2004.

CASTILLO Castillo, Lourdes. **Sanitario ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento**. Guadalajara; México. 2002. 98 p.

DEEGENER, S.; SAMWEL, M.; ANAKHASYAN, E. **UDDT toilets in rural school Hayanist, Armenia**. Case study of SuSaNa projects. SuSaNa, 2009. Disponível em: <www.susana.org> . Acessado em Outubro 2010.

DEL PORTO, D.; STEINFELD, C. **Composting toilet system book: A practical guide pollution to choosing, planning, and maintaining composting toilet systems**. Center of Ecological Prevention, Concord, 2000.

ERCOLE, L. A. S. **Sistema modular de gestão das águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos**. Dissertação (Mestrado em Eng. Civil) – UFRGS, Porto Alegre. 2003.

ESREY, S.; WINBLAD, U.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; HEBERT, M.; VARGAS, J. **Ecological sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden. 1999.

Fundação Nacional da Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. – Brasília. 2006.

GONÇALVES R. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB - ABES, 2006.

HARREMOES, P. (1999). **Water as a transport medium for waste out of towns.**

HEEB, J.; JENSSEN, P.; GNANAKAN, K.; CONRADIN, K. **Ecosan systems and technology components.** IEES, 2007.

HUELGAS, A.; TERRAZAWA, M.; SCHICK, J.; RATH, N.; WERNER, C. **Automated composting toilet system at Asahiyama Zoo.** Data sheets for ecosan projects - GTZ, 2006.

Disponível em: <www.gtz.de/en/dokumente/enecosan-pds-030-automatedcomposttoiletasahiyama-zoo-2006.pdf>. Acessado em Outubro 2011.

JENKIS, J. **The humanure handbook: a guide to composting human manure.** EUA, 2005. 255p.

JÖNSSON, H.; STINTZING, A.; VINNERAS, B.; SALOMON, E.

Guidelines on the use of urine and faeces in crop production.

EcoSanRed Programme, Stockholm Environment Institute, Sweden.

2004. Disponível em: <www.ecosanres.org>. Acessado em Março 2011.

JURGA, I.; SCHLICK, J.; KLINGEL, F.; BRACKEN, P.; WERNER, C.

Ecological settlement Allermoehe Hamburg, New- Allermoehe, Germany. Data sheets for ecosan projects - GTZ, Alemanha, 2005.

Disponível em: <www.giz.de>. Acessado em Agosto de 2011.

KUMAR, P. **Community- led water and ecosan programme Shaanxi**

province, China. Case study of SuSanA projects. GTZ, Ecosan

program, 2008. Disponível em: <www.susana.org>. Acessado em

Outubro 2011.

LEED. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations

Rating System USGBC. 2009. Disponível em: <www.usgbc.org>.

Acessado em julho de 2010.

LETTINGA, G., LENS, P. e ZEEMAN, G. **Decentralised sanitation**

and reuse: concepts, systems and implementation. IWA Publishing,

Cornwall, UK, 2001.

LIXIA, S.; RUI L.; ROSEMARIN, A.; JUN, X.; WINBLAD, U;

QIANG, Z.; HAN, G.; RUBEN, C.; CALDWELL, I. **Erdos eco-town**

project. EcoSanRes, 2008. Disponível em: <www.ecosanres.org/pdf_files/ESR-factsheet-11.pdf>. Acessado em agosto 2010.

LÜTHI, C.; LEHN, H.; NORSTROM, A.; PANESAR, A.; RÜD, A.; SAYWELL, D.; VERHAGEN, J. **Planejamento para um saneamento sustentável.** Eawag/ Sandec - SuSana, 2008. Disponível em: <www.susana.org>. Acessado em outubro de 2011.

MAGRI, M.; FRANCISCO, J.; SOUZA, R.; PHILIPPI, L. **Avaliação do processo de desidratação das fezes humanas para implementação de banheiro seco segregador.** Anais do 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.

MORGAN, P. **Toilets that make compost. stockholm environment institute** –EcoSanRes Programme. Harare, Zimbabwe, 2007. Disponível em: <www.ecosanres.org/pdf_files/ToiletsThatMakeCompost.pdf>. Acessado em julho 2010.

MUNCH, E. V. ; BERGER, W. **Tecnology review: composting toilets.** GTZ, Ecosan program, 2009. Disponível em: <www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm>. Acessado em junho 2010.

MUNCH, E. V. ; BERGER, W. **Tecnology review: dehydration toilets.** GTZ, Ecosan program, 2009. Disponível em: <www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm>. Acessado em junho 2010.

OLIVEIRA, L. *et al.* **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** Projeto Finep 2386/04, São Paulo, 2007.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Disponível em: <www.who.int>. Acessado em março 2012.

PHILIPPI, L. S; SEZERINO, P.H. **Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas.** 1 ed. Florianópolis: Ed. do autor, 2004.

RAUSCHNING, G.; BERGER, W.; EBELING, B.; SCHOPE, A. **Ecological settlement in Allermöhe, Hamburg, Germany.** Case study

of SuSanA projects. SuSaNa, 2009. Disponível em:
<www.gtz.de/de/dokumente/en-ecosan-pds-003-germany-hamburg-allermoeche-2005.pdf>. Acessado em agosto 2010.

RICHERT, A.; GENSH, R.; JOENSSON, H.; STENSTROEM, T.; DAGERKOG, L. **Practical guindande on the use of urine in crop production**. Stockholm Environment Institute (SEI), Sweden, 2010. Disponível em:
<www.susana.org/langen/libraryview=ccbctypeitem&type=2&id=757>. Acessado em junho 2010.

RIECK, C.; MUENCH, E. V. **Tecnology review of urine diversion dehydration toilets (UDDTs) – Design principles, urine and faeces management**. Alemanha - GTZ, 2011.

RODRIGUES, C.; HINKKANEN, K. **Guia de Saneamento seco**. Dry Toilet Association of Finland e a Câmara Municipal de Avis.Tampere – Finlândia. Disponível em: <www.huussi.net/www.drytoilet.org>. Acessado em setembro 2010.

SCHERTENLEIB, R.; CHRISTINE, W. **Rumo a soluções de saneamento mais sustentáveis**. SuSana, 2008. Disponível em: www.susana.org>. Acessado em abril 2011.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T.A. **Guidelines on the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems**. EcoSanRes Programme and Stockholm Environment Institute, Estocolmo, Suécia. 2004. 40p.

VON SPERLING, M. **Introdução da qualidade das águas e ao tratamento dos esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG), 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG), 1996.

ZHU, Q. **Introduction to Erdos eco-Town project**. GTZ, Eschborn, 2006.

Sites acessados:

<www.abnt.org.br>

<www.ana.gov.br>

<www.drytoilet.org>

<www.ecologicalengineering.com/ecotech.html>

<www.ecosanres.org>

<www.flickr.com/photos/gtzecosan>

<www.gtz.de/en>

<www.hussi.net>

<www.ibama.gov.br>

<www.ibge.gov.br>

<www.ipecc.org.br>

<www.onu.org.br>

<www.pikkuvihrea.fi>

<www.seiwa-denko.co.jp>

<www.susana.org>

<www.who.int>

<www.tanum.se>

ANEXOS

ANEXO A – FORMULÁRIO SuSanA

**ANEXO B – COMUNIDADE RURAL PROVÍNCIA
SHAANXI, CHINA**

ANEXO C – ESCOLA RURAL HAYANIST, ARMENIA

APÊNDICES

**APÊNDICE A – SANITÁRIO SECO SEGREGADOR
UFSC – EPAGRI**

**APÊNDICE B – SANITÁRIO SECO INSTITUTO
ÇARAKURA**

APÊNDICE C – PROJETO PROPOSTO DE SSDDU

**APÊNDICE D – MANUAL DE DESENHO,
CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DO SSDD**