



Fonte: GO GREEN SCENE (2009)¹.

¹ Imagem disponível em: <http://www.gogreenscene.com/>. Acessado em Julho de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CCB

CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BÁRBARA SAMARTINI QUEIROZ ALVES

BANHEIRO SECO: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PROTÓTIPOS EM
FUNCIONAMENTO

Florianópolis

2009

BÁRBARA SAMARTINI QUEIROZ ALVES

BANHEIRO SECO: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PROTÓTIPOS EM
FUNCIONAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para
obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas
pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

Orientador: Carlos José de Carvalho Pinto

Co-orientador: Wilson Jesuz da Cunha Silveira

Florianópolis

2009

BÁRBARA SAMARTINI QUEIROZ ALVES

BANHEIRO SECO: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PROTÓTIPOS EM
FUNCIONAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para
obtenção de Bacharel em Ciências Biológicas pela
Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

Aprovação: 11 de agosto de 2009.

Banca examinadora:

Presidente: Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto – CCB/UFSC

Membro Titular: Prof. Dr. Luiz Sergio Philippi – CTC/UFSC

Membro Titular: Prof. Dr. Monica A. Aguiar dos Santos – CCA/UFSC

Membro Suplente: Prof. Msc. Joana Mac Fadden- CCA/UFSC

Aos meus pais, Maria Eugênia Samartini Queiroz e José Eustáquio Diniz Alves, meu irmão, Frederico Samartini Queiroz Alves e às minhas queridas amigas, por me motivar e me auxiliar em minhas decisões, tornando o meu caminho mais fácil e possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a toda a minha família, incluindo pais, irmão, tias e primos que sempre me apoiaram e me motivaram a seguir em frente e lutar pelos meus sonhos com confiança e seriedade. Especialmente ao meu pai e minha mãe, demógrafo e economista respectivamente, que, além de tudo, me deram uma vasta formação e vocação para as questões socioeconômicas presentes neste trabalho.

A todas as minhas amigas e amigos, em especial a Alice Forjaz Lesbaupin, Danielle Ferraz Mello, Gabriela Mascarenhas Brasil, Larisse Bunese Juk, Luiza Sepulveda Tanajura, Victória Duarte Lacerda, Mariana Giraldi, Raphael Bastos Mareschi Aggio e Marcos Kaupert que estiveram sempre ao meu lado e me deram força, momentos de alegrias e inspiração. Agradeço também à minha amiga Mônica Antunes Ulysséa, que além de possuir minha admiração, ajudou a destinar o dinheiro do movimento estudantil da biologia para projetos de cunho social, que foi fundamental para o início do projeto de banheiro seco na UFSC.

Ao Gilson Tessaro, por ter me apresentado o curso de design permacultural, onde tudo começou. A toda a equipe do Projeto de Edificação do Banheiro Seco na UFSC, em especial ao Fabio Macedo de Castro Faria, por ter sido meu professor no curso de permacultura, ao Lucas Sabino Dias, colega de confiança, respeito e motivação (além de responsável pelas diversas maquetes eletrônicas presentes neste trabalho) e Philip Alexandre Pereira Weber, amigo, colega de trabalho, parceiro de muitas dificuldades e o pai da idéia do projeto na UFSC. E ao Adriano Pacheco que fez o site do projeto, o qual permitiu não somente fazer a divulgação do projeto, mas também manter-me em contato com pessoas que se interessam pelo assunto e ou que necessitam de informações para a edificação do sistema em suas casas.

A todos os meus colaboradores na fase de análise dos protótipos em funcionamento, especialmente ao Marcus Phoebe Farias Nunes de Freitas, que prontamente aceitou a ajudar na expansão do projeto para novas áreas no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENS), motivando-me com sua eficiência, dedicação e seriedade. Aos colaboradores da minha pesquisa, Vicente Francisco Camara do laboratório LCQar, do ENS, Arlete e Jose, do LIMA também do ENS, Rafael R. Colto do Laboratório de Análises do Solo, do Departamento de Engenharia Rural e Ricardo Morel Hartmann, do laboratório LabCET, do

Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. E a todos do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia – MIP, que me receberam de braços abertos e me ajudaram durante a fase laboratorial.

A Arquiteta Sumara Lisboa, que além de minha professora no curso de permacultura, me ajudou com a questão arquitetônica e de edificação de Banheiro Seco. A todos que me ajudaram durante os experimentos, André Luis Regolim, amigo e companheiro laboratório (Laboratório de transmissores de Hematozoários – LTH/MIP) e de experimentos, Américo Bigaton Júnior, Dayse Dias, Ana Carolina Zanatta Gonçalves, Richard Michel Hackbarth, Raphael Junnio Moreira Silva. E ao Thiago Siviero que gentilmente cedeu seu carro para que eu pudesse realizar uma de minhas coletas.

Ao Gerson König Júnior que me levou para conhecer os dois banheiros secos da cidade de Garopaba os quais foram analisados nessa pesquisa. Aos responsáveis e proprietários desses protótipos em especial à Fundação Gaia Village pela boa recepção que me deram e a abertura para a realização deste trabalho

A todos os órgãos e entidades que ajudaram a financiar meus trabalhos com bolsas e recursos financeiros como o CNPq e os diversos departamentos da UFSC, como por exemplo, o CABIO, o CCB, o DAEX, a PRAE, a PREG e a PROAF. Em especial à Prefeitura do *Campus* que cedeu desde materiais de construção a serviços como instalação elétrica e hidráulica e serralheria.

Por ultimo, mas de maneira alguma menos importante, todos os professores que me ajudaram: Alexandre P. T. Moreira, Henrique de Melo Lisboa, Luis Sérgio Phillipi, Monica Aparecida Aguiar dos Santos, Joana Mac Fadden, Paul Richard Momsen Miller, Catia Regina Silva de Carvalho Pinto, Paulo Emílio Lovato, Yara Maria Rauh Müller, Sônia Gonçalves Carobrez e Milton Divino Muniz. E, claro, em especial para os Professores Carlos José de Carvalho Pinto e Wilson Jesus da Cunha Silveira, orientadores, mestres e amigos, que confiaram em mim e muito me ajudaram tendo paciência e parcimônia.

“Toda a verdade passa por três estágios. No primeiro, ela é ridicularizada. No segundo ela é violentamente negada. No terceiro, ela é aceita e passa a ser tida como óbvia.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO – O presente trabalho refere-se a duas etapas de pesquisas relacionadas ao sistema de saneamento denominado banheiro seco (ou sanitário compostável). A primeira etapa é referente ao projeto de edificação de um piloto de banheiro seco no *campus* da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, denominado de “Banheiro seco: tecnologia limpa e de interesse social”. E a segunda se trata da pesquisa em três protótipos em funcionamento, um localizado no Município de Florianópolis e outros dois localizados no Município de Garopaba. Ambos os municípios se localizam no Estado de Santa Catarina, Brasil. O banheiro seco é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo e, basicamente, utiliza o processo de compostagem para tratar e sanitizar os dejetos humanos, reduzindo consideravelmente ou totalmente o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos. Para avaliar o protótipo criado pela equipe do projeto de construção de banheiro seco na UFSC fez-se uma comparação com os resultados obtidos na análise dos protótipos em funcionamento. Para estudar a eficiência dos protótipos em funcionamento foram realizados exames parasitológicos e análises de coliformes totais e fecais em amostras coletadas dos três protótipos. Foram desenvolvidos também estudos de avaliação da qualidade do ar, para identificar os gases produzidos durante a decomposição da matéria orgânica bem como testes para verificar a ocorrência ou não de maus odores. Por fim, foi feita uma análise química do composto final produzido pelo banheiro seco do Município de Florianópolis a fim de verificar a qualidade e aplicabilidade do mesmo como fertilizante orgânico. Concluiu-se que o sistema projetado pela equipe da UFSC apesar de alcançar parte de seus objetivos, apresenta alguns problemas, principalmente pela adoção da rampa de compostagem. Em relação aos protótipos estudados, observamos que o processo de compostagem nestes modelos não é eficiente. Quando o processo de compostagem não é eficiente, os patógenos não são exterminados, a convecção dos gases na câmara armazenadora não funciona (o que contribui para um refluxo do odor para o banheiro) e a decomposição da matéria se torna mais lenta. Sendo assim, os estudos mostram que o período de 6 meses estipulado pela literatura brasileira não é uma garantia de sanitização do composto nem de realização do processo compostagem. Apesar disso, as análises químicas indicaram uma boa qualidade do composto produzido. Por fim, conclui-se com este trabalho que o processo de compostagem precisa ser muito bem desenvolvido e que existe uma grande dificuldade para alcançar as condições ideais necessárias para que este processo ocorra.

Palavras chave: Saneamento ambiental, Banheiro Seco, Compostagem

ABSTRACT – This work is about two stages of research related to the sanitation system called dry toilet (or composting toilet). The first stage is about the pilot edification project of one dry toilet in the *campus* of the Federal University of Santa Catarina – UFSC, named of “Dry Toilet: clean technology and of social interest”. And the second refers to the research made in three prototypes in operation, one located in Florianópolis City and two others located in Garopaba City. Both cities are located in Santa Catarina State, Brazil. The dry toilet is a technology already established in several countries of the world and basically uses the process of composting to treat the human waste, significantly or totally reducing the use of water for transport, storage and treatment of wastes. To evaluate the prototype created by the project team for construction of the dry toilet at UFSC, it was made a comparison with the results obtained in the analysis of the prototypes in operation. To study the efficiency of the prototype, parasitological examinations were performed and analysis of total and faecal coliforms in the samples collected of the three prototypes. Studies were also developed for evaluate the air quality, to identify the gases produced during decomposition of organic matter, as well as, tests to verify the occurrence of odors. Finally, there was a chemical analysis of the end biossolid produced by the dry toilet of Florianópolis City, to verify the quality and applicability of it, as a organic fertilizer. It was concluded that the system designed by the team of UFSC, in spite of achieving part of its goals, presents some problems, mainly because of the adoption of the ramp for composting. For the prototype in operation study, it was observed that the composting process is not efficient in these models. When the composting process is not efficient, the pathogens are not exterminated, the convection of gases in the storage chamber (composting chamber) does not work (which contributes to a reflux of odor to the bathroom) and the matter decomposition becomes slower. Thus, studies show that the period of 6 months prescribed by the Brazilian literature is not a guarantee of treatment of the organic material or the achievement of the composting process. Nevertheless, the chemical analysis indicated a good quality of compost produced. Finally, concludes with this work that the composting process must be well developed and there is great difficulty in achieving optimal conditions required for this process occurs.

Key words: Ecological Sanitation, Composting Toilet, Composting

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem de cobertura mundial de saneamento básico em 2000. Fonte: OMS/UNICEF, 2000	7
Figura 2. Latrina com sifão ou Latrina de descarga manual	10
Figura 3. Ciclo vicioso da exposição e contaminação por parasitas. Fonte: (ESREY <i>et al.</i> , 2001) (adaptado).....	22
Figura 4. Fechamento do ciclo de nutrientes. Fonte ESREY <i>et al.</i> , 2001 (adaptado).....	24
Figura 5. Banheiros secos no Zimbábue. (a) Sistema latrina simples. (b) Sistema do tipo Arbour Loo, no qual os poços, depois de cheios, são abandonados e em cima deles planta-se uma árvore. Fonte: EcoSan. Disponível em: http://practicalactionconsulting.org/?id=Ecosan27	
Figura 6. Ciclo contaminação da matéria orgânica quebrado	28
Figura 7. Fossa de poço de uso alternado. (MORGAN, 2003).	30
Figura 8. Rosa permacultural: princípios básicos da permacultura.....	33
Figura 9. Horta mandala. Exemplo de tecnologia e de design permacultural. Fonte: AGENCIA MADALA®.....	36
Figura 10. Exemplo de modelo simplificado de banheiro seco. Fonte: Home Grown Evolution, 2009.	38
Figura 11. Exemplo de banheiro seco portátil da BioLan®. Fonte: BioLan, 2009.....	38
Figura 12. Banheiro Seco EcoSan. (a) Detalhe do sistema pré-fabricado. (b) Corte lateral esquemático. Fonte: EcoSun, 2009.	39
Figura 13. Banheiro seco do IPEC.	42
Figura 17. Vasos separadores de urina (urine divert toilet - UDT). (a) Projeto EcoSan em Estocolmo, na Suécia. (b) Projeto EcoSan em Addis Ababa, na Etiópia. Fonte: ECOSAN, 2009	44
Figura 18. Modelo de saneamento com separação da urina. Fonte: SUSTAINABLE SETTLEMENT, 2009 (adaptado)	45
Figura 19. Exemplo de banheiro seco de sistema pré-fabricado, auto-coletor, de uso contínuo. Modelo Compact ® da SunMar. (a) Vista do exterior. (b) vista do interior com detalhe dos seus componentes. Fonte: SUNMAR, 2009.....	47

Figura 20. Exemplo de banheiro seco de sistema pré-fabricado, centralizador e de uso contínuo. (a) Modelo Centrex 3000 AF® da SunMar. (b) Aplicação de modelos centralizadores em edifícios de mais de um pavimento. Fonte: SUN MAR, 2009.....	48
Figura 21. Exemplo de banheiro seco de fabricação local, centralizador, de múltiplas câmaras. Detalhe das câmaras de compostagem do banheiro seco do IPEC. Fonte: IPEC, 2009.....	49
Figura 22. Exemplo de banheiro seco pré-fabricado, do tipo centralizador, de múltiplas câmaras. (a) Maquete do modelo Carrossel da EcoTech. (b) Detalhe interno do coletor. Fonte: ECOTECH, 2009.	50
Figura 23. Sistema de compostagem por leiras. Fonte: http://corkfoodweb.ning.com/group/compost	58
Figura 24. Ilha de Santa Catarina. Fonte: http://www.flickr.com/photos/xdatap1/244499740/	64
Figura 25. Localização da ACEPSJ. Fonte: MARTINS, 2007	65
Figura 26. Vista superior da ACEPSJ. Fonte: MARTINS, 2007.	66
Figura 27. Centro educacional da ACEPSJ. Vista da parte de entrada. Fonte: Arquivo pessoal	68
Figura 28. Banheiro seco de fabricação no próprio local, modelo de duas câmaras com rampa. Fonte: SETE LOMBAS, 2009.....	71
Figura 29. Banheiro seco de São José do Cerrito e Santa Rosa de Lima (SC). Fonte: (ORTIZ, 2003).....	71
Figura 30. Centro de educação da ACEPSJ. Vista da parte traseira da edificação. Fonte: Arquivo pessoal	72
Figura 31. Interior do Banheiro Seco feminino da ACEPSJ (a). Detalhe do compartimento de armazenamento de serragem e pó de serra ao lado do assento (b). Fonte: Arquivo pessoal...	73
Figura 32. Rampa de alumínio que conecta o vaso do banheiro aos tonéis (a). Câmara de armazenamento dos tonéis, vista do interior (b). Fonte: arquivo pessoal.....	73
Figura 33. Detalhe do chapéu da chaminé. Fonte: arquivo pessoal	74
Figura 34. Acumulador de matéria orgânica da ACEPSJ (a). Detalhe do acumulador (b) Fonte: arquivo pessoal.....	75

Figura 35. Segundo Acumulador (caixas de água de cimento, amianto). Lugar onde posteriormente passou a se estocar o composto produzido pelos banheiros da ACEPSJ. Fonte: arquivo pessoal	76
Figura 36. Localização do município de Garopaba. Fonte: Governo do Estado de Santa Catarina, 2009.....	77
Figura 37. Localização da ONG Gaia Village, Garopaba, SC. (Fonte: CASAGRANDE, 2007).....	78
Figura 38. Centro de convivência, vista da entrada (a). Detalhe do banheiro seco e suas chaminés (b). Fonte: arquivo pessoal	79
Figura 39. Detalhe da câmara de compostagem. Matéria fresca coletada. Fonte: arquivo pessoal	80
Figura 40. À esquerda, Vista interior do banheiro e à direita detalhe do armazenamento do pó de serra utilizado como aditivo para a compostagem. Fonte: CASAGRANDE, 2007.	80
Figura 41. Banheiro seco da propriedade particular estudada. Vista da parte traseira. Fonte: arquivo pessoal	82
Figura 42. Detalhe do assento sanitário (esquerda); Local onde é despejado o conteúdo dos tonéis. Detalhe para o empilhado de matéria orgânica onde foi coletada a amostra. Fonte: arquivo pessoal	83
Figura 43. Foto do dispositivo de coleta. Fonte: arquivo pessoal	84
Figura 44. Exame de sedimentação espontânea, HOFFMAN. Detalhe dos cálices de sedimentação. Fonte: arquivo pessoal	86
Figura 45. Detalhe da filtragem a vácuo. Fonte: arquivo pessoal	88
Figura 46. Detalhe do Quanti-Tray®. Amostras de coloração amarela: presença de coliformes totais. Fonte: arquivo pessoal	89
Figura 47. Leitura com luz ultra-violeta. Amostras azul brilhante demonstram a presença de coliformes fecais. Fonte: arquivo pessoal.....	90
Figura 48. Esquematização da coleta da amostra de odor com saco tedlar®, passando pelo erlenmeyer imerso numa caixa com gelo para condensar a água da amostra. Fonte: QUADROS, 2007	91
Figura 49: Saco Tedlar® usado para amostragem. Fonte: QUADROS, 2007	91
Figura 50: Componentes do sistema do olfatômetro ODILE 2000. Fonte: QUADROS, 2007	92

Figura 51. Sistema de coleta das amostras de campo (com caixa pulmão). Fonte: QUADROS, 2007	94
Figura 52. Aplicação do questionário do Júri Móvel. Fonte: Arquivo pessoal	95
Figura 53. Questionário utilizado no teste do Júri Móvel. Fonte: Protocolos do LCQAr/UFSC.	96
Figura 54. Apresentação das soluções de 1-Butanol. Fonte: QUADROS, 2007.....	97
Figura 55. Roda de odores, para verificar o caráter odorante de amostra. Fonte: (adaptado de McGinley e McGinley, 2002).....	98
Figura 56. Pontos analisados pelo júri móvel. Esquema da parte de entrada da ACEPSJ. Na figura estão listados os 4 locais estudados nos arredores do centro de educação.	99
Figura 57. Logomarca do Projeto. (Autores: Lucas Sabino Dias e Bárbara Samartini Queiroz Alves).	103
Figura 58. Vista da maquete – fachadas leste e norte, rampa aberta (Autor: Lucas Sabino Dias).	104
Figura 59. Vista da maquete – fachadas leste e norte (Autor: Lucas Sabino Dias).....	105
Figura 60. Corte horizontal - secção do segundo pavimento (Autor: Lucas Sabino Dias). ...	105
Figura 61. Esquema explicativo do funcionamento do Protótipo. (Autor: Lucas Sabino Dias).	106
Figura 62. Amostra de composto de aproximadamente três meses de idade (a). Amostra de composto de aproximadamente seis meses de idade (b). Fonte: arquivo pessoal	107
Figura 63. Composto de idade entre seis e doze meses (armazenado no acumulador). Fonte arquivo pessoal.	108
Figura 64. Amostragem realizada com o dispositivo de coleta. Grande quantidade de líquido e bolhas resultantes do processo de fermentação. Fonte: arquivo pessoal.	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentagem de cobertura de saneamento básico por regiões do mundo. AL = América Latina; C = Caribe e Amer. N = América do Norte. Fonte: OMS/UNICEF, 2000	5
Gráfico 2. Porcentagem de cobertura de saneamento básico no mundo em regiões urbanas e rurais. Fonte: OMS/UNICEF, 2000.....	6
Gráfico 3. Porcentagem de cada tipo de instalação saneamento nas grandes cidades por regiões do mundo. AL = América Latina. Fonte: OMS/UNICEF, 2000	9
Gráfico 4. Percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo, Brasil, 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE	15
Gráfico 5. Percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo, Brasil, 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE	16
Gráfico 6. Percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna no Brasil e regiões brasileiras: 2001 a 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE	17
Gráfico 7. Percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica no Brasil e regiões brasileiras: 2001-2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE.....	18
Gráfico 9. Percepção de odor por local analisado.	115
Gráfico 10. Descrição do incômodo causado pela concentração odorante em casos de constatação ou não de odor por ponto analisado.	116
Gráfico 11. Descrição do caráter do odor por ponto de amostragem.	117
Gráfico 12. Hedonicidade do odor por ponto analisado.	118
Gráfico 13. Média das respostas quanto à intensidade do odor por ponto analisado.	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estimativa do impacto de algumas doenças decorrentes da precariedade do ambiente doméstico nos países em desenvolvimento. 1990. Fonte: BANCO MUNDIAL, 1993	8
Quadro 2. Estimativa do número de infecções por helmintíases e protozooses por ano no mundo. Fonte: WHO/UNICEF, 2000.....	8
Quadro 3. Alternativas e tecnologias permaculturais. Fonte: MIRANDA, 2007.....	34
Quadro 4. Vantagens e desvantagens de Banheiros Secos. Fonte: (MARTINS, 2007).....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis de intensidade de odor.....	96
Tabela 2. Resultado dos exames parasitológicos realizados no banheiro seco da ACEPSJ e nos dois banheiros secos estudados do Município de Garopaba.....	109
Tabela 3. Resultados obtidos dos exames de coliformes fecais no banheiro seco da ACEPSJ.	110
Tabela 4. Resultados obtidos do exame de coliformes fecais Colilert® nos Banheiros Secos de Garopaba realizado no dia 08 de maio de 2009.....	111
Tabela 5. Resultados da análise de concentração odorante de 27 de junho de 2008.....	112
Tabela 6. Resultado das concentrações odorantes do dia 04 de abril de 2009	113
Tabela 7. Resultados obtidos das medições de vazão realizada no dia 03 de junho de 2009 no banheiro seco da ACEPSJ	120
Tabela 8. Análise química realizada no material compostado pelo banheiro seco da ACEPSJ realizada no dia 03 de junho 2009.	121

LISTA DE SIGLAS

- ACEPSJ – Associação Ambientalista Espiritualista Patriarca São José
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas
- ANSI - American National Standards Institute
- APL – Área de Preservação Limitada
- APP - Área de Preservação Permanente
- CABIO – Centro Acadêmico de Ciências Biológicas/UFSC
- CCB – Centro de Ciência Biológicas/UFSC
- CEPAGRO – Centro de
- CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- CTS - Composting Toilet Systems
- DAEX - Departamento de Projetos de Extensão/UFSC
- DIP - Doenças infecciosas e parasitárias
- ECOSAN – Ecological Sanitation
- EPHA - Excrementos, papel higiênico e aditivos
- EPAGRI –Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
- GCLF - The Green Campus Loan Fund
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPEC - Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado
- LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
- LTH – Laboratório de Transmissores de Hematozoários
- MEDA-Water - The Euro-Mediterranean Regional Programme For Local Water Management
- MIP – Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia/UFSC
- NBR – Norma da ABNT

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONG - Organização não governamental

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PRAE - Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis/UFSC

PREG - Pró-Reitoria de Ensino de Graduação/UFSC

PROAF - Pró-Reitoria de Orçamento de Administração e Finanças/UFSC

PROSAB - programa de Pesquisa em saneamento Básico

ROLAS - Rede Oficial dos Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal

RTS - Rede de tecnologia social

SIRDO - Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Organicos

SM – Salário Mínimo

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SV – Sólidos Voláteis

UDT - Urine diverte toilets

UE – União Européia

UEL - Universidade Estadual de Londrina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

USEPA - U.S. Environmental Protection Agency

USGBC - US Green Building Council

USNSF – United States National Sanitation Foundation International

WEF- Water Environmental Federation

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	2
CAPÍTULO II. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. ÁGUA E SANEAMENTO	4
2.2. DOENÇAS LIGADAS À CARÊNCIA DE SANEAMENTO	18
2.3. SANEAMENTO AMBIENTAL	21
2.4. PERMACULTURA	31
2.5. BANHEIRO SECO	36
2.6. FUNCIONAMENTO DOS BANHEIROS	44
2.6.1. <i>Classificação</i>	44
2.6.2. <i>Compostagem</i>	51
2.6.3. <i>Operação e manutenção do banheiro seco</i>	59
CAPÍTULO III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
3.1. A EXPERIÊNCIA NA UFSC.....	62
3.2. ANÁLISES DOS PROTÓTIPOS EM FUNCIONAMENTO	63
3.2.1. <i>Objeto de estudo</i>	63
3.2.1.1. Banheiro seco da ACEPSJ	63
3.2.1.2. Banheiro Seco Gaia Village	76
3.2.1.3. Banheiro seco em propriedade particular	81
3.2.2. <i>Coletas de amostras</i>	83
3.2.3. <i>Medição da temperatura e umidade</i>	84
3.2.4. <i>Exames parasitológicos</i>	85
3.2.5. <i>Análise de coliformes fecais e totais</i>	87
3.2.6. <i>Estudo dos odores</i>	90
3.2.6.1. Coletas de amostras de ar e determinação da concentração odorante (por olfatometria)	90
3.2.6.2. Determinação da hedonicidade, intensidade odorante e caráter do odor.....	94
3.2.6.3. Medição da vazão na câmara de compostagem e na chaminé.....	99
3.2.7. <i>Análises químicas</i>	100
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	103

4.1. A EXPERIÊNCIA NA UFSC.....	103
4.2. ANÁLISES DOS PROTÓTIPOS EM FUNCIONAMENTO	107
4.2.1. <i>Coletas e medição de temperatura e umidade</i>	107
4.2.1.1. Banheiro Seco da ACEPSJ.....	107
4.2.1.2. Banheiros secos do Município de Garopaba.....	109
4.2.2. <i>Exames parasitológicos</i>	109
4.2.3. <i>Exames de coliformes totais e fecais</i>	110
4.2.3.1. Banheiro seco ACEPSJ	110
4.2.3.2. Banheiros secos de Garopaba.....	111
4.2.4. <i>Estudo dos odores</i>	112
4.2.4.1. Concentração dos odores	112
4.2.4.2. Júri Móvel	114
4.2.4.3. Medição da vazão dos gases na câmara de compostagem e chaminé	119
4.2.5. <i>Análises químicas</i>	121
CAPÍTULO V. DISCUSSÃO.....	123
CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
REFERÊNCIAS.....	137
APENDICE A – FORMULÁRIO PARA A UTILIZAÇÃO NOS TESTES DE JÚRI MÓVEL COM BANHEIROS SECOS.....	150
APÊNDICE B – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DA ACEITAÇÃO DO BANHEIRO SECO DA ACEPSJ PELOS USUÁRIOS DO MESMO QUANTO A QUESTÃO DOS ODORES.	151
ANEXO A – PLANTAS BAIXAS E CORTES DO BANHEIRO SECO DO PROJETO DE EDIFICAÇÃO DE BANHEIRO SECO NA UFSC	153
ANEXO B – CÓDIGO DE CONDUTA PARA A REALIZAÇÃO DO TESTE DO JÚRI MÓVEL ...	155
ANEXO C – LAUDO DA ANÁLISE BIO-QUÍMICA DO COMPOSTO PRODUZIDO PELO BANHEIRO SECO DA ACEPSJ.....	157
ANEXO D- ESQUEMA DO DUTO DUPLO RECOMENDADO COMO MELHOR OPÇÃO PARA CHAMINÉS PARA BANHEIROS SECOS. FONTE: CLEZAR E NOGUEIRA, 1999, P.216.....	158

Capítulo I. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

O presente trabalho refere-se a duas etapas de pesquisas relacionadas ao sistema de saneamento denominado banheiro seco. A primeira etapa é referente ao projeto de edificação de um piloto de banheiro seco no *campus* da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, denominado de “Banheiro seco: tecnologia limpa e de interesse social”. E a segunda se trata da pesquisa em três protótipos em funcionamento, um localizado no Município de Florianópolis e outros dois localizados no Município de Garopaba. Ambos os municípios se localizam no Estado de Santa Catarina, Brasil.

Essa pesquisa se justifica dentro do contexto dos graves problemas ambientais relacionados ao esgotamento sanitário e pela necessidade de uma mudança no conceito de utilização dos recursos naturais. Além disso, a pesquisa se justifica quando se considera a atual difusão de protótipos de banheiros secos no Brasil e no mundo e a não existência de nenhuma pesquisa encontrada na bibliografia brasileira sobre as condições parasitológicas do produto final proveniente destes banheiros. Somando a isso, foi constatada uma carência de estudos científicos na literatura brasileira sobre a viabilidade destes protótipos de maneira que se espera que este trabalho sirva como ferramenta para aqueles que se interessam pelo assunto e que possa incentivar a realização de novos trabalhos.

Além disso, o presente trabalho tenta contribuir para a discussão sobre a validade de alguns métodos e tecnologias tidos hoje em dia como sustentáveis. Estes, apesar de trazerem um lado positivo, que é a formação de uma visão holística da problemática ambiental, algumas vezes vêm acompanhados de um discurso que atesta a eficácia dos mesmos, mas sem que tenha sido desenvolvido um estudo mais aprofundado sobre eles. Sem dúvida nenhuma, não é um dos objetivos deste trabalho avaliar a eficiência de todos os métodos e discursos de cunho ambiental, porém tenta-se, por meio dos resultados obtidos, discutir e refletir sobre a

responsabilidade deste discurso, corrente hoje na internet, e, a eficácia de alguns modelos de banheiro seco.

O trabalho é iniciado com a apresentação do panorama da atual situação do esgotamento sanitário no Brasil e no mundo e dos problemas de saúde pública relacionados ao mesmo, seguidos pelos esclarecimentos de alguns conceitos e da atual perspectiva de saneamento ambiental e de sustentabilidade. Além disso, é apresentada uma pesquisa sobre os diversos sistemas de banheiros secos, que teve por objetivo ilustrar a variedade de modelos e possibilidades encontradas atualmente, bem como se tenta delimitar alguns conceitos básicos sobre o processo de compostagem, processo este chave para a reciclagem e reuso dos nutrientes.

Por fim, são apresentados e discutidos os resultados obtidos pelo projeto de edificação de piloto de banheiro seco na UFSC e os resultados encontrados nas análises feitas com os três banheiros secos estudados. Ao final, são apresentadas, ainda, algumas considerações e recomendações para este tipo de sistema de saneamento.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Analisar a eficiência do processo de compostagem de três protótipos em funcionamento. Um deles foi banheiro localizado na sede da Associação Ambientalista Comunitária Espiritualista Patriarca São José, no bairro Vargem Grande, Município de Florianópolis, onde a pesquisa foi mais detalhada e os dois outros estão localizados no Município de Garopaba. Ambos os municípios estão localizados no Estado de Santa Catarina no Brasil.

1.2.2. Objetivos específicos

- Descrever o protótipo desenvolvido durante a etapa do projeto de edificação do piloto de Banheiro Seco no *campus* da UFSC;
- Realizar exames parasitológicos no material orgânico produzido por banheiros secos;

- Mensurar a temperatura durante as coletas do material em compostagem;
- Verificar e mensurar a presença de coliformes fecais nas amostras coletadas;
- Quantificar os odores produzidos, verificar a qualidade do ar e a aceitabilidade do banheiro seco da ACEPSJ pelos usuários do mesmo;
- Desenvolver análises químicas no composto produzido pelo banheiro da ACEPSJ;

Capítulo II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ÁGUA E SANEAMENTO

Os problemas causados pelo decréscimo da quantidade e qualidade dos recursos de água potável pelo mundo estão cada vez mais sérios. Estes são ainda mais graves nos grandes aglomerados urbanos, onde vive a maior parte da população mundial atualmente. Dentro destes centros ou na periferia deles, as comunidades de baixa renda são as que mais sofrem com o decréscimo das fontes de água potável disponíveis, com doenças relacionadas ao saneamento e com os impactos de um meio ambiente degradado.

Na sociedade moderna, mais e mais pessoas defendem que os problemas ambientais não são mais apenas uma questão de classes sociais e sim uma questão de ordem global. O meio ambiente passou a ser um fator que altera o paradigma convencional sobre segurança, ao passo que a influencia das ações humanas locais sobre o meio ambiente é agora extrapolada para todo o resto da população mundial. Neste sentido, as preocupações ambientais locais passaram a ter escala de tamanho mundial e se tornam, também, preocupações dos Governos (RODRIGUES JUNIOR, 2009).

O problema da água e do saneamento é o coração de não somente dos problemas relacionados à segurança ambiental, mas também à segurança alimentar e saúde. Hoje, estima-se que 41% da população global, ou seja, 2,6 bilhões de pessoas, não possuam acesso a saneamento básico e 42.000 pessoas morrem toda semana por consumirem água poluída por material fecal. Este problema é mais grave em países como a Índia, China, muitos países da África e alguns países da América Latina (Gráfico 1) (RAMANI, 2008).

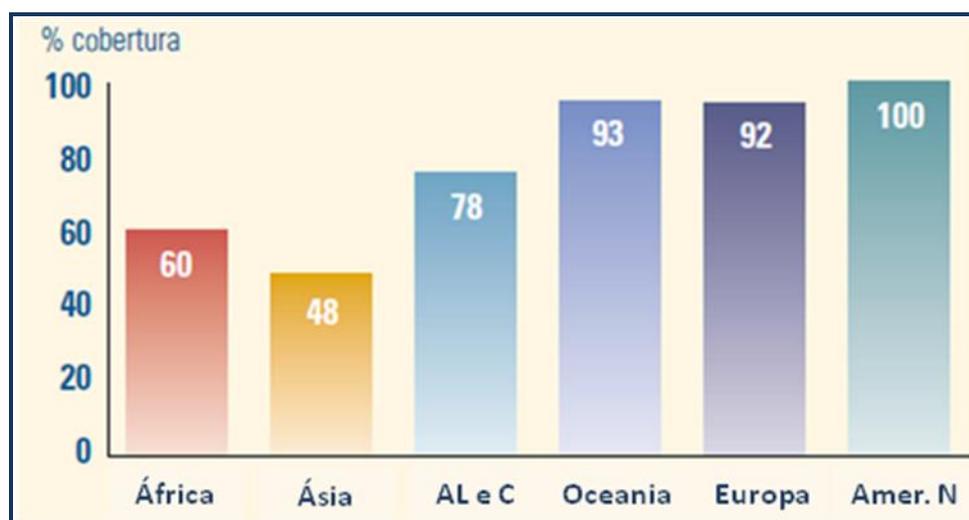


Gráfico 1. Porcentagem de cobertura de saneamento básico por regiões do mundo. AL = América Latina; C = Caribe e Amer. N = América do Norte. Fonte: OMS/UNICEF, 2000

Cerca de 90% do esgoto no mundo é despejado no meio ambiente com pouco ou nenhum tratamento (ESREY *et al.*, 2001). No ano 2000, a taxa de mortalidade relacionada a doenças causadas pela falta de saneamento atingiu 2,2 milhões de pessoas. Mais de 2 bilhões de pessoas foram infectadas com vermes parasitas, em sua maioria crianças com menos de 5 anos, com 300 milhões destas sofrendo de doenças (WERNER, 2004).

Além disso, a cobertura do saneamento no meio rural não chega à metade da cobertura da zona urbana, sendo que 80% das pessoas que carecem de saneamento apropriado (2 bilhões de pessoas) vivem nas zonas rurais (Gráfico 2), das quais aproximadamente 1,3 bilhões somente na China e na Índia. E, ainda que, entre 1990 e 2000 um grande número de pessoas conseguiu acesso aos serviços de saneamento, (por volta de 816 milhões de pessoas conseguiram acesso ao abastecimento de água e 747 milhões a instalações de saneamento), os aumentos percentuais da cobertura parecem modestos devido ao crescimento da população mundial (OMS/UNICEF, 2000).

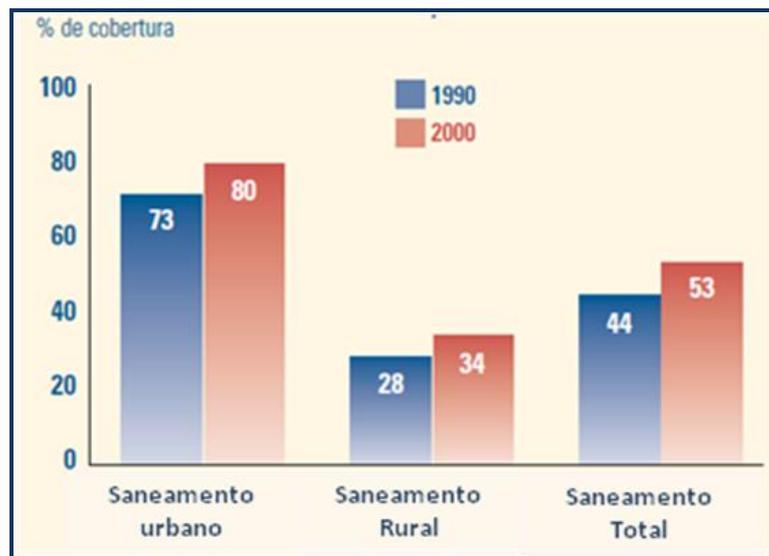


Gráfico 2. Porcentagem de cobertura de saneamento básico no mundo em regiões urbanas e rurais. Fonte: OMS/UNICEF, 2000

Esta situação se verifica especialmente nos cinturões de miséria das grandes cidades, onde existe a aglomeração de multidões em espaços mínimos de precária higiene. As estimativas demonstram que no ano de 2025 o número de pessoas não servidas permanecerá basicamente o mesmo, caso os governantes continuem a implantar programas de saneamento da forma como são atualmente, ou seja, sem atender as populações necessitadas, como as que vivem em zonas rurais e regiões periféricas dos municípios, estabelecendo metas com maior preocupação política do que técnica e/ou social e realizando obras de forma parcial e sem continuidade (SOERENSEN e MARULLI, 1999). A figura a seguir ilustra a situação sanitária para cada país no mundo.

Principais Doenças Ligadas à Precariedade do Ambiente Doméstico	Problema Ambiental
Tuberculose	Superlotação.
Diarréia	Falta de saneamento, de abastecimento d'água, de higiene.
Doenças tropicais	Falta de saneamento, má disposição do lixo, foco de vetores de doenças nas redondezas.
Verminoses	Falta de saneamento, de abastecimento d' água, de higiene.
Infecções respiratórias	Poluição do ar em recinto fechado, superlotado.
Doenças respiratórias crônicas	Poluição do ar em recinto fechado.
Câncer do aparelho respiratório	Poluição do ar em recinto fechado.

Quadro 1. Estimativa do impacto de algumas doenças decorrentes da precariedade do ambiente doméstico nos países em desenvolvimento. 1990. Fonte: BANCO MUNDIAL, 1993

As infecções parasitárias estão entre as mais disseminadas desordens que afetam crianças em idade escolar que vivem em áreas pobres dos centros urbanos. Estima-se que 12,3% e 11,4% de todas as doenças que acometem meninos e meninas, respectivamente, dos países subdesenvolvidos, têm como causa básica as infecções helmínticas ou protozooses (BANCO MUNDIAL, 1993). O quadro a seguir apresenta uma estimativa do número de infecções por ano por estas doenças no mundo.

ORGANISMOS	NÚMERO ESTIMADO DE INFECCÕES AO ANO
Helminthíases	3,1 bilhões
Protozooses	2 bilhões

Quadro 2. Estimativa do número de infecções por helmintíases e protozooses por ano no mundo. Fonte: WHO/UNICEF, 2000

Além disso, as regiões onde a população das grandes cidades cresce mais rápido são também aquelas onde a cobertura da rede de esgoto convencional é menor. África e Oceania possuem a menor cobertura, América Latina e Caribe e Ásia ocupam uma posição intermediária e as maiores coberturas se localizam nas regiões industrializadas da Europa e América do Norte.

Os tipos de sistemas de saneamento disponíveis e a proporção da população que utiliza cada um deles são demonstrados no Gráfico a seguir.

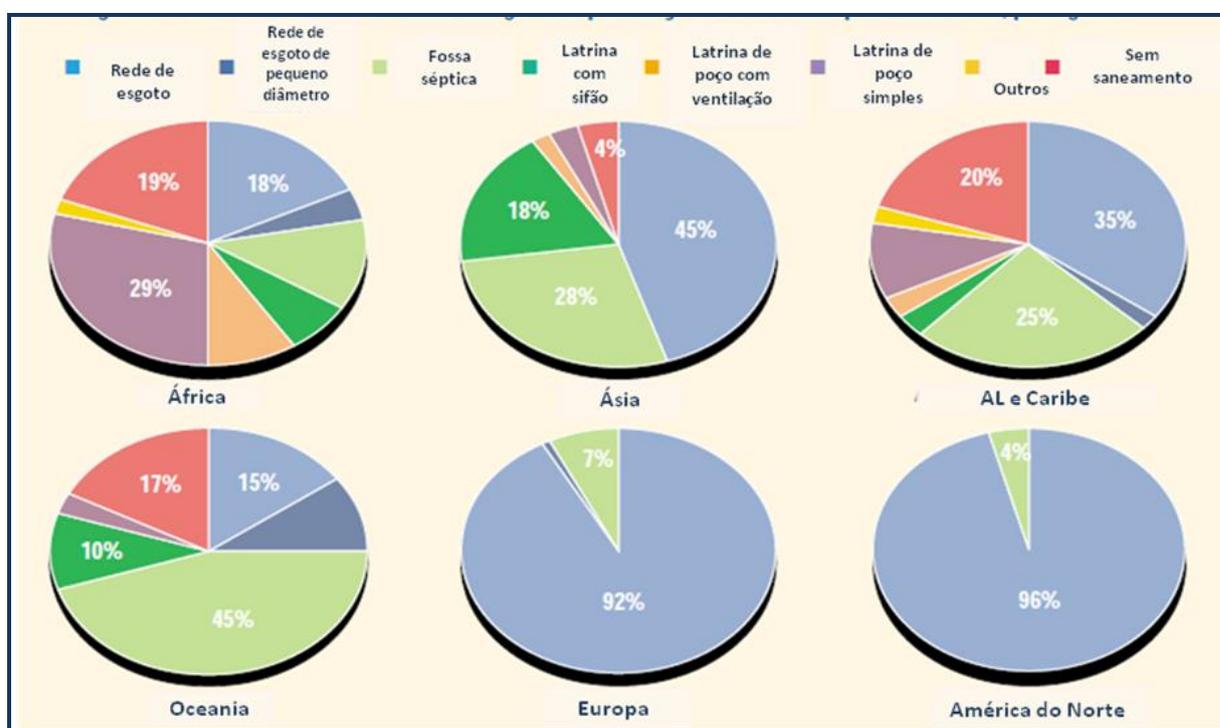


Gráfico 3. Porcentagem de cada tipo de instalação saneamento nas grandes cidades por regiões do mundo.

AL = América Latina. Fonte: OMS/UNICEF, 2000

Observa-se que a Ásia apresenta melhores resultados que outras regiões mais desenvolvidas devido à difusão do uso de fossas sépticas e sistemas como a Latrina de sifão, que utiliza água proveniente de cisternas (OMS/UNICEF, 2000).

As Latrinas de sifão ou latrinas de descarga manual (Figura 2) 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 cheiros 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 e por isso também é chamada de latrina de baixo fluxo (WHO, 2002).

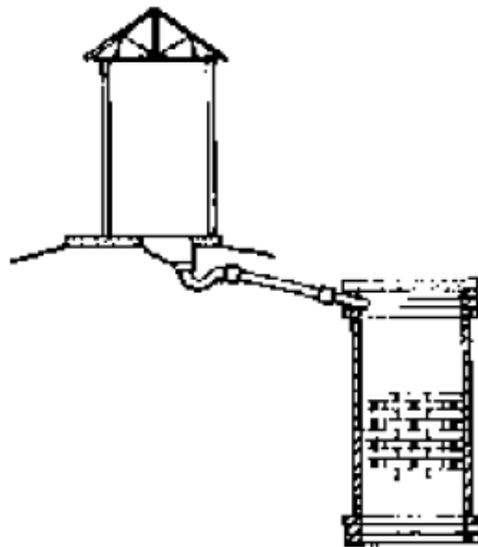


Figura 2. Latrina com sifão ou Latrina de descarga manual

As fossas sépticas são muito difundidas na Oceania, onde o sistema serve a quase a metade da população das cidades maiores e, na América Latina e Caribe, onde serve a $\frac{1}{4}$ da população. Nas grandes cidades da África, fossas sépticas não são tão comuns, e uma grande proporção da população utiliza sistemas simples como as latrinas de poço simples ou Latrinas com Fossa Convencional (apenas um buraco no solo) e as latrinas melhoradas ventiladas (latrinas simples com um sistema de exaustão conectado ao poço).

Conforme mostrado no Gráfico 3, algumas regiões contam mais do que outras a uma determinada técnica de saneamento. Existem cidades da Ásia e Oceania que poderiam fazer

uso de banheiros secos especialmente em comunidades onde o abastecimento de água é limitado, oneroso ou irregular. Por outro lado, em algumas partes da África, América Latina e Caribe há um potencial inexplorado para a utilização de Latrinas com sifão, que podem prestar um serviço que apenas difere dos banheiros com descarga de água no ponto estético e são mais baratos (OMS/UNICEF, 2000).

No caso do Brasil, especificamente, o censo demográfico de 2000 mostra que a população urbana é cerca de 80% do total da população (IBGE, 2001) e, segundo a pesquisa nacional de saneamento Básico de 2000, entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que apresenta maior deficiência nos municípios brasileiros. Dos 4425 municípios existentes no Brasil, em 1989, menos da metade (47,3%) tinha algum tipo de serviço de esgotamento sanitário e, 11 anos mais tarde, os avanços não foram muito significativos, pois, dos 5507 municípios, somente 52,2% tinham este serviço. Apesar de, no período de 1989-2000, ter havido um aumento de, aproximadamente, 24% no número de municípios, o serviço de esgotamento sanitário não acompanhou este crescimento, pois aumentou apenas em 10%. A mesma pesquisa ainda aponta que na região Sul, a cobertura das redes de abastecimento água atinge 92,35% das residências urbanas, porém a cobertura das redes de esgoto é bem menor, atingindo apenas 33,81% dos domicílios (IBGE 2002).

Segundo Oliveira e Simões (2006), a situação do país frente ao saneamento básico não mudou muito entre a data em que a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB foi a campo, em 2000 e o ano de 2006. Segundo a pesquisa realizada pelo Ministério das Cidades - MCIDADES.SNSA (2007), (Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2006), o índice médio de atendimento urbano dos prestadores de serviços participantes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS foi de 93,1% para o abastecimento de água, 48,3% para coleta de esgotos e 32,2% para tratamento dos esgotos. A redução no índice de atendimento dos serviços de água e a baixa evolução dos índices de coleta e tratamento de esgotos, comparativamente ao ano de 2005, contrastam com o expressivo crescimento dos sistemas, tanto em quantidade de ligações ativas como em extensão de redes. Tal situação se explica pela revisão no critério de cálculo da população atendida, feita por algumas companhias estaduais, o que resultou na diminuição da quantidade de pessoas efetivamente atendidas.

A PNSB de 2000 coloca ainda que se a cobertura do serviço de esgotamento sanitário é reduzida e o tratamento do esgoto coletado não é abrangente, o destino final do esgoto sanitário contribui ainda mais para o aumento do problema. Os distritos brasileiros com coleta de esgoto sanitário se dividem entre os 1/3 que tratam o esgoto coletado (33,8%) e os quase 2/3 que não dão nenhum tipo de tratamento ao esgoto produzido (66,2%). Nestes distritos, o esgoto é despejado *in natura* nos corpos de água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, irrigação e recreação. Do total de distritos que não tratam o esgoto sanitário coletado, a grande maioria (84,6%) despeja o esgoto nos rios, sendo os distritos das Regiões Norte e Sudeste os que mais se utilizam desta prática (93,8% e 92,3%, respectivamente) (IBGE, 2002).

Oliveira e Simões (2006) relatam que o setor, particularmente no que se refere a esgotamento sanitário, compõe parte dos indicadores de desenvolvimento humano em que o Brasil está mais atrasado, de acordo com informações obtidas junto ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD. Ainda, estes autores colocam que domicílios com instalações sanitárias deficientes para o escoamento de dejetos reduzem, em muito, os benefícios potenciais de um abastecimento de água potável e provocam a transmissão de doenças infecciosas e parasitárias. E não há dúvida em afirmar que a ausência de saneamento adequado tem um papel importante na prevalência dos altos níveis de mortalidade na infância. Enquanto a mortalidade na infância de crianças menores de 5 anos, residentes em domicílios adequados, se situava em torno de 26,1% em 2000, para as que residiam em domicílios inadequados a mortalidade subia para 44,8%, uma diferença de 72%, mesmo nas regiões mais desenvolvidas.

De acordo com as informações sobre mortalidade na infância, obtidas pelo IBGE (2001), para o Brasil urbano como um todo, a mortalidade na infância de crianças menores de 5 anos, residentes em domicílios adequados, se situava em torno de 26,1% , para as que residiam em domicílios inadequados a mortalidade subia para 44,8%, uma diferença de 72%. É sabido 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.

Rezende, Carvalho e Heller (2006), explicam que as ações de saneamento podem ser individuais, relativas a cada domicílio, ou coletivas, referentes a um conjunto de domicílios. A presença de serviços de saneamento nos domicílios é condicionada por uma série de variáveis, que definem os papéis da demanda e da oferta na realização desses serviços. No plano individual, o saneamento é fortemente influenciado pelas variáveis ambientais, relacionadas à oferta dos recursos hídricos e de áreas visando à disposição dos efluentes de esgoto. Entretanto, as variáveis demográficas e socioeconômicas, definem o perfil da demanda de serviços de saneamento, mostrando a importância das características dos moradores na escolha das formas de abastecimento de água e escoamento de esgotos do domicílio. Segundo estes autores a oferta é fundamental para explicar a presença de redes de água e esgotos nos domicílios.

Entretanto, o que explicaria a não-adesão dos domicílios às redes? Quando se trata de redes de esgotamento sanitário, o percentual de não-adesão se deve muito mais às questões culturais, que suscitam o uso freqüente e bastante elevado de soluções individuais, sobretudo as fossas. E no Brasil, as ações individuais não são uma prerrogativa das áreas rurais. Algumas soluções dessa natureza são amplamente utilizadas nos centros urbanos, em locais onde os serviços públicos de saneamento não são ofertados ou em função da não adesão dos domicílios aos serviços prestados.

Para Esrey (2000), cerca da metade da população mundial depende de sistemas convencionais de saneamento, que se limita a duas categorias: ou os sistemas baseados em redes de esgoto transportado com ajuda de muita água, ou os sistemas de fossa séptica. Ambas as tecnologias - a da descarga e a da acumulação - foram concebidas a partir da premissa de que os nutrientes que nós eliminamos não têm valor significativo e devem ser descartados. Marques e Hogland (2002), afirmam que mesmo a retirada do papel, que é uma grande fração do esgoto, por volta de 55 a 60% dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares restantes são biologicamente degradáveis. Sendo assim, as consequências diretas deste processo são: o meio ambiente é poluído, os nutrientes são perdidos e uma ampla gama de problemas de saúde é criada.

O tradicional tratamento de esgoto carrega os dejetos (excreta humana, água de sabão, efluentes industriais etc.) em locais de tratamento que muitas vezes não são capazes de tratar

completamente os efluentes, despejando seu produto em os rios, lagos, lençóis subterrâneos e mares. Além disso, desperdiça cerca de 15.000 litros de água tratada ou potável por ano, para evacuar apenas 35 kg de fezes e 500 litros de urina por pessoa, política no mínimo questionável tendo em vista a escassez de água e de recursos que enfrentam a maioria das cidades no mundo. Nota-se, pelo exposto, que apenas a coleta de esgoto, sem tratamento e destinação adequada, não gera a melhoria esperada nas condições de saúde da população (DUQUE, 2002).

Segundo Malisie, Prihandrijanti e Otterpohl (2007), tratamentos domésticos de águas residuais feitos no próprio local, como latrinas ou fossas sépticas também não são a melhor alternativa, pois podem poluir a água subterrânea se não forem devidamente concebidas e bem gerido. Para áreas densamente povoadas, estes sistemas são ainda mais problemáticos, como é o caso da Indonésia, onde a fossa séptica é normalmente localizada em baixo do banheiro que é construído perto do poço. No entanto, a fossa séptica ainda é comum na Indonésia. Cerca de 70% da população da Indonésia possuem acesso a instalações sanitárias básicas e cerca de 40% destas ainda usam fossas sépticas para tratar as suas águas residuais domésticas (ONU, 2004). O efluente parcialmente tratado, ou não tratado, das casas é tipicamente transportado por drenos abertos ou despejados diretamente em corpos d'água.

Os gráficos abaixo foram feitos com base nos dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD, IBGE (2008). O gráfico 4 mostra a percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo (SM), para o Brasil, em 2007 (últimos dados disponíveis). Nota-se que para o total dos domicílios urbanos do Brasil 96,7% possuíam água com canalização interna, contra 64,8% dos domicílios rurais. Analisando por faixas de rendimento, observa-se que os domicílios sem rendimento ou até 1 salário mínimo (SM) com acesso a água com canalização interna representavam 89,6% no meio urbano e somente 47,3% no meio rural. Na medida em que cresce a renda domiciliar cresce também o acesso à água, sendo que para os domicílios com 5 ou mais salários mínimos de renda domiciliar os percentuais eram de 99,6% no meio urbano e 90,5% no meio rural.

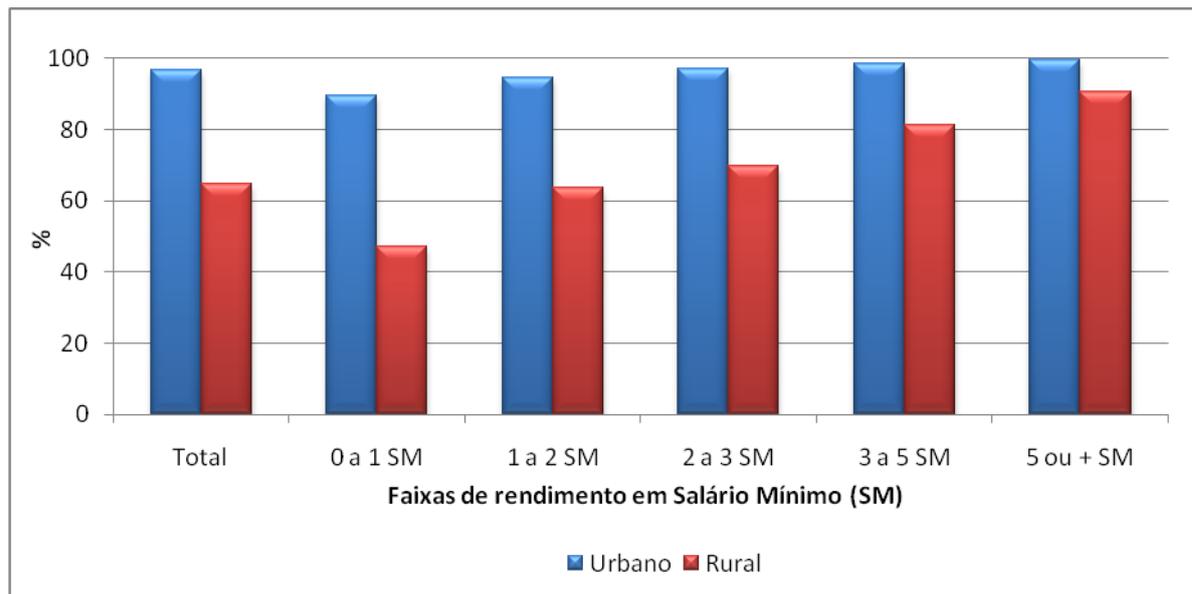


Gráfico 4. Percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo, Brasil, 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE

O gráfico 5 mostra a percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo (SM), para o Brasil, em 2007. Nota-se, em primeiro lugar que os percentuais são bem menores do que no acesso à água e que existe uma diferenciação muito grande entre o urbano e o rural.

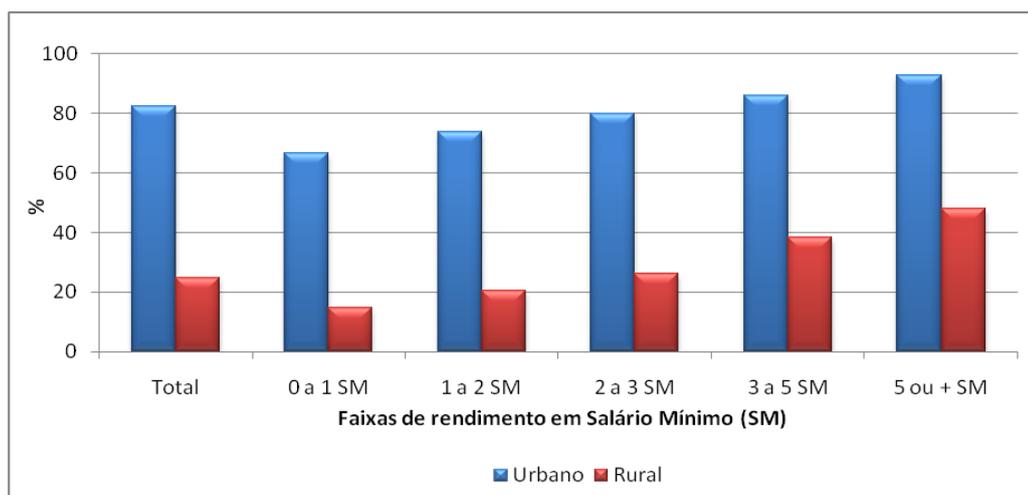


Gráfico 5. Percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica, por situação de domicílio e faixas de rendimento mensal domiciliar em salário mínimo, Brasil, 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE

O gráfico 5 também mostra que a pior situação está na faixa de zero a 1 salário mínimo no meio rural, com somente 14,6% dos domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica. No meio urbano os domicílios com 5 ou mais salários mínimos de renda domiciliar possuíam cerca de 93% de esgotamento adequado, mas no meio rural, mesmo os domicílios de maior renda possuíam menos de 50% de esgotamento adequado.

O gráfico 6 mostra a percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna, para o Brasil e suas regiões, entre os anos de 2001 e 2007, segundo as PNADs do IBGE. Observa-se, em primeiro lugar, que nos primeiros 7 anos da atual década o acesso à água com canalização interna melhorou no Brasil e em todas as regiões. Para o Brasil, o acesso passou de 87% em 2001 para 92% em 2007. As regiões Sudeste (SE) e Sul (SU) são as que apresentam os maiores percentuais e, ambas, passaram de cerca de 97% em 2001 para quase 99% em 2007. A região Centro-Oeste (CO) tinha um percentual de 90,4% em 2001 e chegou a 96,3% em 2007, quase alcançando as duas regiões do centro-sul do país. A região Nordeste (NE) que sofre historicamente com a falta de água, tinha 67% dos domicílios com acesso à água encanada em 2001 e chegou a 79,4% em 2007. Já a região Norte (NO), mesmo sendo a região brasileira com a maior quantidade de água doce disponível

na natureza, apresentava os menores índices de domicílios com água canalizada, sendo 73,5% em 2001 e 75,6% em 2007.

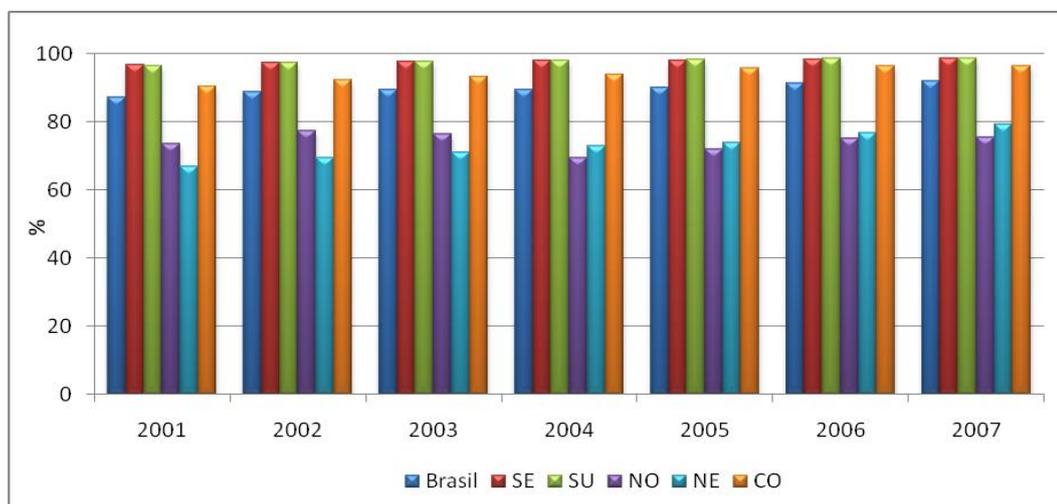


Gráfico 6. Percentagem de domicílios com abastecimento de água com canalização interna no Brasil e regiões brasileiras: 2001 a 2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE

O gráfico 7 mostra o percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica, para o Brasil e suas regiões, entre 2001 e 2007. Nota-se que o Brasil está longe de universalizar o acesso ao esgotamento sanitário adequado, pois o país tinha dois terços (66,8%) dos domicílios ligados à rede ou fossa séptica em 2001 e passou para 73,6% em 2007. A região Sudeste apresenta indicadores bem superiores às demais regiões, seguida da região Sul. As regiões Norte e Nordeste apresentam percentuais muito parecidos, com cerca de 55% em 2007. A região que apresentou os piores percentuais de acesso à rede de esgoto ou fossa séptica foi a Centro-Oeste, com somente 43,7% em 2001 e 47,2% em 2007.

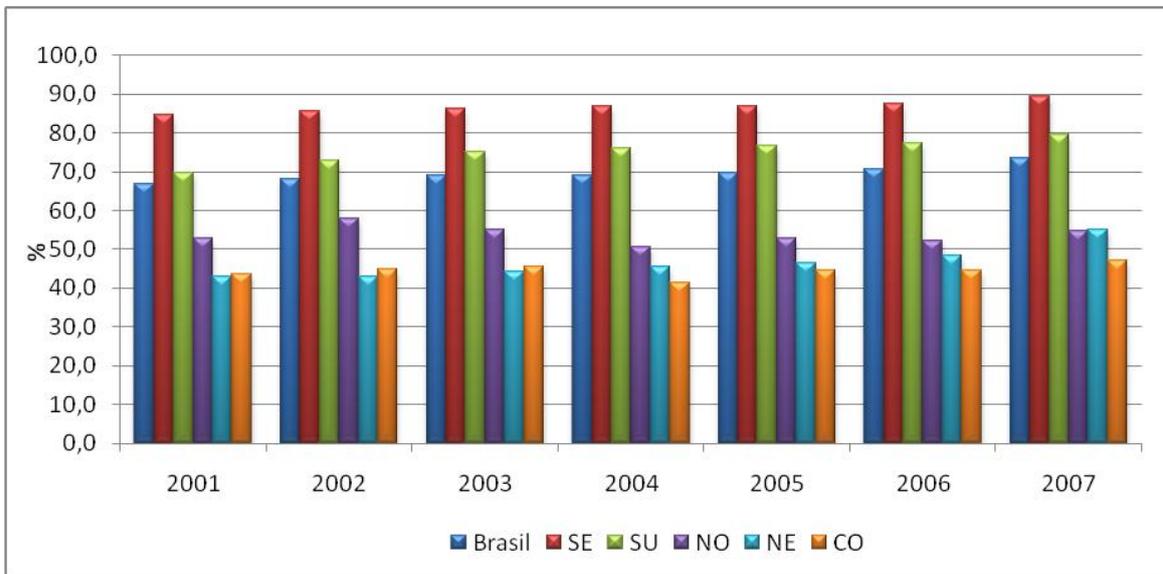


Gráfico 7. Percentagem de domicílios com acesso à rede coletora de esgoto ou fossa séptica no Brasil e regiões brasileiras: 2001-2007. Fonte: PNAD 2007, Sidra, IBGE

Portanto, os dados do saneamento básico no Brasil mostram que houve certa melhora na atual década, especialmente no que diz respeito ao acesso à água canalizada dentro do domicílio. Mas em relação ao esgotamento sanitário a situação ainda está longe de ser a ideal. O quadro é mais grave entre a população mais pobre, do meio rural e das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste.

Estas cifras são ainda mais chocantes porque refletem os resultados de mais de 20 anos de esforços concentrados e promovidos para aumentar a cobertura dos serviços de saneamento.

2.2. DOENÇAS LIGADAS À CARÊNCIA DE SANEAMENTO

Este problema em torno da água e do saneamento faz com que o combate às doenças parasitárias e infecciosas seja um dos mais interessantes desafios do século XXI. A contaminação fecal é um dos problemas de saúde mais sérios em países pobres que faz com

que 3 milhões de crianças morram a cada ano de doenças entéricas e até mais sofram com doenças debilitantes devido a parasitas intestinais (CARNEIRO *et al.* 2002).

Este quadro é significativamente preocupante e, para Colley (2000), uma mudança positiva na gestão do combate a estas doenças se deu devido à alteração da perspectiva dos últimos anos, quando as agências e governos reconheceram que as infecções, não somente são resultantes da pobreza e das baixas qualidades de vida, mas também são as maiores contribuintes para as mesmas. Essa alteração foi fundamental para levar à promoção de um desenvolvimento social e econômico e o combate aos problemas de saúde pública.

As agências de saúde e o governo dos países desenvolvidos são hoje responsáveis por grande parte dos investimentos em saúde nos países de baixa renda. Segundo o relatório anual da OMS sobre saneamento – *Estadísticas Sanitarias Mundiales 2009* (2009), em 2006, os recursos externos representaram 17% dos gastos em saúde nestes países, em comparação com os 12% do gasto de saneamento totais em 2000. Em alguns casos, dois terços do total de gasto em saneamento no país, se financia mediante os recursos externos. O gasto com saúde na escala mundial acendeu da ordem de 8,7% do produto interno bruto, com a taxa mais alta (12,8%) na região das Américas e o mais baixo (3,4%) na região do sudeste da Ásia em 2006. Em média, isto se traduz em aproximadamente US\$ 716 por habitante, considerando as enormes variações que vão desde os escassos US\$31 por habitante no sudeste da Ásia até os US\$ 2.636 nas Américas. A participação do governo com os gastos sanitários varia de 76% na Europa a 34% no sudeste da Ásia.

Além disso, a nível mundial, existem 13 médicos e 28 enfermeiras para cada 10.000 habitantes, com grandes variações entre países e regiões. Na África há somente 2 médicos e 11 enfermeiras para cada 10.000 habitantes, em comparação com 32 e 79, respectivamente, na Europa. Estes dados não são uma regra para a avaliação da qualidade de pessoal e serviços de saúde, mas a OMS faz uma estimativa de que o número de 23 profissionais de atenção à saúde (incluindo unicamente médicos, enfermeiras e parteiras) para cada 10.000 habitantes provavelmente não alcançam as taxas de cobertura adequadas para as intervenções chaves de atenção primária que são prioritárias para o marco dos objetivos de desenvolvimento do milênio (OMS, 2009).

No Brasil, as alterações ocorridas no perfil de morbidade e mortalidade, no qual se ressalta uma perda de importância relativa das doenças infecciosas, principalmente a partir do último quarto do século XX, contribuíram para criar uma falsa expectativa de que todo esse grupo de doenças estaria próximo à extinção. Entretanto, as doenças infecciosas e parasitárias - DIP ainda têm ocupado um papel relevante entre as causas de morte. Este grupo de doenças se reveste de importância por seu expressivo impacto social, já que está diretamente associado à pobreza e à qualidade de vida, enquadrando patologias relacionadas a condições de habitação, alimentação e higiene precárias. Além disso, a análise do comportamento das DIP pode servir para avaliar as condições de desenvolvimento de determinada região, através da relação entre níveis de mortalidade e morbidade e condições de vida da população (PAES e SILVA, 1999).

No que se refere especificamente à morbidade hospitalar, informações provenientes do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do SUS indicam que a proporção de internações por doenças infecciosas, em relação ao total de internações no país, não apresenta a mesma intensidade na tendência de redução que a verificada para a mortalidade. No ano de 2001, as DIPs representaram a segunda causa de internações na Região Nordeste, e a terceira e quarta causas de internações, respectivamente, nas Regiões Sul e Sudeste (BRASIL, 2004a).

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. (OMS, 2000). Os danos que os enteroparasitas podem causar aos seus portadores incluem, entre outros agravos, a obstrução intestinal (*Ascaris lumbricoides*), a desnutrição (*Ascaris lumbricoides* e *Trichuris trichiura*), a anemia por deficiência de ferro (ancilostomatídeos) e quadros de diarreia e de deficiência de absorção de nutrientes (*Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*), sendo que as manifestações clínicas são usualmente proporcionais à carga parasitária (FERREIRA *et al*, 2000).

Devido à necessidade de se fazer um controle da qualidade microbiológica da água de abastecimento alguns microrganismos foram eleitos como indicadores de contaminação. Estes microrganismos foram eleitos por serem utilizáveis para todos os tipos de água, estar sempre presentes nos lugares onde estão os patógenos entéricos, sobreviver na água mais tempo que os patógenos entéricos, são facilmente detectáveis por testes de fácil execução e a quantidade da sua presença na água é proporcional ao grau de poluição fecal. Os principais indicadores utilizados para exame da água são: coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais e clostrídios sulfito-redutores, todos indicadores de contaminação fecal (PELCZAR, CHAN e KRIEG, 1996)

2.3. SANEAMENTO AMBIENTAL

Recentemente, a discussão sobre o desenvolvimento sustentável ganhou grande impulso e dentre os vários motivos que poderiam ser levantados aqui, acredita-se que isto seja decorrente da ineficiência dos esforços utilizados até então pelas organizações mundiais para o combate das doenças, diminuição pobreza e da carência de serviços básicos, bem como ao aumento da degradação ambiental, largamente observada nas ultimas décadas.

Isto é confirmado pelo informe sobre a Evaluación Mundial del Abastecimiento de Agua y el Saneamiento en 2000, produzido por iniciativa da OMS e da UNICEF-OMS/UNICEF (2000), que demonstrou que durante os anos 80 e 90 houveram grandes progressos no sentido de encontrar tecnologias acessíveis e métodos de participação para atender a população que carecia de acesso a melhores serviços de abastecimento de água e saneamento. Porém, este período também demonstrou que os métodos utilizados até agora não conseguiram melhores resultados no sentido de atender a uma população cada vez mais numerosa.

Desde a Grécia antiga o homem já transportava suas excretas para longe das residências ou as enterravam na tentativa de se livrar delas. Esta maneira de lidar com os dejetos humanos onde gerou a concepção de recolhimento dos dejetos em um lugar longe dos aglomerados de pessoas gerou o a concepção de tratamento centralizado do esgoto. Esta concepção equivocada de que a excreta humana é desperdiçada sem nenhum propósito

resultou em sistemas de tratamento de “fim de rede”. Isto é, sistemas onde o esforço para o tratamento dos dejetos é concentrado no fim da rede de coleta dos mesmos. Nestes sistemas a matéria é vista de através de um olhar linear ao invés de ser tratada como na natureza, em ciclos. (WERNER, 2004). No mundo hoje, estima-se que são investidos anualmente para criar e modernizar os sistemas de rede de esgoto aproximadamente U\$30 bilhões e que até o ano de 2025 estes sistemas irão custar anualmente em torno de U\$75 bilhões (excluindo os custos de manutenção). Levar as excretas para longe vem se tornando cada vez mais caro e menos aplicável para os países pobres (ESREY *et al.*, 1998).

Além disso, são produzidos 50L de fezes e 500L de urina por ano por pessoa. Um banheiro de descarga a base de água convencional usa um adicional de 15.000L de água potável por pessoa por ano. Com isto, estima-se que 20 a 40% do consumo de água em cidades que utilizam o sistema centralizado de esgoto é devido à água do banheiro (GARDNER, 1997). Fazendo com que o sistema descentralizado seja insustentável para cidades onde a água seja um recurso escasso.

Para Esrey *et al.* (2001), enquanto os indivíduos mais abastados podem exportar suas excretas através de redes de esgoto, os indivíduos mais carentes são vítimas do círculo vicioso da exposição aos patógenos. A figura 3 ilustra este ciclo de exposição à contaminação.

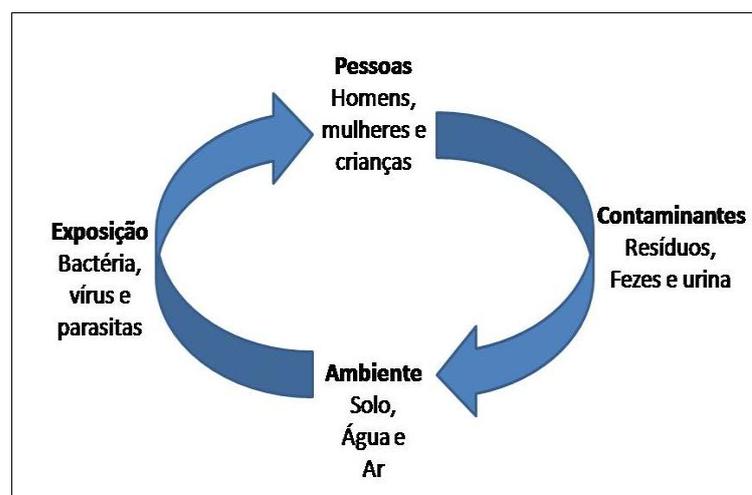


Figura 3. Ciclo vicioso da exposição e contaminação por parasitas. Fonte: (ESREY *et al.*, 2001) (adaptado)

Essas condições resultantes de sistemas de saneamento centralizados e em deterioramento levaram a partir da década de 60 do século XX a um considerável desenvolvimento da consciência ambiental dos povos e à promoção de novas medidas e abordagem para a destinação e o tratamento dos resíduos humanos. Para isto, foram fundamentais os primeiros eventos internacionais voltados para a discussão sobre a relação homem-ambiente, como é o caso da II Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro – ECO-92, que foi o maior evento dessa natureza e, mais recentemente em setembro de 2002, a Conferência RIO+10, realizada em Johannesburgo, na África do Sul. E a preocupação com o saneamento nestas reuniões foi reiterada pelas Metas de desenvolvimento do Milênio que propõem que cada pessoa deve ter o acesso à água adequada e segura, saneamento e higiene apropriada até 2025 (WHO, 2004).

Mais ainda, a concepção de saneamento ambiental avançou bastante na última década após as primeiras conferências específicas de saneamento ambiental. Nestas conferências, estudiosos de todo o mundo discutiram e decidiram que para solucionar o problema é preciso encorajar iniciativas e lideranças locais e promover sistemas de saneamento descentralizados. Várias são as medidas e tecnologias que podem ser utilizadas neste processo, algumas destas são listadas por Werner (2004) e citam-se aqui os casos que são abordados em algum momento neste trabalho: banheiros que separam a urina das fezes, banheiros que utilizam o processo de compostagem para o tratamento dos dejetos, sistemas de desidratação (sistemas que recebem e secam a excreta humana por aquecimento ou ventilação).

Neste sentido, Esrey et al., 2001 colocam que, para quebrar o ciclo de infecção e re-infecção gerado pelos sistemas de saneamento centralizados e de fim de rede, se fez necessário medidas de gestão seguras da excreta, ou seja, medidas que promovam a rápida destruição dos patógenos antes que estes se espalhem no ambiente. Com isto, surge a abordagem “fechamento de ciclo para o saneamento”, na qual os nutrientes são devolvidos para o solo e reaproveitados para a agricultura. A figura 4 é uma ilustração do ciclo considerado por estes autores como o ciclo saudável e benéfico para a reutilização dos nutrientes orgânicos.

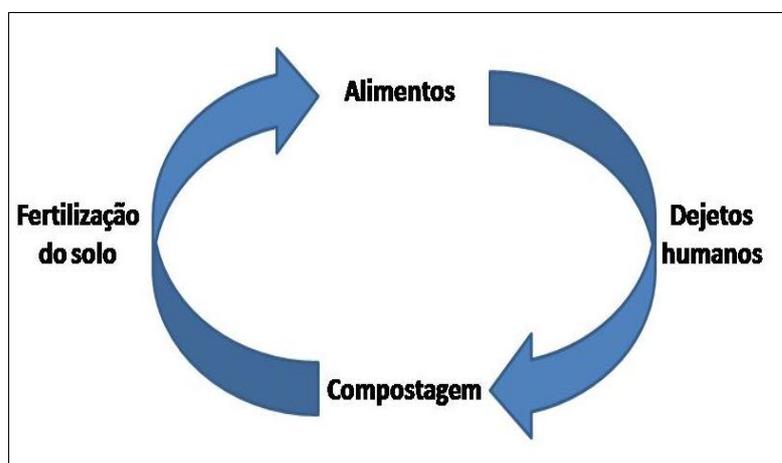


Figura 4. Fechamento do ciclo de nutrientes. Fonte ESREY *et al*, 2001 (adaptado)

Assim, a nova concepção de gerenciamento dos resíduos sólidos tem como objetivo a realocação do enfoque dado até então ao gerenciamento os dejetos humanos e adota como princípios básicos a redução, a reutilização e ou reciclagem.

Resíduos sólidos, segundo a NBR – 10.004 de 1997 da ABNT (Associação Brasileira de Normas técnicas) podem ser definidos por:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água que exijam para isso soluções técnicas economicamente viáveis em face de melhor tecnologia disponível.

Nesse contexto, a busca de formas ecologicamente corretas de promover saneamento básico e acesso à água potável passa a se tornar prioridade entre as organizações de saúde, agentes do governo e indivíduos. O objetivo principal desta nova abordagem não é promover uma tecnologia em particular, mas sim trazer uma nova e moderna filosofia de conduta com o

que, no passado foi considerada como lixo e águas residuais. Os sistemas que representam essa abordagem de saneamento ambiental (ou saneamento ecológico) são baseados na aplicação sistemática do controle do fluxo de materiais no processo de reciclagem de nutrientes e água como uma alternativa higienicamente segura, circular e holística às soluções convencionais (ESREY *et al.*, 2001).

Segundo o Manual de Saneamento produzido pela Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (BRASIL, 2004b), saneamento ambiental é o conjunto de ações sócio-econômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

Na Europa várias iniciativas vêm sendo tomadas em prol de uma abordagem mais sustentável para a gestão da água, baseada na substituição do conceito de águas residuárias pelo conceito de reciclagem associada ao reuso. Em programas governamentais como o *The Euro-Mediterranean Regional Programme For Local Water Management* (MEDA-Water) da União Europeia - UE, vários projetos estão combinando o conhecimento tradicional e convencional com um novo grupo de técnicas que adotam uma flexibilidade da escala no tratamento da água, isto é, combinam soluções localizadas, de pequena escala, também chamadas de sistemas descentralizados, com soluções de grande escala ou sistemas centralizados se estes se apresentam de maneira vantajosa (REGELSBERGER, 2007).

Para Esrey *et al.* (2001), existem duas características básicas nos projetos de saneamento ecológico. Um deles é a separação da urina, evitando-se que ela se misture com as fezes e o outro combina a urina com as fezes e as transformam em húmus através do processo de compostagem. Em ambos os casos é possível gerenciar a excreta com pouca ou nenhuma água, além de mantê-la longe do solo e das águas superficiais e subterrâneas. Os agentes patogênicos são tratados perto do local onde foram excretados, reduzindo as possibilidades de contaminação. Praticamente todos os patógenos encontráveis na excreta humana são provenientes das fezes, já que a urina é estéril, com poucas exceções (ex. *Schistosoma haematobium* - um verme trematóide que causa a esquistossomose, não existente

no Brasil). Se as fezes forem impedidas de se misturarem à urina, fica muito mais fácil tratá-las de modo ecológico, sem o uso de agentes químicos poluidores e sem necessidade de processos caros nem de estações de tratamento dispendiosas.

Em outras palavras, estes projetos estão relacionados a dois princípios básicos do tratamento dos resíduos: (1) lidar com o problema o mais próximo possível da fonte e (2) evitar efluentes diluídos, isto é, em um lugar onde seja possível manter o material nitrogenado em uma forma suficientemente sólida ou concentrada para ser subsequentemente utilizado em alguma atividade humana apropriada, como a agricultura (DAVISON *et al.*, 2006).

O motivo destes princípios se deve ao fato de que no sistema de esgotamento sanitário convencional, apesar de trazer benefícios à saúde pública, como o afastamento dos esgotos da proximidade das residências, se observam impactos negativos significativos quando da sua implementação. O principal aspecto negativo desse tipo de sistema, além de possíveis vazamentos, é a concentração da poluição nas redes coletoras (SOARES *et al.*, 2002)

Nhapi e Hoko (2004) afirmam que ambas as separações águas negras/ águas cinza e urinas/fezes são viáveis e aumentam as oportunidades para uso dos resíduos direto no local. As águas cinza são aquelas provenientes do chuveiro, banheira, lavatório de banheiro e máquina de lavar roupas. Estas águas são ricas em sabões, sólidos suspensos e matéria orgânica (cabelos, sangue e sêmen) e podem possuir pequenas quantidades de bactérias e podem ser facilmente coletadas. Na maioria dos casos, ela pode ser reutilizada diretamente para jardinagem ou pode sofrer um tratamento básico e ser utilizada na descarga de banheiros convencionais ou lavagem de carros. As águas negras são aquelas provenientes do vaso sanitário e da pia de cozinha, ricas em matéria orgânica e bactérias com potencial patogênico e podem ser tratadas separadamente utilizando sistemas de decomposição anaeróbia e compostagem utilizando sistemas de secagem ou em Banheiros secos, como por exemplo, os já muito utilizados em áreas peri-urbanas da cidade de Harare, no Zimbabue (MORGAN, 2007).



Figura 5. Banheiros secos no Zimbábue. (a) Sistema latrina simples. (b) Sistema do tipo Arbor Loo, no qual os poços, depois de cheios, são abandonados e em cima deles planta-se uma árvore. Fonte: EcoSan.

Disponível em: <http://practicalactionconsulting.org/?id=Ecosan>

A urina e fezes são fertilizantes completos de alta qualidade com níveis mínimos de contaminadores, tais como metais pesados. A urina é rica em nitrogênio, enquanto as fezes são ricas em fósforo, potássio, e material orgânico. A quantidade de nutrientes excretadas depende da quantidade de alimentação consumida e equações estão apresentadas para cálculo de nitrogênio e fósforo do excreto baseado nas estatísticas facilmente disponíveis após o fornecimento de informações da dieta alimentar das pessoas (JÖNSSON *et al.*, 2004).

Na urina a proporção dos nutrientes N:P:K é muitas vezes mais apropriada para se utilizar na agricultura que se comparado com a quantidade e proporção dos nutrientes presentes nos fertilizantes industriais. Um adulto pode produzir cerca de 400 litros de urina por ano, que por sua vez, contém 4,0Kg de nitrogênio, 400g de fósforo e 900g de potássio (JÖNSSON, 1997). Estes macronutrientes se encontram na forma ideal para serem aproveitados pelas plantas: o nitrogênio na forma de uréia, o fósforo como ortofosfato e o potássio como íon livre. Além disso, as concentrações de metais pesados são muito menores que aquelas apresentadas na maioria dos fertilizantes químicos (ESREY *et al.*, 1998).

A utilização da urina na agricultura pode ainda ser feita tanto na forma líquida quanto na forma sólida, através da precipitação de estruvita $[MgNH_4PO_4]$, hidroxiapatita $[Ca_5(PO_4)_3OH]$ e calcita $[CaCO_3]$, podendo reduzir, assim, o volume utilizado de fertilizantes artificiais (ZANCHETA *et. al.*, 2007).

Assim, a compostagem e o banheiro seco surgem como formas alternativas à reciclagem convencional dos resíduos orgânicos urbanos ou rurais, pois, como sugere Vinnerås (2007), se realizada de maneira adequada, é capaz de quebrar o ciclo da contaminação da água e promover o ciclo fechado da utilização dos nutrientes orgânicos proposto por Esrey *et al.* (2001). Por este motivo, este conceito de tratamento vem se tornando cada vez mais frequente. A figura 6 ilustra o convencional pelo qual a matéria orgânica está sujeita.

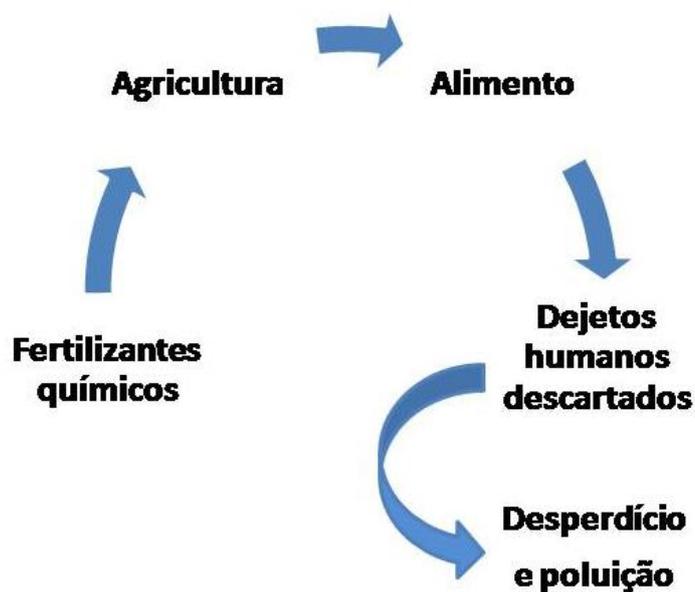


Figura 6. Ciclo contaminação da matéria orgânica quebrado

Entretanto, fatores culturais afetam diretamente na escolha ao sistema de saneamento. Em países muçulmanos, as práticas culturais de limpeza anal, juntamente com a proibição estrita do contato da urina com as fezes são fatores que influenciam a relutância ao uso de sistemas ecológicos. Na aldeia de Machaki no distrito de Karak na província North West Frontier, no Paquistão, um estudo foi realizado para tentar identificar as preferências culturais para modelos de saneamento ecológico. Foram entrevistados homens e mulheres, os quais foram considerados fundamentais para poder estimar a preferência geral da comunidade. Foi oferecida a eles uma série de opções de modelos de saneamento, que abarcavam sistemas como, por exemplo, a latrina separadora de urina e o modelo convencional. Os entrevistados foram solicitados para fazerem considerações sobre qual a opção de saneamento eles fariam, caso eles pudessem escolher. Todos os entrevistados se posicionaram fortemente contra o sistema de latrinas com separação de urina e a favor dos sanitários convencionais. Eles acreditam que o modelo ecológico é antiquado, primitivo e o consideram como um tabu, enquanto os banheiros com descarga a base de água (*flush-toilets*) foram considerados de prestígio e desejáveis. Para essas pessoas a aparência física das fezes e urina em latrinas é repugnante (NAWAB *et al.*, 2006).

Todavia, no Malauí, a ONG Britânica Water Aid² iniciou um programa para promover o saneamento ecológico. A ONG adotou para a região o sistema de fossa de poço de uso alternado (Figura 7). Após três anos, uma pesquisa na área mostrou que muitas famílias adotaram o sistema porque perceberam que o composto produzido nas instalações sanitárias reduz os custos de compras de fertilizante químico (SUGDEN, 2003). Esta é uma profunda mudança do pensamento convencional que defende que a urina e as fezes são produtos sem valor e que devem ser eliminados, frequentemente transportando-os para longe com a ajuda da água limpa (BRANDÃO, 1989).

² O site da Water aid possui uma rica coleção de estudos de casos, muitos relacionados às questões colocadas por este trabalho. Disponível em: www.wateraid.org. Acessado em julho de 2009.



Figura 7. Fossa de poço de uso alternado. (MORGAN, 2003)³.

Concordando com esse pensamento, Santos e Breslin (2001) reafirmam a necessidade da participação da comunidade em todas as fases do processo de escolha do modelo de saneamento a ser escolhido e o seu planejamento. Os autores enfatizam a relevância dos aspectos culturais bem como a contínua monitoria para assegurar a manutenção do sistema e do uso correto do mesmo.

Na Austrália, no início dos anos 90, estudos demonstraram que aproximadamente 40% dos sistemas de tratamento doméstico de águas residuais na zona costeira de do Estado de New South Wales - NSW estavam falhando. Os Banheiros secos já amplamente utilizados nesta região tiveram um aumento no número de aprovações anuais cedidas pelo governo australiano na ordem de 30%, nos anos de 2004 e 2005. Nestes anos o número dessas aprovações foi superior aos sistemas aerados convencionais. O nível de tamanha adoção foi devido a estudos científicos locais que atestaram a eficiência deste sistema pelos novos

³ Imagem disponível em: <http://aquamor.tripod.com/KYOTO.htm>. Acessado em Julho de 2009

regulamentos adotados pelo Departamento de saúde do estado NSW (NSW Health Department) que incentivam a redução das descargas de nitrogênio para o ambiente e definiu diretrizes para a aprovação dos banheiros secos (incluindo aqueles de fabricação caseira) no estado (estas orientações constituem a base para o atual padrão nacional AS / NZS, 1546.2:2001⁴) e por razões de conservação dos recursos e proteção ambiental por parte da população (DAVISON *et al.*, 2006).

O principal estudo que atestou a eficácia dos banheiros secos australianos foi o estudo de Safton (1993) realizado em sete protótipos de banheiros secos (seis deles de construção doméstica), levando em consideração a taxa de sobrevivência de helmintos na câmara de compostagem. Safton concluiu que "os sistemas estão funcionando com relação à destruição dos parasitas e comensais" e que o composto final produzido também demonstrou estar majoritariamente livre de bactérias e protozoários patogênicos.

Entretanto, como apontam Ribeiro e Günther (2002) o saneamento ambiental não tem sido historicamente priorizado, seja na formulação de políticas públicas ou nas ações do setor privado da economia, resultando em condições insatisfatórias, que decorrem da sua insuficiência ou deficiência. Esse fato é agravado pela falta de informação e de educação sanitária da população para enfrentar as condições sanitárias precárias, aliando-se à falta de incorporação de hábitos e práticas sanitárias e ambientais em seu cotidiano. Esse cenário agrava as já indesejáveis condições de saúde, de desequilíbrio ambiental e da baixa qualidade de vida da população.

2.4. PERMACULTURA

Seguindo esse novo paradigma ambiental, surge uma série de idéias e correntes filosóficas de cunho ambientalistas que buscam uma reinserção do ser humano ao seu ambiente natural e, dentre estas, cita-se aqui a Permacultura.

⁴ AS/NZS, 1546.2:2001. On-site domestic wastewater treatment units, part 2: waterless composting toilets. Standards Australia/Standards New Zealand.

A permacultura, segundo Soares (1998), é descrita como “uma síntese das práticas agrícolas tradicionais com idéias inovadoras. Unindo o conhecimento secular às descobertas da ciência moderna, proporciona o desenvolvimento integrado da propriedade rural de forma viável e segura para o agricultor familiar.” Segundo o autor, a permacultura foi desenvolvida no começo dos anos 70 pelos australianos Bili Mollison e David Holmgren⁵ e a partir de então, passou a ser difundida na Austrália, considerando que, naquele país, a agricultura convencional já estava em decadência adiantada, mostrando sinais de degradação ambiental e perda de recursos naturais irrecuperáveis. Diversos países, como o Brasil, vêm adotando a permacultura como metodologia agrícola e, até mesmo, escolas de todos os níveis estão incluindo a Permacultura no seu currículo básico. Entretanto a palavra ainda não existe nos dicionários brasileiros.

Ainda incipiente nos fóruns acadêmicos, a permacultura, apesar de frequentemente ser apresentada como uma das correntes da agroecologia, pode ser vista como complementar aos princípios da agroecológicos, já que aborda questões não contempladas na agroecologia com relação à ocupação humana nos agrossistemas, tais como energia, habitações e saneamento, além do cultivo da terra propriamente dito. No meio dos praticantes e dos estudantes em permacultura, um termo amplamente utilizado para definir o planejamento e o projeto executivo de um desenho de ocupação humana produtiva e sustentável é o termo design. O design, se refere a um planejamento que envolve, além dos aspectos técnicos das ações necessárias, uma adequação temporal e econômica de sua implementação, além de uma predisposição a adequar-se às condições ambientais do local onde se aplica. Este último ponto é a maior diferença entre o design permacultural e outras formas de desenho/planejamento de ocupação e uso do solo, pois, de modo geral, os empreendimentos partem da premissa de alterar a realidade físico-ambiental em prol de um determinado objetivo, enquanto que no planejamento que utilize a metodologia permacultural tratará de se adequar os objetivos desejados ao meio ambiente, respeitando sua dinâmica ecológica e se valendo positivamente dos recursos locais (JACINTHO, 2008). Essa forma de agir e pensar é sintetizada pela “Rosa Permacultural” que apresenta os princípios básicos da permacultura (Figura 8).

⁵ Mollison, Bill e Holmgren, David. **Permaculture One**, Corgi, Australia, 1978.



Figura 8. Rosa permacultural: princípios básicos da permacultura.

Para Miranda (2007), a Permacultura envolve a implantação de projetos e manutenção consciente de ecossistemas produtivos por meio de técnicas tradicionais para o planejamento e desenvolvimento socioambiental de toda complexidade abordada nas práticas agrícolas, no ecodesign, na compra e venda sustentável, no ciclo de vida e no gerenciamento de resíduos, entre outros. Isto proporciona conceitos, práticas e metodologias de trabalho para pequenos e médios produtores rurais e comunidades carentes, por meio da interação e inovação dos modelos de produtividade tradicionais, discutindo os saberes e a valorização humana e social,

como a valoração ambiental, proporcionando novas fronteiras para a organização e sustentabilidade bio-psico-social e ambiental.

Ainda segundo Miranda (2007), observa-se pelo quadro 3 algumas alternativas e soluções Permaculturais que podem ser desenvolvidas nas metodologias de projetos sustentáveis para o espaço de comunidades urbanas e/ou rurais em programas de responsabilidades socioambiental, sendo que estas opções devem ser administradas e planejadas com profissionais responsáveis, para que possamos atingir os objetivos desta necessidade ambiental, criando e fortalecendo o elo para compreensão de competências e habilidades da cidadania no envolvimento ativo da melhora da realidade de todos por meio de uma autogestão social e ambiental.

MANDALAS ORGÂNICAS	MINHOCARIOS	HORTAS COMUNITÁRIAS	ECO-VILAS
CISTERNAS DE FERRO-CIMENTO	BIOFERTILIZANTES DE HÚMUS	CRIAÇÃO DE ABELHAS	BANHEIRO SECO
TIJOLOS DE ADOBE	HORTAS ROTATIVAS	ARTESANTO ESPECÍFICO	ESPIRAL DE ERVAS MEDICINAIS
BIO-CONSTRUÇÕES	ADUBAÇÃO VERDE	PRODUÇÃO DE SEMENTES	COMPOSTAGEM
REFLORESTAMENTO	JARDINS COMESTÍVEIS	VIVEIROS E ESTUFAS	AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA

Quadro 3. Alternativas e tecnologias permaculturais. Fonte: MIRANDA, 2007

Como pode ser observado no Quadro 3, o banheiro seco é uma das tecnologias difundidas pela permacultura. Como ressalta Holmgren (2003), durante muitos anos os banheiros secos foram tratados pelos ativistas da permacultura com bastante paixão e entusiasmo. Segundo o autor, um dos criadores da permacultura, o motivo para tamanha atenção dada à reciclagem dos resíduos humanos domésticos pode ser explicado por uma breve explanação de como ele é capaz de ao mesmo tempo explicar e reforçar os princípios do design permacultural. O Banheiro seco, em resumo, nos encoraja a prestar atenção e nos entender como parte da natureza, usa e valoriza recursos renováveis, não produz desperdícios,

integra ao invés de segregar, é uma solução de pequena escala, de processo lento e de eficiência energética, usa e valoriza a diversidade, pois uma variedade de protótipos é apropriada para os mais diversos climas e situações, uso criativo e respostas a mudanças, pois as flutuações nas taxas de material adicionado, umidade e temperatura durante a maturação da pilha de material resiliente faz com que haja a necessidade de uma manutenção a fim de tamponar grandes flutuações. Martins (2007) apresenta algumas vantagens e desvantagens do sistema de banheiros secos que são sintetizadas no quadro a seguir.

Banheiro Seco	
Vantagens	Desvantagens
Economia de água e de dinheiro	Requer educação para o seu uso
Simplicidade na construção	Necessita de adição de material orgânico seco
Fonte de fertilizante	O tratamento dos dejetos requerem tempo e conhecimento técnico
Divulgação de sistema de saneamento alternativo e ecológico	Requer aceitação cultural
Tecnologia simples e fácil de ser replicada	

Quadro 4. Vantagens e desvantagens de Banheiros Secos. Fonte: (MARTINS, 2007)

Castro e Pinto (2008) ressaltam que a permacultura traz soluções sustentáveis para a manutenção das pessoas no campo e técnicas como as agroflorestas, o aproveitamento da energia solar e tratamento de esgoto economizam recursos naturais e financeiros depois de alguns investimentos iniciais, que logo são ressarcidos pelo incremento da quantidade e qualidade da produção. Para estes autores, sabe-se que não há como mudar o modelo de produção agrícola empresarial capitalista, mas pode-se investir na agricultura familiar, não somente com subsídios, mas também cursos de capacitação e apoio no âmbito do escoamento destes produtos. Uma destas técnicas, a horta mandala, pode ser visualizada na figura 9 a seguir.



Figura 9. Horta mandala. Exemplo de tecnologia e de design permacultural. Fonte: AGENCIA MADALA®

Isto implica dizer que dentre o método de desenho e ocupação de solo permacultural estão embutidos os conhecimentos de diversas áreas do conhecimento humano, que vão desde a arquitetura e a engenharia, à bioquímica, passando pelas ciências agrárias e biológicas (JACINTHO, 2008).

2.5. BANHEIRO SECO

O modelo de saneamento de pequeno porte estudado neste trabalho é conhecido mundialmente por sanitário compostável (*composting toilet*), mas também chamado por banheiro seco (*dry toilet*), banheiro biológico (*biological toilet*) ou banheiro ecológico (*ecological toilet*). Ecológico porque, entre as tecnologias de tratamento de águas residuais, o banheiro seco é uma das maneiras mais direta de evitar poluição e conservar água e recursos naturais (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

O banheiro seco é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo, como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália e que basicamente utiliza o processo de compostagem para tratar e sanitizar os dejetos humanos reduzindo consideravelmente ou totalmente o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos. Um resíduo sanitizado é aquele que foi submetido a um processo ou operação sanitária, ou seja, de higienização. O conceito de sanitizar difere do conceito de esterilizar, devido ao fato de que no primeiro, apenas os agentes patogênicos são exterminados e no segundo, todos os seres vivos são eliminados.

Nestes países, por muito tempo este sistema vem sendo utilizado em propriedades rurais, casas de veraneio e propriedades afastadas dos grandes centros urbanos. Com o passar dos anos, a preocupação com o meio ambiente fez com que as pessoas mudassem suas concepções em relação à utilidade deste tipo de tratamento e, ao mesmo tempo, surgiu toda uma rede de produção de banheiros secos pré-fabricados e padronizados. Hoje, ao se fazer uma busca na rede utilizando as palavras “composting toilet”, “dry toilet” ou “ecological toilet” se encontra diversas empresas que fabricam e comercializam modelos de banheiro seco.

No livro de Porto e Steinfeld (2000), os autores fazem uma listagem de uma série de fabricantes deste tipo de sistema e os principais protótipos oferecidos, com a análise de desvantagens de cada um deles. Pode se citar, como exemplo, as empresas listadas no site do escritório Canadense de Agricultura Urbana – City Farmer⁶ ou no site da ONG *The New Three Rs*⁷. Os modelos comercializados vão desde sistemas extremamente simples (Figura 10), compactos e portáteis (Figura 11), à modelos que necessitam de maior infra-estrutura e espaço como é o caso do modelo da EcoSun ® (Figura 12).

⁶ CITY FARMARMER, 2009. Disponível em: <http://www.cityfarmer.org/comptoilet64.html>. Acessado em Julho de 2009

⁷ THE THREE RS, 2009. Disponível em: http://www.webpal.org/b_recovery/2_farm_recovery/humanure/chapter06_06.htm. Acessado em Julho de 2009.



Figura 10. Exemplo de modelo simplificado de banheiro seco. Fonte: Home Grown Evolution, 2009⁸.

Este sistema é constituído basicamente de uma tampa de privada conectada a um balde. Quando o balde enche o responsável despeja seu conteúdo em outro local onde o material vai permanecer por um período até que o processo de compostagem se finalize.



Figura 11. Exemplo de banheiro seco portátil da BioLan®. Fonte: BioLan, 2009⁹

⁸ Figura disponível em: <http://www.homegrownevolution.com/2009/07/humanure-dry-toilet-made-from-milk.html>. Acessado em julho de 2009

Este modelo de banheiro separa a urina dos resíduos sólidos. Dentro da unidade há dois containeres separados utilizados para armazenar o resíduo seco. Enquanto um está em uso o outro está inativo, permitindo assim que a matéria orgânica seja compostada. Este modelo não requer nem água nem energia elétrica para seu funcionamento. E está cotado em torno de €600 euros.

Cabe ainda citar aqui empresa EcoSun® que, como explica Ramani (2008), teve sua origem em 1989, quando o engenheiro Britânico Paul Calvert criou um modelo de banheiro seco que é hoje popularmente conhecido na Índia como eco-toilet. Este modelo foi responsável pela separação da urina das fezes o que promovia um saneamento ecológico. Em 1994, Calvert criou sua própria organização chamada EcoSolutions que desde então construiu mais de 2000 banheiros ecológicos por toda a Índia.

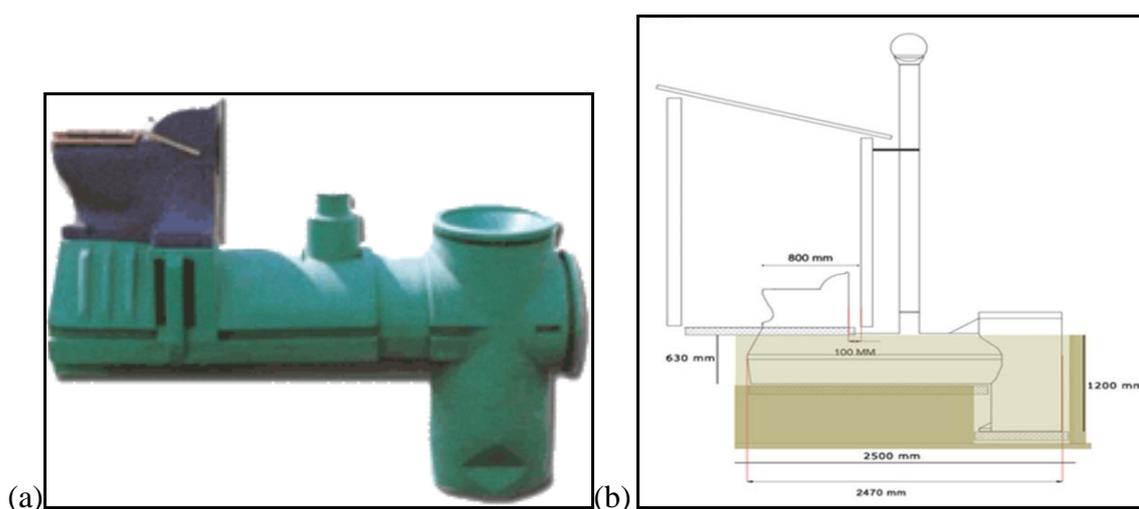


Figura 12. Banheiro Seco EcoSan. (a) Detalhe do sistema pré-fabricado. (b) Corte lateral esquemático.

Fonte: EcoSun, 2009¹⁰.

Além disso, como afirmam Porto e Steinfeld (2000), muitos estados americanos estão aumentando a rigidez das normas de tratamento local de águas residuais e, por isso, muitas

⁹ Figura disponível: <http://shop.biolan.co.uk/index.php>. Acessado em: julho de 2009.

¹⁰ Figura disponível em: <http://www.ecosanaustralia.com.au/>. Acessado em julho de 2009.

das milhões de fossas sépticas daquele país estão agora sendo consideradas inadequadas e conseqüentemente sendo abandonadas. Como resultado, muitos proprietários estão procurando maneiras para incrementar seus sistemas sépticos, na intenção de evitar que tenham que instalar outros novos. Assim, desviando o excremento e a água proveniente dos sanitários mais de 90% da poluição é removida, deixando apenas a água cinza para gerir. Ainda, a cada mês, mais Estados mudam leis e regulamentações para permitir o uso de banheiros secos.

Em várias universidades americanas são apoiadas iniciativas de projetos que reduzem o impacto ambiental das atividades humanas e as próprias universidades são avaliadas quanto ao desenvolvimento desses projetos (HUMMEL e DAUTREMONT-SMITH, 2007). Desse modo há uma busca por novas tecnologias ambientalmente sustentáveis a exemplo de banheiros secos. No campus da Universidade de Michigan, por exemplo, três banheiros secos foram construídos e são também utilizados como material de conscientização ambiental e divulgação das tecnologias desenvolvidas na universidade.

De fato, os banheiros secos vêm sendo tratados como uma das alternativas para o problema da poluição da água de maior potencial. O Conselho Norte Americano de construções ecológicas (US Green Building Council - USGBC), estabelece que o banheiro seco como uma das tecnologias de maior potencial atualmente (LEED, 2008).

Na mesma direção, a Fundação Nacional de Saneamento Norte Americana, National Sanitation Foundation International (NSF) - The Public Health and Safety Company™, aprova e regulamenta certos banheiros secos que atendem os critérios dentro da norma NSF/ANSI Standard 41. A NSF é amplamente reconhecida por seus conhecimentos científicos e técnicos nos domínios da saúde e ciências ambientais, está diretamente ligada ao governo Norte Americano, à Organização Mundial da Saúde (OMS) e serve a fabricantes que operam em 80 países (NSF, 2009).

Entretanto, a NSF chama atenção que nem todos os banheiros secos são aprovados certificados e que estes devem atender aos seguintes critérios: (a) o sistema do banheiro deve ser capaz de lidar com períodos estendidos de uso e com ocasionais sobrecargas; (b) o banheiro não deve possuir odores ofensivos; (c) o material produzido deve alcançar apropriados níveis de tratamento para bactérias; (d) propagandas, literatura e rotulagem

devem obter níveis adequados de confiabilidade; (e) o teste do produto final deve estar acessível ao fabricante; (f) os resultados dos testes devem ser confirmados por testes paralelos de sistemas de saneamento que operam no mercado.

No Brasil, o sistema mais conhecido hoje foi o construído em 1999 pelo Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado – IPEC, localizado em Pirenópolis, GO, Brasil (IPEC, 2008). Com o nome de *Húmus Sapiens*¹¹, o banheiro (Figura 13) construído pelo Ecocentro IPEC ganhou em 2005 o prêmio FINEP de Inovação Social para a região Centro Oeste (FINEP, 2008) e foi responsável por popularizar o sistema no Brasil. Trata-se de um sistema integrado de aproveitamento dos dejetos humanos constituído de sanitários compostáveis e um minhocário. Nos sanitários, os dejetos são lançados diretamente em câmaras de compostagem, sem o uso de água para a descarga. O composto é levado posteriormente para um minhocário onde é produzido o húmus, um adubo orgânico para a agricultura (RTS, 2009).

¹¹ HÚMUS SAPIENS. Disponível em: <<http://viversustentavel.wordpress.com/2007/06/25/humus-sapiens-banheiro-seco-do-ipec/>>. Acesso em 13 de maio de 2008.



Figura 13. Banheiro seco do IPEC¹².

Basicamente, o princípio destes banheiros é a não utilização de um recurso finito, a água, para o transporte dos resíduos, e sim o tratamento e o aproveitamento local destes através do processo de compostagem. Os resíduos, ao invés de serem despejados nos solos, nos rios ou no mar, são armazenados em coletores, nos quais serão compostados a partir do aquecimento gerado por algum tipo de energia que pode ser solar, elétrica, térmica ou qualquer outra que seja acessível, disponível e capaz de gerar um aquecimento colaborando para as bactérias e fungos termófilos que, além de serem responsáveis pela decomposição, são também responsáveis por ajudar a manter a temperatura alta, necessária para a eficiência da compostagem. Segundo Schaub e Leonard (1996) a faixa de temperatura considerada termófila (40 – 70°C) atingida durante o processo de compostagem é capaz de matar a maioria dos patógenos e sementes de ervas daninhas presentes no material.

¹² IPEC. Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado. Disponível em: <http://www.ecocentro.org/>>. Acesso em 13 de maio de 2008.

Hoje, o banheiro seco é visto pelo governo brasileiro como uma tecnologia aceitável, mas ainda carece de estudos aprofundados e de devida normatização. Como pode ser verificado pelo Manual do Saneamento produzido pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2004b), 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 (p. 172), a latrina com fossa estanque (p. 180) e a latrina com fossa de fermentação apoiada na superfície do solo (tipo Cynamon) (p. 180). A fossa seca (Figura 14) 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. Já a latrina com fossa estanque (Figura 15) consta de um tanque destinado a receber os dejetos, diretamente, sem descarga de água, em condições idênticas a latrina de fossa seca. Por fim, a latrina com fossa de fermentação apoiada na superfície do solo (tipo Cynamon) (Figura 16) consta essencialmente de duas câmaras (tanques) contíguas e independentes destinadas. Todas estas categorias estão 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 de populacional e alertam que as más condições de uso ou problemas construtivos podem poluir o subsolo.

Apesar de todos os benefícios ambientais que o banheiro seco pode vir a trazer, Porto e Steinfeld (2000) afirmam que muitas das pessoas que instalam banheiros secos em suas casas o fazem simplesmente porque eles precisam de um sistema de tratamento de esgoto, mas moram em áreas onde um sistema séptico convencional não pode ser instalado, como é o caso de certas regiões no Alasca e áreas rurais ou de preservação ambiental.

Assim, o banheiro seco está atualmente bastante difundido em áreas rurais, mas ainda há certo preconceito quanto sua utilização em regiões mais urbanizadas. Esrey (2000) apontam que em muitas sociedades a excreta humana é considerada um recurso valioso e lidar com ela não é nenhum problema. Na realidade, a urina tem sido utilizada como recurso em muitas partes do mundo por séculos. Ela foi utilizada na Europa para limpeza doméstica, amolecimento da lã, endurecimento do aço e curtimento do couro. Os gregos e os romanos usaram-na para colorir seus cabelos e os fazendeiros africanos usavam-na para fermentar plantas para a produção de corantes. A indústria farmacêutica chinesa usa a urina para fazer

coagulação sanguínea. Por outro lado, em outras sociedades, a excreta, e particularmente as fezes, foram consideradas sujas por muitos séculos. Essas sociedades são consideradas sociedades fecofóbicas, ou seja, que possuem fobia em falar e lidar com seus próprios excrementos.

2.6. FUNCIONAMENTO DOS BANHEIROS

2.6.1. Classificação

Segundo Castillo Castillo (2002), o Banheiro seco se divide basicamente em dois tipos, aquele que separa a urina dos excrementos (*Urine Diverte Toilets – UDT*) e aquele que não separa. Os modelos separadores consistem em um assento ou vaso especial que ajuda a separar as fezes da urina (Figura 17), que é dirigida a coletor separado. A urina, separadamente pode ser diluída e usada como fertilizante ou mandada para um poço de absorção diretamente no solo (Figura 18).



Figura 14. Vasos separadores de urina (urine divert toilet - UDT). (a) Projeto EcoSan em Estocolmo, na Suécia. (b) Projeto EcoSan em Addis Ababa, na Etiópia. Fonte: ECOSAN, 2009¹³

¹³ Imagens disponíveis em: <http://www.flickr.com/photos/gtzecosan/>. Acessado em julho de 2009.

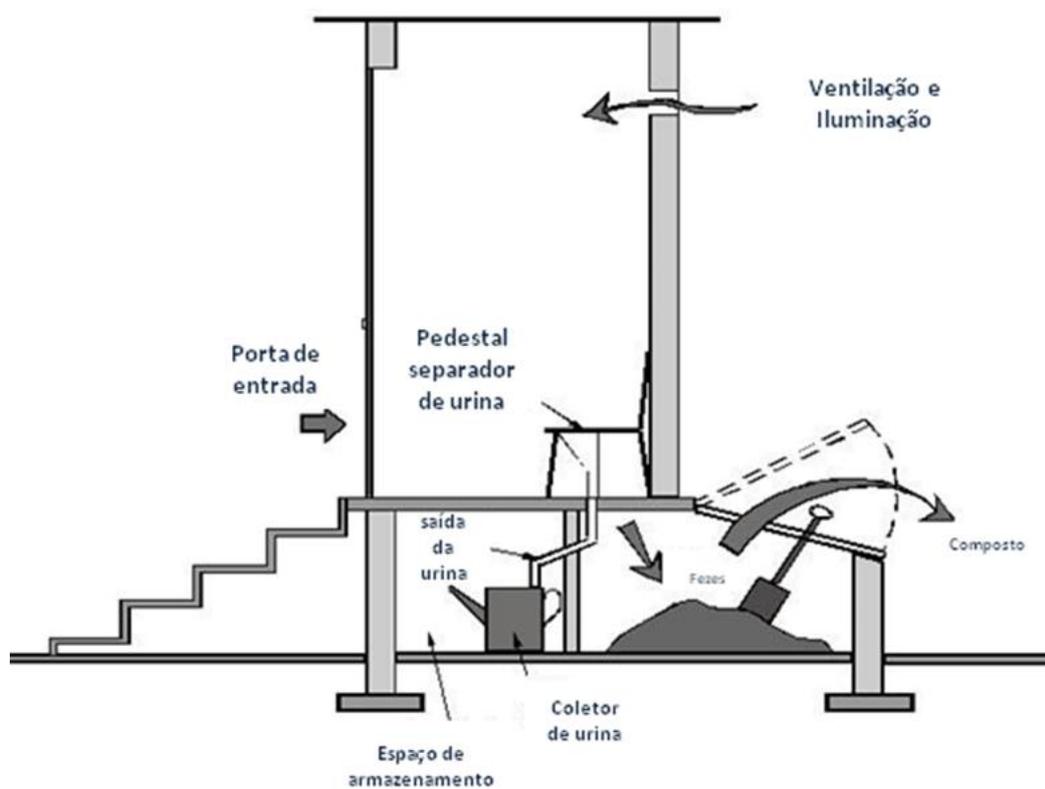


Figura 15. Modelo de saneamento com separação da urina. Fonte: SUSTAINABLE SETTLEMENT, 2009¹⁴ (adaptado)

Em verdade, banheiros separadores de urina tem sido usados largamente por centenas de anos e com um manejo bastante cuidadoso da urina (não somente na utilização direta no solo). No Yêmen, por exemplo, a urina é drenada nestes sistemas e evaporada na face externa de sistemas com múltiplas câmaras de estocagem para obter fezes secas que são usadas subsequentemente como combustível. Na Suécia, a urina tem sido utilizada para a cicatrização de feridas e para fabricação de cosmético (ESREY *et al.*, 1998).

¹⁴ Imagem disponível em: <http://www.sustainablesettlement.co.za/howto/urinediv/what.html>. Acessado em julho de 2009.

Segundo Jenkins (1999), existem três tipos de sistemas de banheiros secos: (1) sistema com recipientes móveis (coleta das excretas em pequeno tonel sobre uma estrutura a qual está o assento sanitário); (2) sistema Carrossel (possui vários compartimentos que depois de utilizados são girados para posicionar outro compartimento sobre o sanitário); (3) sistemas com duas câmaras (sistema acima do nível do solo, para que as excretas desçam sobre uma rampa metálica, até uma câmara, utilizando-se uma de cada vez).

Entretanto, Del Porto e Steinfeld (2000) classificam os modelos de banheiros como: (a) auto-coletores (Figura 19) *versus* centralizados (Figura 20); (b) industrializados *versus* construção local (Figura 21); (c) Múltiplas câmaras (Figura 22) *versus* contínuo (câmara única). Os banheiros podem ser chamados de auto-coletores quando o vaso sanitário e um pequeno coletor (ou reator) são uma unidade (modelos típicos usados em pequenas casas ou chalés). Já os centralizados ou remotos são quando o banheiro se conecta a um coletor que se localiza em um lugar diferente. O modelo industrializado ou pré-fabricado é aquele que pode ser comprado e obedece a normas e padrões enquanto que o construído no local pode estar sujeito a dificuldades de conseguir permissão do órgão e agentes de saúde local. Por fim, um sistema contínuo consiste em uma câmara única na qual o excremento é adicionado pelo topo e o produto final é removido por baixo, enquanto que o sistema de múltiplas câmaras utiliza duas ou mais câmaras intercambiáveis. As câmaras são cheias uma de cada vez e com isso permite que o material armazenado avance no processo de compostagem enquanto a outra câmara é usada, exatamente como é feito em compostagens de jardins que possuem duas ou três câmaras.



Figura 16. Exemplo de banheiro seco de sistema pré-fabricado, auto-coletor, de uso contínuo. Modelo Compact ® da SunMar. (a) Vista do exterior. (b) vista do interior com detalhe dos seus componentes.

Fonte: SUNMAR, 2009¹⁵

Este modelo que possui um ventilador do tipo cooler que ajuda na recirculação de ar, uma hélice que ajuda a misturar a matéria e aerar o sistema, além de prover um aquecimento do sistema controlado por um termostato. O material compostado cai em uma gaveta removível.

¹⁵ Imagens disponíveis em: www.sun-mar.com. Acessado em Julho de 2009.

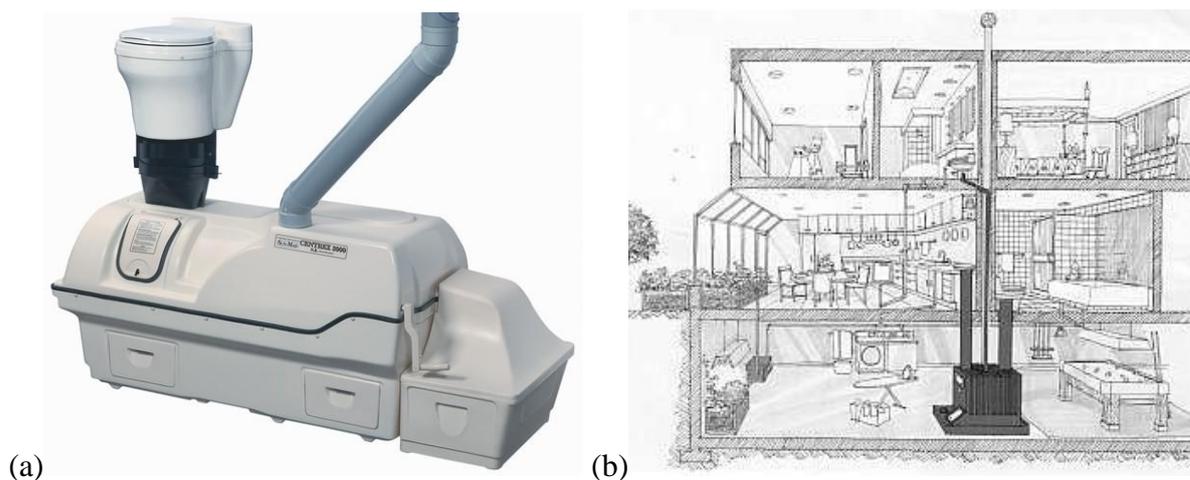


Figura 17. Exemplo de banheiro seco de sistema pré-fabricado, centralizador e de uso contínuo. (a) Modelo Centrex 3000 AF® da SunMar. (b) Aplicação de modelos centralizadores em edifícios de mais de um pavimento. Fonte: SUN MAR, 2009¹⁶.

O modelo Centrex da SunMar é um dos modelos de maior capacidade, comportando a utilização de 7 a 9 pessoas para casas de fim de semana ou de férias e de 4 a 6 pessoas para uso residencial. Este modelo 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 e contribuindo para manter o material úmido.

¹⁶ Imagens disponíveis em: <http://www.sun-mar.com/>. Acessado em Julho de 2009.



Figura 18. Exemplo de banheiro seco de fabricação local, centralizador, de múltiplas câmaras. Detalhe das câmaras de compostagem do banheiro seco do IPEC. Fonte: IPEC, 2009

O modelo do IPEC é um modelo de dupla câmara de uso alternado. Ele é construído em alvenaria, de fabricação local, neste caso o banheiro fica no pavimento superior e as câmaras abaixo. É um modelo simples e não há equipamentos suplementares como termostatos, ventiladores e aquecedores elétricos. As câmaras são voltadas para a face norte onde, nas regiões do Hemisfério Sul, recebe uma maior irradiação solar durante o dia. O aquecimento então é gerado pela energia solar.

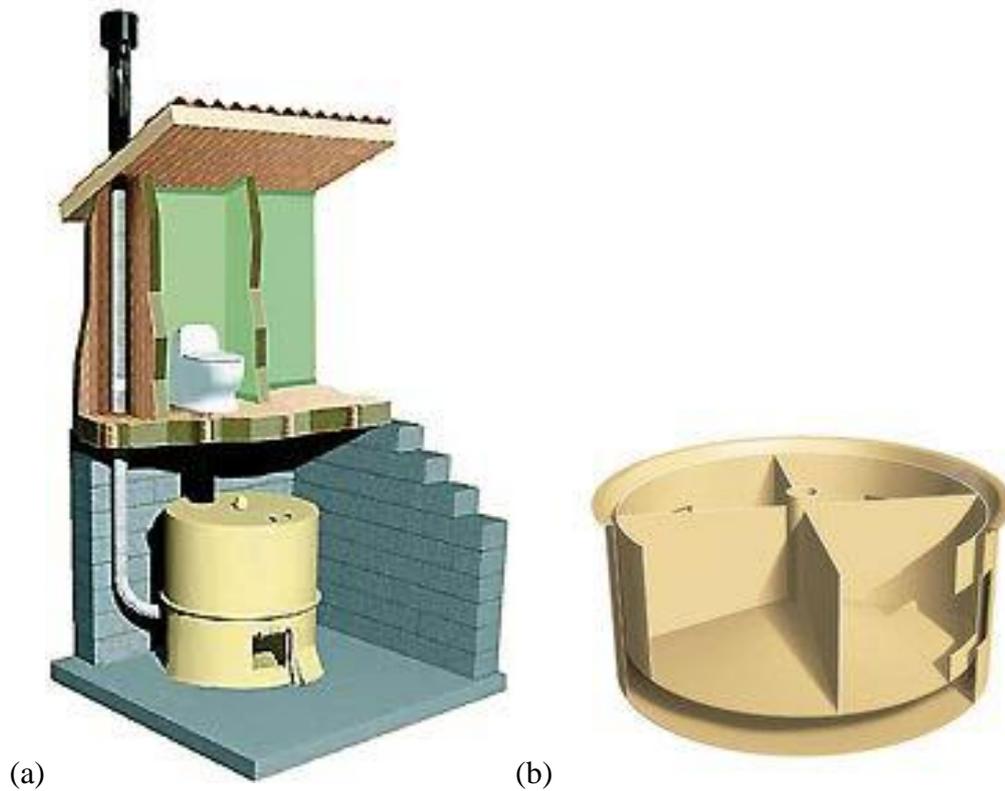


Figura 19. Exemplo de banheiro seco pré-fabricado, do tipo centralizador, de múltiplas câmaras. (a) Maquete do modelo Carrossel da EcoTech. (b) Detalhe interno do coletor. Fonte: ECOTECH, 2009¹⁷.

O modelo Carrossel é um container cilíndrico de fibra de vidro que consiste em uma câmara externa e uma câmara interna. A câmara interna é dividida em quatro compartimentos compostadores com buracos de drenagem no fundo. Quando os compartimentos estão cheios, o próximo passa a ser utilizado. O chorume é drenado para o fundo da câmara externa, onde ele é evaporado ou drenado.

Em adição, os banheiros secos podem vir a ser classificados também como passivos ou ativos. Sistemas passivos são geralmente reatores simples de decomposição nos qual a mistura EPHA (excrementos, papel higiênico e aditivos) 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

¹⁷ Imagens disponíveis em: <http://www.ecological-engineering.com/carousel.html>. Acessado em Julho de 2009.

pilha de matéria orgânica, aquecedores acrescidos de termostatos, ventiladores etc. (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

2.6.2. Compostagem

O que é comum entre todos estes modelos de banheiros secos é que todos utilizam o processo de compostagem para o tratamento dos resíduos humanos. A compostagem é então o ponto central de toda a questão colocada até agora. A compostagem, em seu sentido mais simplificado foi amplamente praticada desde a antiguidade por diversas sociedades humanas. Entretanto, aparentemente, as pesquisas com o processo de compostagem nos Estados Unidos começaram somente por volta de 1880. Uma das primeiras publicações nos Estados Unidos foi feita em dezembro de 1888¹⁸ (EPSTEIN, 1997). Todavia, na década de 1970 e 1980 a compostagem, nos países desenvolvidos, perdeu a sua popularidade como método de gestão dos resíduos urbanos, principalmente porque a qualidade dos resíduos se tornou cada vez mais inadequada para a utilização do processo e também, devido à inexistência de mercado para o produto acabado (PEREIRA NETO, 1996).

No entanto, diversos autores, como por exemplo, Kapanen e Itävaara (2001), Mitsch e Jorgensen (2003), Veras e Povinelli (2004) e Davison *et al.* (2006) chamam a atenção para o crescente interesse pela compostagem nos dias atuais. Eles sugerem que este interesse tenha se originado da combinação dos seguintes fatores: o aumento da quantidade de resíduos sólidos rejeitados pelo homem, a redução da disponibilidade de áreas para deposição dos rejeitos e a demanda crescente de desenvolvimento de tecnologias de baixo custo para o tratamento deste material após o estabelecimento de novos requisitos de reciclagem dos resíduos provenientes da sociedade moderna. Além disso, até mesmo o aterro sanitário está se tornando mais caro e, sendo assim, empresas e indústrias estão subsequentemente tendo que procurar por maneiras mais baratas de se livrar de seus resíduos. Na Europa, onde o espaço

¹⁸ Bulletin No. 61 by North Carolina Agricultural Experiment Station, December of 1888, XI – Formulas, Analyses, and Value.

territorial é escasso, muitos países estão considerando o tratamento biológico dos resíduos sólidos o método mais apropriado de gestão de resíduos.

Para Zucconi e De Bertoldi (1987), um dos propósitos primordiais da compostagem é converter o material orgânico que não está em condições de ser incorporado no solo em um material que possa ser adicionado ao solo aumentando a qualidade do mesmo. Neste processo, ocorre a conversão de nitrogênio da forma instável, com a utilização do carbono como fonte de energia, para formas orgânicas estáveis que podem ser utilizadas pelas plantas. Ocorre também a redução do volume do material fresco e melhoraria nas características físicas e físico-químicas do mesmo (IMBEAH, 1998).

Haug (1993) define compostagem por:

Decomposição biológica e estabilização dos substratos orgânicos, sob condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas, como resultado de uma produção biológica de calor, para produzir um produto final que é estável, livre de patógenos e sementes de plantas e que é benéfico ao aplicar no solo (p.1, tradução nossa).

Pereira Neto (1996) ressalta o papel fundamental do envolvimento humano na formação do ambiente microbiano necessário para a o processo de compostagem e da manipulação dos componentes envolvidos resultando em uma aceleração do mesmo. Haug (1993) acrescenta que a maioria das estabilizações biológicas e processos de conversão lidam com soluções diluídas em água, onde somente elevações limitadas de temperatura são possíveis. Temperaturas termofílicas em soluções aquosas só podem ser atingidas se as concentrações de substratos forem muito altas e provisões adicionais para aeração sejam empregadas. A parte destes casos, compostagem é a melhor forma de obter altas temperaturas para materiais sólidos ou semi-sólidos.

A compostagem em pequena escala de resíduos orgânicos domiciliares atende aos preceitos estabelecidos na legislação ambiental da maioria dos países, a exemplo da Diretriz

da Comunidade Comum Européia sobre disposição de resíduos em aterros sanitários N^o 1999/31/EC de julho de 1999¹⁹

Vários são os fatores que influenciam no processo de compostagem e muitos deles podem ser monitorados utilizando-se técnicas adequadas. O controle de parâmetros tais como tamanho das partículas, umidade, aeração, temperatura e pH podem acelerar o processo. A homogeneização da massa de resíduos ou o uso de aditivos tais como, pó-de-serra ou cinzas de combustão de madeira podem auxiliar nesse controle. (HAUG, 1993).

Os materiais utilizados para a compostagem podem ser divididos em duas classes, a dos materiais ricos em carbono (Verdes) e a dos materiais ricos em nitrogênio (Castanhos). Entre os materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos como a casca de árvores, a serragem, as podas dos jardins, folhas, palhas, fenos e papel. Entre os materiais nitrogenados incluem-se as folhas verdes, estrumes, urina, solo, restos de vegetais hortícolas, ervas, etc (PEREIRA NETO, 1996). Componentes ricos em carbono servem como uma fonte de energia para a manutenção e crescimento microbiano. O coeficiente Yield, que mede a quantidade de carbono incorporado dentro das células por unidade de carbono degradado, varia de 10% a 35%, dependendo do conteúdo de energia do substrato, organismos decompositores e condições ambientais (RYCKEBOER *et al.*, 2003).

A relação C/N ideal para a compostagem é frequentemente considerada como 30. Dois terços do carbono são libertados como dióxido de carbono que é utilizado pelos microrganismos para obter energia e o outro terço do carbono em conjunto com o nitrogênio é utilizado para constituir as células microbianas (VIANA, MARAGNO, TROMBIN, 2007)

A aeração também é fundamental para manter as condições aeróbicas dentro do material em processo de formação do composto (CHEREMISINOFF, 1994). Esta aeração é influenciada diretamente pela dimensão das partículas inseridas no sistema. A decomposição por microrganismos ocorre predominantemente no fino filme líquido (biofilmes) na superfície das partículas orgânicas. Como as partículas pequenas têm uma superfície

¹⁹ Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros JO L 182 de 16.7.1999, p. 1—19 (ES, DA, DE, EL, EN, FR, IT, NL, PT, FI, SV)

específica maior, estas serão decompostas mais rapidamente desde que exista arejamento adequado. Partículas muito pequenas propiciam a compactação da pilha e exigem que sejam adicionados sistemas auxiliares de bombeamento de ar para atingir o nível de oxigênio necessário para o sistema. Partículas muito grandes podem ser boas para o arejamento da pilha e com isso evitar a utilização de um sistema de arejamento forçado, mas podem também tornar o processo mais lento na medida em que os biofilmes demoram mais para serem formados. Assim, para uma maior eficiência, Cerri *et al* (2008) afirmam que o ideal é utilizar partículas intermediárias entre 3 e 7,5 cm.

A umidade adequada também é essencial para a atividade microbiana. Os materiais secos não decompõem eficientemente. Entretanto, o excesso de umidade pode levar a uma condição anaeróbia, diminuindo o processo de degradação e causando odores desagradáveis. Uma causa importante de odor é atribuída à geração de sulfetos, principalmente ao sulfeto de hidrogênio (H₂S), decorrente da atividade microbiana.

Como o processo de compostagem tende a ser um processo de secagem, devido ao calor provocar a evaporação de água, é conveniente iniciar o processo de compostagem nos valores superiores de umidade. Aproximadamente 50 a 55% é a taxa de umidade que se aconselha para começar o processo e de 20 a 40% ao longo do mesmo (HAUG, 1993). Taxas superiores a 65% são consideradas como condições de anaerobiose, pois a alta umidade pode causar uma depleção de oxigênio e perda de nutrientes para o chorume. Na subsequente condição anaeróbia a taxa de decomposição decresce e os problemas com odor aumentam (RYCKEBOER *et al*, 2003).

O chorume é o líquido resultante dos processos biológicos, químicos e físicos da decomposição de resíduos orgânicos. Pode ser definido pela fração líquida de coloração escura, que contém altas concentrações tanto de compostos orgânicos, como carboidratos, proteínas e gorduras, quanto de inorgânicos, tais como, metais pesados e sólidos suspensos. Além disso, por ser constituído de substâncias altamente solúveis, o chorume pode atingir corpos d'água superficiais ou mesmo infiltrar no solo e alcançar águas subterrâneas, comprometendo a qualidade da água, bem como desperdiçando sua possível reutilização e reciclagem (CELERE *et al.*, 2007).

A decomposição se torna um produto de várias fases distintas de ascensão e queda de temperatura. Essas fases são somente um reflexo das sucessíveis atividades microbianas que realizam a degradação e aumentam a quantidade de matéria orgânica recalcitrante. A diversidade microbiana permite que o processo de compostagem continue apesar da constante mudança ambiental e variações nas condições nutricionais na pilha de matéria orgânica (GRAVES *et al.*, 2000).

Assim, o processo de compostagem pode ser dividido em quatro fases: (1) Durante a primeira fase há uma proliferação de uma população diversificada de bactéria e fungos mesofílicos que degradam os nutrientes facilmente disponíveis elevando a temperatura até cerca de 45°C. Neste momento a atividade deles cessa, as células vegetais e as hifas morrem e somente os esporos resistentes sobrevivem. (2) Após um curto período de retardamento (nem sempre discernível) ocorre então um segundo aumento mais ou menos abrupto na temperatura. Essa segunda fase é caracterizada pelo desenvolvimento de uma população microbiana termofílica compreendida por algumas espécies de bactérias e fungos. A temperatura desses microorganismos está entre 50 e 65°C e suas atividades terminam entre 70 e 80°C. (3) A terceira fase pode ser considerada como um período estacionário sem nenhuma mudança significativa na temperatura, já que a produção de calor e a dissipação do mesmo se balanceiam. A população microbiana continua consistindo das mesmas bactérias e fungos da fase anterior. (4) A quarta fase é caracterizada por um declínio gradual da temperatura, que é mais bem descrita como fase de maturação do processo de compostagem. Os microorganismos mesofílicos que sobreviveram às altas temperaturas ou que invadiram durante a fase de esfriamento sucedem os termofílicos e estendem o processo de degradação na medida em que este se destina (KUTZNER, 2000). A maturação do composto nada mais é do que a humificação da matéria orgânica, ou seja, a transformação do composto em húmus (VERAS e POVINELLI, 2004).

A atividade microbiana total em compostagens de resíduos domésticos e de jardins decresce durante a fase termofílica, em seguida aumenta substancialmente e decresce novamente durante a maturação. As bactérias são dominantes durante a fase termofílica enquanto que fungos, streptomycetes e leveduras, ficam abaixo dos limites de detecção. Diferentes populações bacterianas são encontradas nas fases termofílicas e mesofílicas. Em

resíduos frescos e durante o período de pico na fase de aquecimento, todas as bactérias isoladas são bacilos. Durante as fases de esfriamento e maturação a diversidade de bactéria aumenta, incluindo tanto outras Gram positivas quanto Gram negativas. Entre os fungos *Aspergillus* spp. e *Mucor* spp. Foram predominantes após a fase termofílica (RYCKEBOER *et al.*, 2002).

Os fungos podem sobreviver em uma faixa ampla de pHs e geralmente apresentam uma demanda mais baixa por nitrogênio do que as bactérias. Portanto, os fungos apresentam, a princípio, uma vantagem sobre as bactérias em ambientes deficientes em nitrogênio. Em pHs acima de 5,2, a disponibilidade de Fe, Mn, Zn, Cu e Co é reduzida. E quando o pH aumenta acima de 7,4 esta disponibilidade é reduzida ao mínimo (HAUG, 1993).

O aquecimento gerado durante o processo é devido à liberação de calor pela atividade metabólica microbiana através da degradação de carboidratos na presença de oxigênio gerando gás carbônico e água (respiração) que pode ser representado por:



Kiehl (1985) ressalta que o metabolismo dos microrganismos é exotérmico e na fermentação aeróbia, principalmente, desenvolve-se um natural e rápido aquecimento da massa com a multiplicação da população microbiana, produzindo temperaturas acima de 70°C.

A atividade destes microrganismos é incentivada através da gestão da taxa de carbono-nitrogênio (C:N), do suprimento de oxigênio, da quantidade de umidade, temperatura e pH da pilha de compostagem (GRAVES *et al.*, 2000).

Na realidade, Haug (1993) afirma que a biodegradabilidade da matéria orgânica pode estar relacionada à quantidade de matéria vegetal adicionada e o conteúdo de lignina. Isto pode ser analisado pela fórmula:

$$\text{Fração biodegradável de sólidos voláteis (s.v.)} = 0,830 - 0,028 \times \text{conteúdo de lignina em \% de s.v.}$$

De acordo com essa fórmula um substrato que não contém lignina alcança um máximo de degradabilidade de apenas 83%, já que a decomposição de substratos orgânicos é

conjugada com a produção de subprodutos bacterianos e alguns deles não são facilmente degradáveis.

Ekinci *et al.* (2004) afirmam que o controle da temperatura é importante não somente para a destruição dos patógenos, mas também para melhorar as taxas de respiração, remover a umidade e estabilizar o composto. A compostagem realizada em grande e em pequena escala é especialmente indicada para resíduos sólidos com grande teor de celulose e lignina, tais como resíduos de jardinagem e poda. Para que se estabeleça um processo de compostagem eficiente, a taxa ótima inicial de carbono e nitrogênio C/N no material a ser compostado está ao redor de 25/30, sendo que a taxa C/N no composto final obtido é de 10/20 (CHEREMISIONOFF, 1994).

Pesquisadores da agencia dinamarquesa de proteção ambiental desenvolveram um estudo para determinar a ocorrência e a sobrevivência de vírus em fezes humanas compostadas. Neste estudo, Guardabassi, Dalsgaard e Sobsey (2003) relatam que nenhum dos vírus patógenos conhecidos que ocorrem em fezes humanas consegue sobreviver ao processo de compostagem se o processo é propriamente realizado, em concordância com a legislação de compostagem dinamarquesa e de outros países Europeus. Em particular, a exposição de 55°C por duas semanas (isto é, em compostagem controlada) ou a 70°C por uma hora (ou seja, sanitização controlada), como requer a legislação dinamarquesa, aparentemente garante a completa inativação de todos os patógenos virais que ocorrem nas fezes humanas. A inativação viral durante o processo se dá principalmente pelo aquecimento gerado pela decomposição microbial, que gera um dano irreversível à estrutura viral. Os vírus são também inativados pela atividade antiviral de enzimas proteolíticas produzidas pelas bactérias e pela liberação da amônia resultante da degradação protéica. Guardabassi, Dalsgaard e Sobsey (2003) acrescentam que:

A eficiência da compostagem na inativação viral vem sendo demonstrada por diversos estudos em compostagem de lodo proveniente do esgoto, fezes de animais e outros tipos de resíduos orgânicos. Todavia, alguns estudos têm chamado atenção sobre a dificuldade da manutenção dos parâmetros necessários (temperatura, aeração e umidade) e o controle deles na operação prática rotineira, em particular para sistemas de leiras (sistemas *windrow*) (p.7, tradução nossa).

As leiras pelo sistema *windrow* de compostagem são sistemas dinâmicos de dimensões pré-definidas edificadas de tal forma a aperfeiçoar a entrada de oxigênio no sistema (Figura 13). Costumam ser aplicadas em operações de larga escala, como no caso do tratamento do lixo orgânico municipal. Compostagem utilizando este método requer manutenções e cuidados para edificar e manter as pilhas, é necessário estar periodicamente revirando para provocar aeração e umidificação e monitorando o processo como um todo (KOMILIS e HAM, 2004).



Figura 20. Sistema de compostagem por leiras. Fonte: <http://corkfoodweb.ning.com/group/compost>

Segundo Sidhu *et al.*, (2001) crescimento de bactérias patogênicas em materiais que contém outros microorganismos ativos como a matéria orgânica compostada é menor que em materiais onde não há essa atividade microbiana.

Guardabassi, Dalsgaard e Sobsey (2003) afirmam que:

Sistemas fechados são mais seguros para a compostagem das fezes humanas, já que eles garantem um melhor controle destes parâmetros. Em contraste, sistemas abertos não garantem a eficiência da exposição ao calor e a eliminação dos vírus devido à influência da temperatura ambiente na superfície das pilhas. Pilhas estáticas aeradas possuem uma eficiência intermediária na remoção de patógenos e seu uso é

apropriado para situações onde o uso de reatores fechados não são financeiramente viáveis (p.8, tradução nossa).

2.6.3. Operação e manutenção do banheiro seco

Segundo Porto e Steinfeld (2000) um banheiro seco propriamente construído e operado é capaz de reduzir o volume dos resíduos para 10 a 30% do seu volume original. Ao fazer o processo ativo, o tamanho do coletor pode ser reduzido, porque a eficiência da compostagem é maior, o processo é acelerado e com isso o volume de material é reduzido rapidamente. Sistemas passivos são concebidos para aperfeiçoar o processo através de seu design e não na ação mecânica, permitindo que somente o tempo, a gravidade, a temperatura ambiente e o tamanho do coletor controlem o processo. Banheiros de processo passivo são frequentemente tratados como banheiros de decomposição, já que o processo funciona de uma maneira natural em um ambiente fresco com temperaturas iguais ou inferiores que 20 °C. Quando adequadamente produzido e aplicado o composto orgânico pode se constituir em material de boa qualidade para melhorar as características físicas e físico-químicas do solo (CORRENTE, NOGUEIRA e COSTA, 2001).

A taxa ideal de C:N para compostagem em banheiros secos está estimada entre 15:1 e 30:1. Como a excreta humana geralmente possui uma taxa C:N de 5:1, é necessário então que haja a adição de material rico em carbono. A serragem e papel higiênico são adicionados como materiais absorventes para a urina e fezes e são fundamentais para o ajuste de umidade e o aumento da taxa de C:N (REDLINGER *et al.*, 2001).

Willson *et al.* (1980) chamam atenção para o considerável debate sobre o uso de inóculos durante o processo de compostagem. Vários autores como Büttgenbender (2004) e Pereira Neto (1996) defendem que a adição de cepas especiais microorganismos, ou de outros

inoculantes biológicos tais como esterco de gado e composto maturado proveniente de sistemas de compostagem termofílica em leiras estáticas, são necessários para assegurar o êxito da compostagem. Além disso, ativadores químicos, como enzimas e hormônios e outras substâncias podem também ser um fator de aceleração do processo. Alguns destes produtos são comercialmente disponíveis. No entanto, Willson *et al.* (1980) reforçam que a maioria dos resíduos orgânicos e resíduos já são colonizados com grande número de microorganismo com vastas capacidades fisiológicas, e firmam que mais estudos são necessários para indicar se o acréscimo de inoculantes e outros aditivos são realmente eficazes.

O uso de ventiladores para aumentar a aeração também é muito comum nos processos de compostagem, como ressalta Del Porto e Steinfeld (2000); Ekinci *et al.* (2004) afirmam que o controle da aeração em compostagem é essencial para manter as temperaturas em sua faixa ótima. Em muitos casos, ao satisfazer os critérios necessários de temperatura, os requerimentos de oxigênio são também encontrados. Estes, apontam que a taxa de aeração medida por *feedback* de temperatura foi estudada por diversos pesquisadores que foi usada para maximizar taxas de decomposição e otimizar a atividade biológica mantendo o oxigênio residual a níveis de >10%, demonstrando uma diminuição do tempo de compostagem. Para isso são inseridos sensores de temperatura na mistura em compostagem que geram um sinal de controle para a taxa modulada de fluxo de ar ou dos ventiladores que são capazes de controlar a ventilação do sistema. Porém, os autores chamam atenção também para a necessidade de uma correta colocação e posicionamento dos mesmos.

Pode-se ainda adicionar aos banheiros um sistema de vermicompostagem. A vermicompostagem é uma variante da tecnologia de compostagem. Nela são utilizadas minhocas para produção de um vermicomposto. Este se constitui do conjunto da matéria orgânica humificada e excrementos de minhocas húmus (VERAS e POVINELLI, 2004).

Frederickson *et al.* (1996), combinaram experimentalmente o sistema de compostagem convencional ao sistema de vermicompostagem e chegaram à conclusão de que a vermicompostagem é capaz de acelerar a estabilização da matéria orgânica. Os mesmos afirmam que é possível que um importante fator para aumento da estabilização com o regime de vermicompostagem foi a temperatura mais baixa (em torno de 20°C) comparada à compostagem convencional. Os autores exemplificam que fungos associados ao processo de

decomposição da celulose e da lignina são sabidamente mais favoráveis às temperaturas mesofílicas do que as termofílicas atingidas pela compostagem. O que corrobora a visão favorável à combinação da compostagem à vermicompostagem. Entretanto, os mesmos ressaltam que para assegurar uma eficiência máxima durante a fase de vermicompostagem, a pré-compostagem deve ser mantida por um período mínimo para que componentes sólidos voláteis sejam reduzidos por aproximadamente 30%.

Banheiros secos com sistemas de vermicompostagem são muito comuns, principalmente em sistemas aplicados em propriedades rurais ou de veraneio. O premiado banheiro do IPEC, denominado *Húmus sapiens*, já citado anteriormente, é um dos exemplos de sistemas conjugados.

Capítulo III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. A EXPERIÊNCIA NA UFSC

A elaboração do projeto teve por base nas pesquisas realizadas na literatura durante o ano de 2006 e 2007 e na experiência do professor coordenador do projeto Wilson Jesuz da Cunha Silveira. O modelo projetado foi cunhado com base nos modelos de banheiros secos disponibilizados na rede e em conceitos da arquitetura bioclimática.

Um dos objetivos do projeto era de edificar um protótipo de Banheiro Seco modelo no *campus* da Universidade Federal de Santa Catarina, que, seguindo a linha das Universidades Americanas que procuram adotar novas tecnologias que contribuam com o uso racional dos recursos naturais, trouxesse uma forma para economia de água, além de ajudar a difundir um novo paradigma para utilização da mesma. O objetivo principal foi desenvolver um protótipo capaz de tratar os resíduos sólidos humanos e ao mesmo tempo trazer princípios e dispositivos de comodidade e conforto para os seus futuros usuários, a partir de algumas tecnologias e inovações desenvolvidas pela equipe. Por fim, outro objetivo foi utilizar de matérias primas locais, como por exemplo, o solo, que pode ser estabilizado a partir do acréscimo de cal e água, e, subsequentemente socado para então obter uma massa sólida e resistente.

Além disso, para a edificação do protótipo a equipe do projeto desenvolveu seis cursos de capacitação de mão-de-obra elaborados com temáticas-chaves para cada etapa da edificação. As temáticas foram: formação de monitores (para estudantes da UFSC), estes auxiliariam os trabalhos nos outros cursos; carpinteiro de formas; concreto pré-moldado e argamassa armada; paredes monolíticas de solo estabilizado compactado; tijolos de solo estabilizado prensados; acabamentos.

Os cursos de qualificação de mão-de-obra seriam ministrados com base no método “aprender fazendo”, que visa diminuir ou mesmo eliminar a relação de dependência entre subordinado e chefe. Desta forma os cursos de capacitação ofereceriam à população uma oportunidade de emprego qualificado, transformando trabalho autônomo em renda, incentivando a montagem de uma cooperativa. Serviriam, também, para difundir o sistema de

construção e o protótipo, criando um contingente de pessoas aptas a executar este sistema sanitário e as técnicas construtivas propostas e já citadas (DIAS, 2008).

3.2. ANÁLISES DOS PROTÓTIPOS EM FUNCIONAMENTO

3.2.1. Objeto de estudo

3.2.1.1. Banheiro seco da ACEPSJ

O Banheiro Seco em questão está localizado no Centro de educação da Associação Ambientalista Comunitária Espiritualista Patriarca São José – ACEPSJ, na cidade de Florianópolis, SC. Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina e uma das três ilhas-capitais do Brasil (Ilha de Santa Catarina, visualizada na figura 14). Destaca-se por ser a capital brasileira com o melhor índice de desenvolvimento humano (IDH), da ordem de 0,875, segundo relatório divulgado pela ONU em 2000²⁰.

²⁰ ONU. *Ranking decrescente do IDH-M dos municípios do Brasil. Atlas do Desenvolvimento Humano*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (2000). Página visitada em 11 de outubro de 2008.



Figura 21. Ilha de Santa Catarina. Fonte: <http://www.flickr.com/photos/xdatap1/244499740/>

Por seu aspecto insular possui clima bem definido com temperatura média de 20,4°C. A estação mais quente possui temperatura média entre 28 a 31°C, e a média da estação mais fria está entre 7,5 a 12°C. Os ventos predominantes no verão agem no quadrante NE e N, e os de inverno no quadrante Sul (MARTINS, 2007). Este clima é uma transição entre o clima tropical quente das latitudes baixas do Brasil, e temperado mesotérmico das latitudes médias da região Sul, acaba sendo um prolongamento climático da região Sudeste. As frentes frias e a própria localização geográfica, faz com que o clima desta cidade mostre-se constantemente úmido e com quedas bruscas de temperatura durante todo o ano. (PAPST, 1999).

A Associação está localizada no norte da Ilha de Santa Catarina, no bairro da Vargem Grande, na Bacia Hidrográfica do Ratoles (Figura 25).

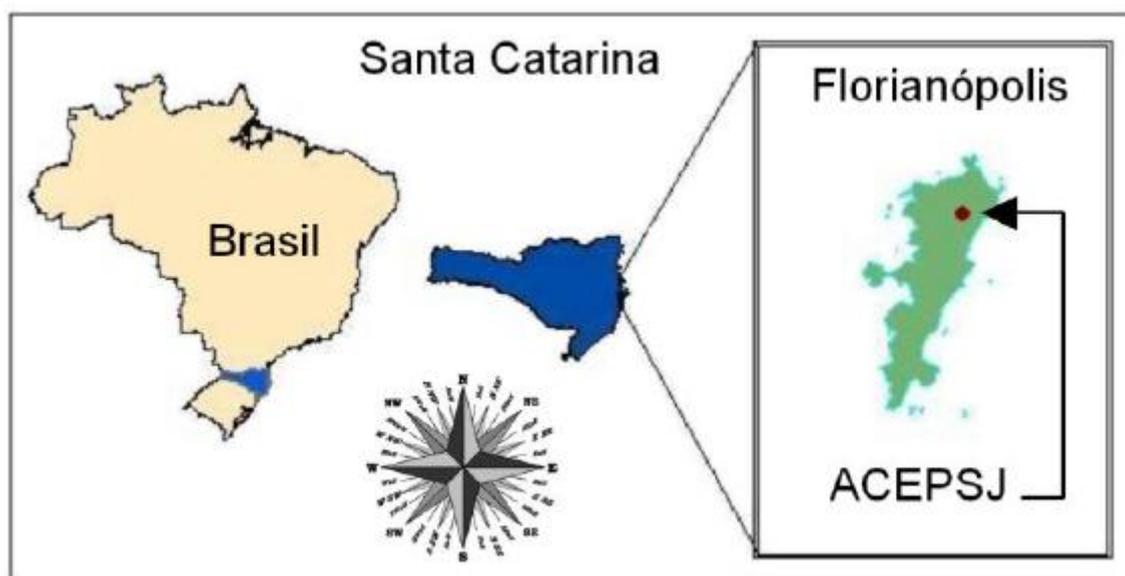


Figura 22. Localização da ACEPSJ. Fonte: MARTINS, 2007

A associação é composta de 67 Ha divididos em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Preservação com uso Limitado (APL) com diversos mananciais. Destes, por volta de 30 hectares são utilizados para o desenvolvimento de projetos ambientais, eventos e trabalhos cooperativistas (ACEPSJ, 2008). Segundo Martins (2007) a Associação é formada por uma Comunidade, fundamentada em princípios ecológicos e espiritualistas, e existem esforços para a manutenção e o desenvolvimento do assentamento de uma maneira dita sustentável. Esta se constitui em uma organização de caráter ambiental, comunitário e espiritual, bem como uma Organização não Governamental (ONG), e possui aspectos que funcionam como uma cooperativa.

A organização da associação foi iniciada em 1987 a partir de um grupo de famílias e foi oficialmente fundada em maio de 1996. Segundo o relatório²¹ fornecido pelos administradores da ONG, a comunidade conta atualmente com aproximadamente 80 pessoas morando em residências próprias e nove edificações coletivas: laboratório fitoterápico, Centro de Convivência para duzentas pessoas, Centro de Educação, cozinha comunitária, alojamento

²¹ Relatório referente ao ano de 2007.

para dezesseis pessoas, secretaria, dois banheiros públicos, viveiro de mudas nativas da Mata Atlântica, minhocário e um açude. Recebe uma média de seis mil visitantes por ano, vindos de diversas partes do Brasil e do mundo para participar das atividades da ONG. A Figura 26 mostra uma vista da área central da comunidade, o banheiro seco estudado se localiza entre a casa visualizada no canto superior esquerdo e o centro de vivência no canto direito.



Figura 23. Vista superior da ACEPSJ. Fonte: MARTINS, 2007.

Martins (2007) pesquisou os sistemas de esgotamento sanitário presentes na comunidade. Em seu estudo, o autor verificou que o sistema mais utilizado (58% das residências) é a fossa rudimentar. Sendo esta um tipo de tanque séptico não impermeabilizado. O segundo sistema mais presente, 18% dos casos, é o círculo de bananeiras. Em somente 12% dos casos está presente o Banheiro Seco. A Bacia de Evapotranspiração é utilizada em 6% dos casos. Esta consiste em um sistema também utilizado pela permacultura, no qual se utiliza espécies vegetais para absorverem os nutrientes

provenientes nos dejetos humanos e a água remanescente. Fossas sépticas aparecem em 6% das respostas (Gráfico 8).

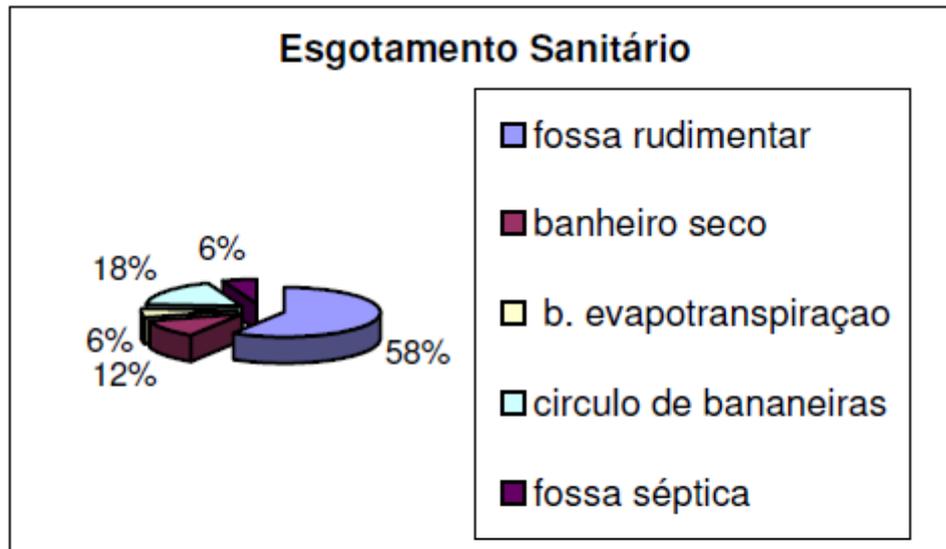


Gráfico 8. Sistemas de esgotamento sanitário encontrados na ACEPSJ. Fonte: MARTINS, 2007.

O banheiro seco estudado neste trabalho está localizado no centro de educação, situado na entrada da comunidade (Figura 27).



Figura 24. Centro educacional da ACEPSJ. Vista da parte de entrada. Fonte: Arquivo pessoal

O banheiro seco do centro de educação está dividido em masculino e feminino, mas, por estes estarem diretamente interconectados, foram considerados como um sistema único. Em relação ao uso destes banheiros, os responsáveis pelo centro de educação estimam que a comunidade receba cerca de 6.000 visitantes por ano e que aproximadamente 1/5 dos visitantes o utilizem pelo menos uma vez no ano, dando um total de 1.200 pessoas ano. Ou seja, uma estimativa de uso de 100 visitantes que usam o banheiro por mês. Já para os sócios moradores e freqüentadores mais ativos, estima-se que eles utilizem os banheiros secos três vezes ao mês. São 80 pessoas nesta categoria o que nos dá uma projeção de 240 usos do banheiro por mês. Somando-se os visitantes com os sócios moradores e usuários mais ativos temos um total de 340 usuários/mês. Esta estimativa é um mínimo mediano mensal, entretanto a distribuição de uso não é uniforme. O uso dos banheiros é maior nos festivais de verão (dezembro/janeiro) e inverno (junho/julho), e nos festivais de medicina realizados em fevereiro e julho. No restante dos períodos não é muito utilizado.

Os dois banheiros foram construídos no próprio local e baseiam-se no modelo de banheiro seco com rampa. Este modelo é o modelo mais encontrado na Internet e é o mesmo que foi utilizado para a edificação do banheiro seco do Instituto de permacultura do Cerrado – IPEC, um dos mais populares banheiros secos do Brasil. O mesmo modelo pode ser visualizado no Instituto de Certificação Florestal da Amazônia (IMAFLOA) localizado na

cidade de Piracicaba (SP), o Sítio Beira Serra, em Botucatu (SP) e o a ONG Sítio Sete Lombas no município de Siderópolis (SC).

Este modelo é um modelo de fabricação local podendo ser separador ou não, dependendo da opção adotada pelo responsável da obra (Figuras 28 e 29). Seguindo este modelo, a ONG Sítio Sete Lombas²² disponibiliza as seguintes instruções de edificação e uso:

a) Edificação:

- **Altura da câmara de compostagem:** esta medida se refere ao espaço para a bolsa de ar quente que deverá se formar na parte mais alta da câmara, encostada na parede de trás do sanitário. Se essa dimensão for insuficiente, o ar quente que sobe pela chapa preta e sai pela chaminé, tenderá a escapar para dentro do sanitário provocando um desconforto para o usuário (um arzinho quente subindo entre as pernas), além do odor.

- **Dimensões:** As medidas do sanitário são definidas pelo tamanho das câmaras, da inclinação da rampa e da noção de conforto para as pessoas que vão usá-lo. As câmaras devem ter cerca de 1 metro cúbico de espaço para o material a ser compostado. Portanto, a largura de uma câmara é aproximadamente de 1 m, e o sanitário, como tem duas câmaras, terá 2 m de largura. Para a altura e largura do assento, altura da porta, do teto, etc.

- **A rampa:** inclinação mínima 45°. Para uma boa compostagem, é necessário que o material seja misturado, mas como neste caso é uma tarefa manual indesejável, a rampa possibilita que o produto fecal role envolto em serragem até o final da rampa. Portanto é imprescindível que a rampa seja lisa e que antes do primeiro uso a rampa seja coberta com serragem. Para a serragem parar na rampa pela primeira vez, basta molhar a rampa antes de colocar a serragem.

- **Altura de queda até a rampa:** aproximadamente 80 cm para provocar o início da rolagem.

- **A chapa preta:** provoca o aquecimento do ar das câmaras que entra pelo buraco do assento e sobe pela chaminé. Por isso da importância da chapa ficar (aqui no

²² SETELOMBAS, 2009. Sanitário compostável sítio Sete Lombas. Disponível em: www.setelombas.com.br/2006/04/20/sanitario-compostavel/. Acesso: Julho de 2009.

Brasil) voltada para a face norte (o lado que bate sol o dia todo). E sem barreiras para o sol, como árvores atrás do sanitário.

- **A serragem:** é o que permite, juntamente com o papel higiênico o processo de compostagem (fermentação) da mistura com as fezes, provocada por microorganismos. Uma inovação que fizemos foi incluir uma caixa para o depósito de serragem sob o assento com acesso por uma tampa com dobradiças entre as duas tampas das câmaras. Economiza espaço disponível dentro da casinha, pois dispensa o uso de tambores para isso e aumenta o volume depositado.

b) Como usar:

- Jogar na câmara uma medida de serragem após cada uso;
- Não jogar dentro das câmaras materiais inorgânicos. Disponibilizar um lixeiro no sanitário para objetos como absorventes femininos, fraudas, etc.;
- Os homens devem evitar fazer xixi (fazer no mato ou num coletor apropriado). Já as mulheres pelas dificuldades inerentes (de privacidade) ficam liberadas desta prática. Outra possibilidade é mudar o sistema para que a urina seja captada e não se misture ao composto, pois o excesso de urina vai prejudicar o processo de compostagem.
- É bom colocar um cartaz na porta, pelo lado de dentro, destacando os bons hábitos de uso do sanitário, principalmente se for de uso público.
- Após o uso de uma câmara por um período de 3 a 6 meses passa-se a usar a outra câmara. No final de cada período de repouso retira-se o composto da câmara e alterna-se novamente o uso das câmaras. Para evitar o uso da câmara no período de repouso, foi feito o buraco no assento apenas em uma tampa. Quando da troca da câmara em uso, basta desparafusar as tampas e trocá-las.

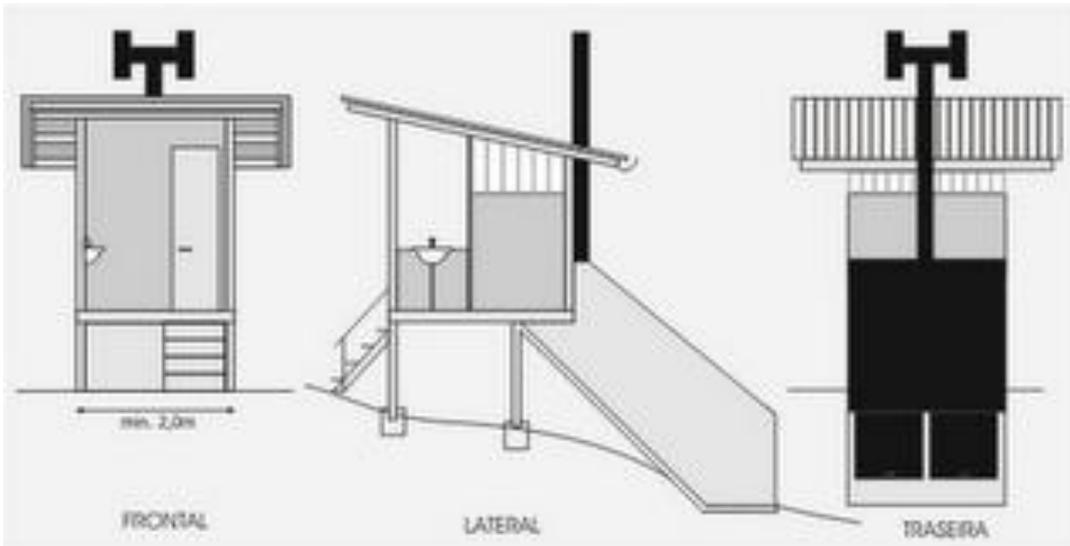


Figura 25. Banheiro seco de fabricação no próprio local, modelo de duas câmaras com rampa. Fonte: SETE LOMBAS, 2009.

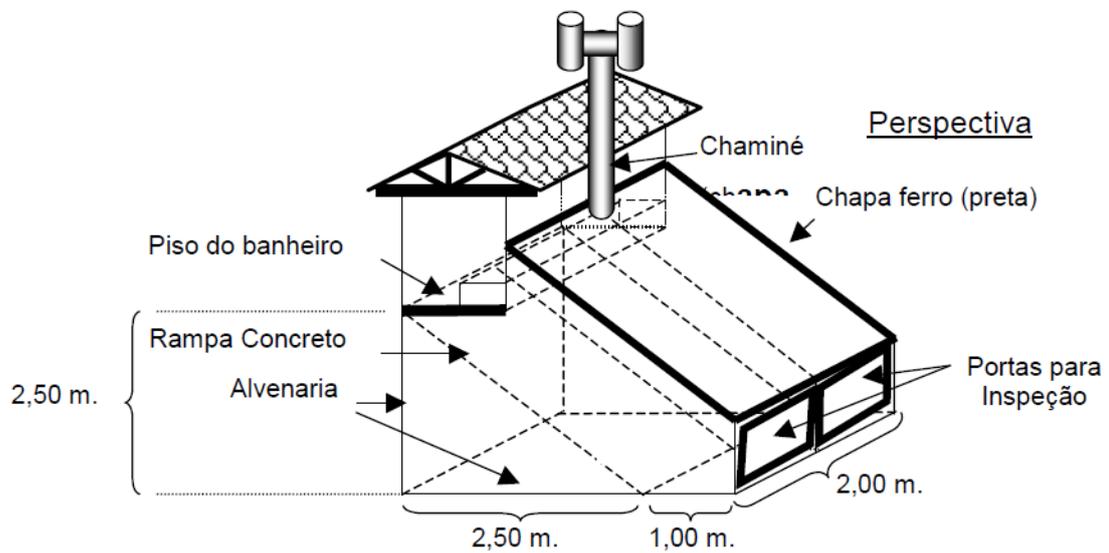


Figura 26. Banheiro seco de São José do Cerrito e Santa Rosa de Lima (SC). Fonte: (ORTIZ, 2003).

Baseando-se neste modelo, o banheiro da ACEPSJ é um modelo não compacto, de múltiplos compartimentos (uma câmara coletora subdividida em pequenos compartimentos - tonéis), ou seja, o material em maturação não entra em contato com o material fresco que é adicionado com o uso; de construção local, feito em alvenaria; e de separação parcial da urina, ou seja, apenas a urina do homem é desviada por meio do uso de um mictório. A figura 30 ilustra a parte de trás do centro de educação onde está localizada a câmara de compostagem e a chaminé do banheiro. As janelas que aparecem no canto esquerdo representam o banheiro feminino e o banheiro masculino da esquerda para a direita respectivamente.



Figura 27. Centro de educação da ACEPSJ. Vista da parte traseira da edificação. Fonte: Arquivo pessoal

A figura 31a ilustra o interior do banheiro feminino e a figura 31b mostra o detalhe do assento sanitário com o reservatório de matéria orgânica seca. Os dois banheiros possuem um lavatório e um acento sanitário que é conectado aos coletores localizados dentro da câmara de compostagem por uma pequena rampa de alumínio (Figura 32a). Os coletores (Figura 32b) são chamados de camburão/latão ou tonel/bombona, dependendo do material de sua fabricação, metal ou plástico respectivamente. Para fins didáticos apenas o nome tonel será utilizado aqui. No banheiro feminino os dejetos são misturados, gerando uma quantidade de

matéria orgânica muito maior e mais úmida quando comparada àquela gerada pelo banheiro masculino.



Figura 28. Interior do Banheiro Seco feminino da ACEPSJ (a). Detalhe do compartimento de armazenamento de serragem e pó de serra ao lado do assento (b). Fonte: Arquivo pessoal.

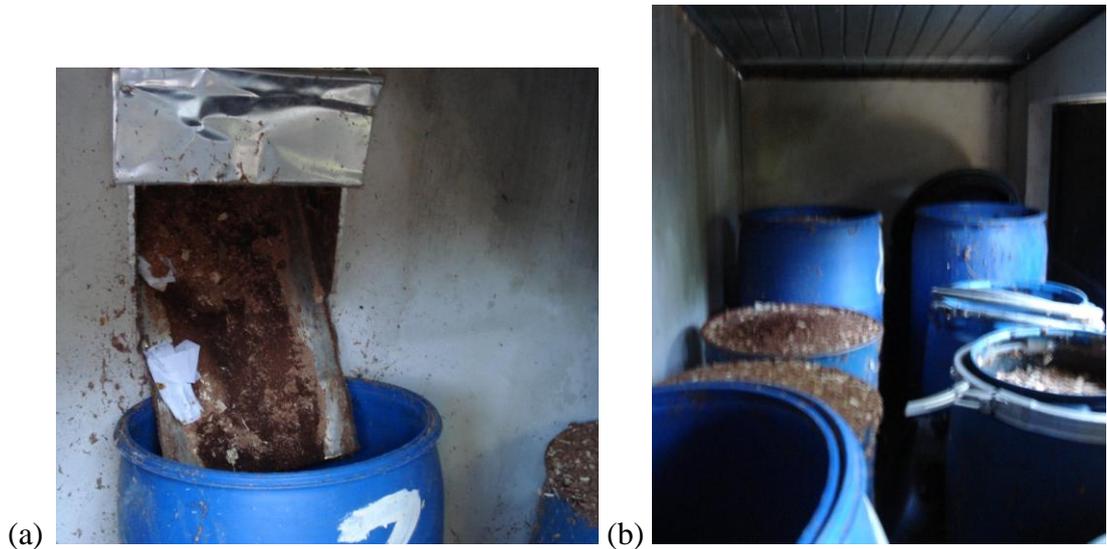


Figura 29. Rampa de alumínio que conecta o vaso do banheiro aos tonéis (a). Câmara de armazenamento dos tonéis, vista do interior (b). Fonte: arquivo pessoal

Os dejetos chegam aos coletores por gravidade. A matéria orgânica seca utilizada como aditivo ao processo de compostagem fica armazenada ao lado do acento em um recipiente embutido. Com o auxílio de um frasco o usuário despeja cerca de 500 cm³ de serragem no bacio após cada vez que utiliza o banheiro. A câmara é revestida externamente de metal pintado de preto que tem a função de provocar um aquecimento e a subsequente convecção dos gases e a ventilação para fora da chaminé. Ambas, a câmara e a chaminé estão voltadas para a direção Nordeste, a qual é mais iluminada. Além disso, a chaminé possui uma altura que ultrapassa o telhado em mais de 1m e esta altura é tida como fundamental para o funcionamento da ventilação. No topo da chaminé foi utilizado um chapéu do tipo Sputnik (Figura 33). Inicialmente o projeto contava com um sensor que liga um exaustor na chaminé que suga o ar da câmara para fora. Entretanto, durante as pesquisas este sistema de ventilação não se encontrava funcionando.

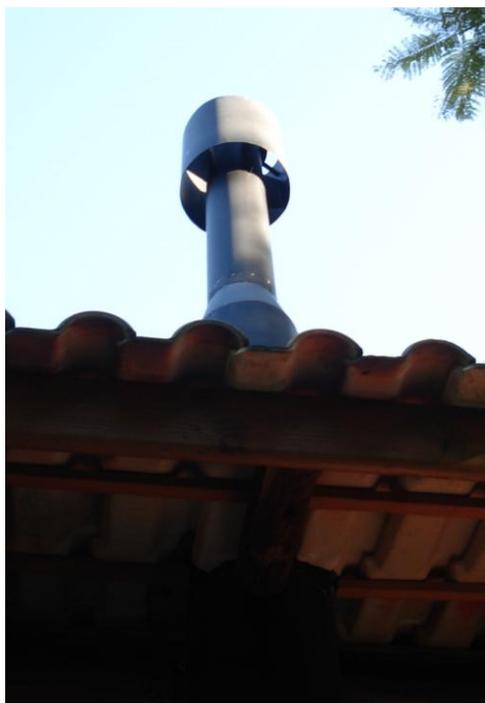


Figura 30. Detalhe do chapéu da chaminé. Fonte: arquivo pessoal

Assim, quando os tonéis do banheiro feminino e masculino estão cheios, são cobertos por uma camada de serragem, deslocados para a parte lateral da câmara e ali mantidos abertos por seis meses. No primeiro semestre de realização desta pesquisa, após este período, os

dejetos eram transferidos para uma caixa de alvenaria dividida em dois compartimentos, um destinado à compostagem do material proveniente dos banheiros e o outro para o lixo orgânico produzido pela cozinha comunitária (Figuras 34a e 34b). Essa caixa, denominada de “acumulador”, possuía um tampa feita de telha ecológica com forro de madeira, as paredes alvenaria e o fundo de chão batido. Os compartimentos eram interconectados por um cano de PVC que permitia a troca de gases entre eles. Além disso, no fundo dos compartimentos havia um pequeno cano de PVC por onde o líquido proveniente dos resíduos da cozinha era escoado e captado por um garrafão de 5L para posterior utilização como fertilizante da horta comunitária. O componente líquido do compartimento dos banheiros não era recolhido devido à sua mínima quantidade.



Figura 31. Acumulador de matéria orgânica da ACEPSJ (a). Detalhe do acumulador (b) Fonte: arquivo pessoal

Após o primeiro semestre da pesquisa, o estoque do composto produzido pelo banheiro seco passou a ser feito em duas caixas d'água de Brasilit® (Figura 35) colocadas em uma área dentro da mata à aproximadamente 20 metros de distancia do centro de educação.



Figura 32. Segundo Acumulador (caixas de água de cimento, amianto). Lugar onde posteriormente passou a se estocar o composto produzido pelos banheiros da ACEPSJ. Fonte: arquivo pessoal

O material produzido pelos banheiros secos está sendo usado na fabricação de mudas de árvores nativas. Para maiores detalhes estes banheiros secos e sua utilização a comunidade disponibiliza um vídeo explicativo no site do Youtube²³.

3.2.1.2. Banheiro Seco Gaia Village

Esse banheiro seco está localizado na ONG Gaia Village, na cidade de Garopaba, SC. O município de Garopaba localiza-se no extremo sul de Santa Catarina a cerca de 90 quilômetros ao sul de Florianópolis e 420 km ao norte da Cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul (Figura 36). Abrange desde a área da Ponta do Faísca (Praia da Gamboa) até a Praia do Ouvidor (IBGE, 2008a). Possui uma população estimada em de 16.399 habitantes e sua

²³ YOUTUBE. Imagens do banheiro seco em estudo e explicações sobre uso e manutenção. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=CnMzf-Cvym4>>. Acesso em 13 de maio de 2008.

economia gira em torno do veraneio, pois a cidade, que tem pouco mais de 15 mil habitantes no inverno, tem esse número multiplicado cerca de seis vezes no verão (IBGE, 2008b).



Figura 33. Localização do município de Garopaba. Fonte: Governo do Estado de Santa Catarina, 2009²⁴

O Local de Estudo, Gaia Village, se situa em Garopaba especificamente em uma área que abrange desde a praia do ouvidor até aproximadamente nos limites da Lagoa da Encantada (Figura 37).

²⁴ Imagem disponível em: www.sc.gov.br/. Acessado em Julho de 2009.

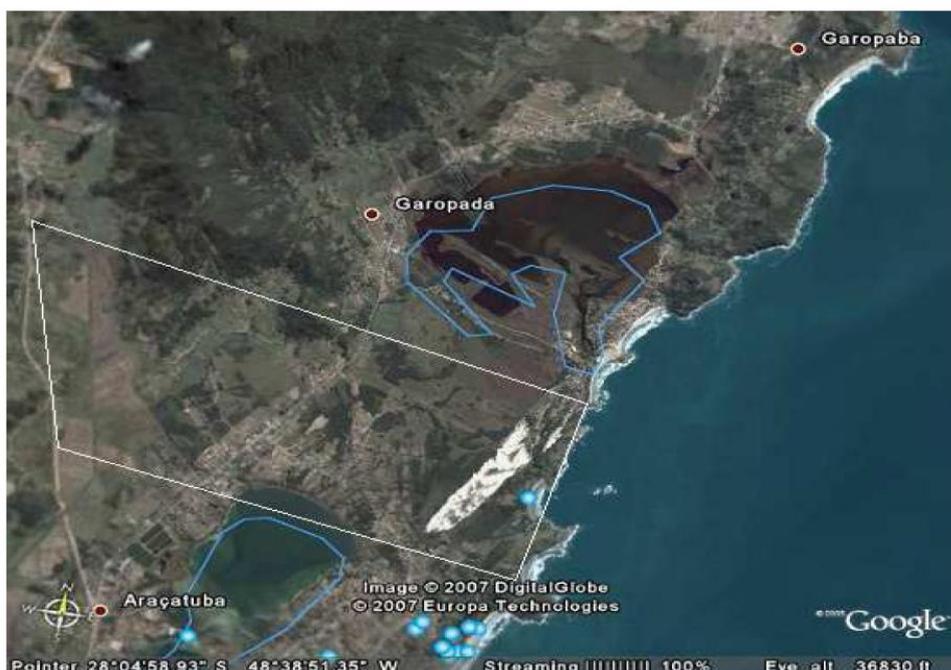


Figura 34. Localização da ONG Gaia Village, Garopaba, SC. (Fonte: CASAGRANDE, 2007).

A ONG Gaia Village é definida por seus organizadores por:

Gaia Village é um projeto de caráter privado com foco em sustentabilidade, que se desenvolve a partir de área prístina do município de Garopaba, SC. Ambiciona criar um exemplo de ambiente amigável para a interação entre a espécie humana e o todo - o Sistema Vivo – Gaia. (...) Consubstanciado fisicamente na propriedade da família Werlang e de sua empresa G.A. Werlang - Gestão e Ambiente Ltda, localizada junto da Praia do Ouvidor, Praia da Barra e Lagoa da Garopaba, município de Garopaba, sul do estado de Santa Catarina, se estrutura a partir da concepção de vida pessoal de Carmen e Gastão Avelino Werlang, que já nos inícios dos anos 60 promoviam ações com vistas á preservação ambiental. (GAIA VILLAGE, 2009, sítio da internet)

O Banheiro do Gaia Village está localizado no centro de vivencia (Figura 38 a e b) que, por conseguinte, se localiza próximo a sede da ONG. O banheiro é um modelo de fabricação local, não compacto, de duas câmaras de uso alternado e sem separação da urina. Ao contrário do banheiro seco da ACEPSJ o banheiro do Gaia Village construídos em outros

locais, não foi feito com rampa e não utiliza uma chapa pintada de preto para revestir a câmara de compostagem (Figuras). Casagrande (2007) em seu trabalho ressalta que:

Segundo Dolizete Zilli, morador no espaço Gaia Village, este tipo de esquema produz calor em excesso dentro da câmara de compostagem e a chaminé para a retirada dos gases não consegue suprir a demanda, fazendo com que ocorra odor desagradável. Além do que sem as rampas torna-se mais higiênico. (CASAGRANDE, 2007, p79, informação verbal).

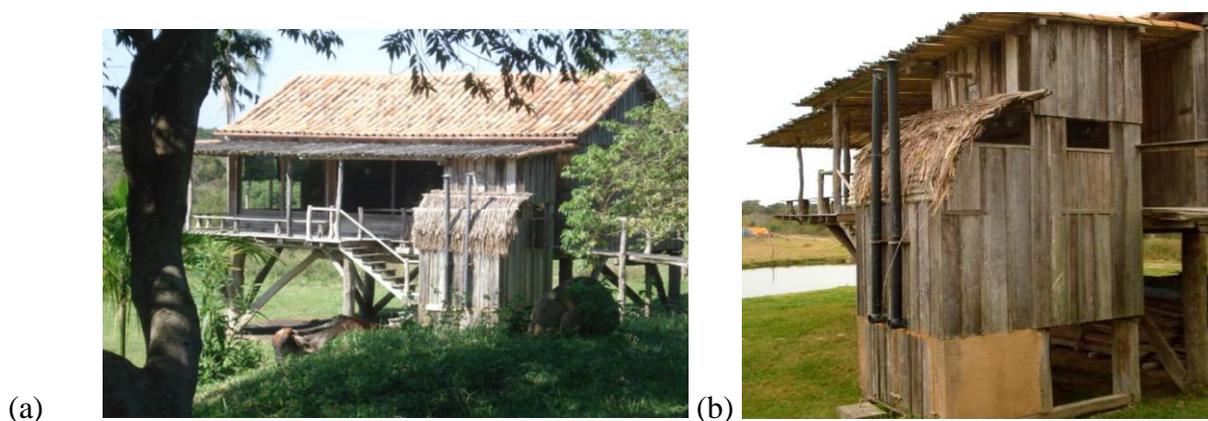


Figura 35. Centro de convivência, vista da entrada (a). Detalhe do banheiro seco e suas chaminés (b).

Fonte: arquivo pessoal

Este banheiro foi construído em madeira e tijolos de demolição. Em cada banheiro os vasos foram substituídos por orifícios (latrinas) os quais se conectam diretamente as duas câmaras de compostagem que se localizam imediatamente abaixo dos mesmos (sem inclinações). As câmaras possuem uma capacidade de 1m^3 e são utilizadas alternadamente. A figura 39 ilustra uma das câmaras que foi aberta para que a coleta pudesse ser feita. A figura 40 ilustra o assento sanitário e o saco que armazena a matéria orgânica seca que é adicionada após cada uso. Além disso, os banheiros possuem um sistema com chaminés de 100 mm, pintadas de preto para dias ensolarados e um ventilador do tipo *cooler* para dias sem sol, com a finalidade de ventilar a câmara.



Figura 36. Detalhe da câmara de compostagem. Matéria fresca coletada. Fonte: arquivo pessoal



Figura 37. À esquerda, Vista interior do banheiro e à direita detalhe do armazenamento do pó de serra utilizado como aditivo para a compostagem. Fonte: CASAGRANDE, 2007.

Assim, enquanto uma latrina é utilizada a outra fica lacrada. O objetivo disso é propiciar um uso em períodos alternados, isto evita que a matéria orgânica nova entre em contato com a matéria já em estado de maturação. O objetivo desta prática é evitar contaminações e flutuações nos parâmetros físicos envolvidos no processo de compostagem. O banheiro do Gaia Village segue a metodologia de maturação em um período de 6 a 8 meses, o qual se espera que seja suficiente para haver o enchimento da câmara e todas as fases da compostagem, obtendo assim, após este período um produto final limpo, estabilizado e pronto para o uso, como adubo.

Casagrande (2007) realizou um estudo objetivando caracterizar o composto orgânico gerado por este protótipo. Em seu estudo a autora relata que os responsáveis pelo banheiro da ONG não estavam utilizando o composto produzido pelo banheiro por não saberem sobre a qualidade do mesmo. Entretanto, na visita realizada para este trabalho o composto já estava sendo utilizado para a produção de mudas de árvores nativas (com objetivo de reflorestamento), muito possivelmente por decorrência do trabalho realizado por Casagrande.

Quanto ao uso do banheiro, ONG tem dedicado seu espaço a uma série de cursos, reuniões, encontros cunho sócio-ambiental e à hospedagem de estagiários e palestrantes. Segundo o relatório anual de 2007 da ONG²⁵, entre 2002 a 2004 foi criada uma rede facilitar a mobilização sinérgica de pessoas ligadas à questão da eco-sustentabilidade – ECOSUST²⁶ e promovidos três encontros na ONG. Nestes encontros em torno de centenas de pessoas dentre adultos e crianças passaram e utilizaram a infra-estrutura da ONG incluindo o banheiro seco.

3.2.1.3. Banheiro seco em propriedade particular

O protótipo foi construído em uma oficina realizada pelo Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo – CEPAGRO/UFSC²⁷ para agricultores do grupo Garopaba da rede Ecovida²⁸ realizada em outubro de 2007. Este banheiro também está localizado na cidade de Garopaba em uma propriedade particular nos arredores da área onde se situa a ONG Gaia Village.

Trata-se de um modelo de banheiro seco de fabricação caseira bastante simplificada, composto basicamente por um assento composto de um orifício sanitário por onde se conecta

²⁵ www.gaia.org.br/gv2007.pdf. Acesso julho de 2009.

²⁶ www.ecosust.org.br. Acesso julho de 2009.

²⁷ CEPAGRO - Centro de Estudos e promoção da Agricultura de Grupo. Disponível em: <http://www.cepagro.org.br/>. Acesso em julho de 2009.

²⁸ REDE ECOVIDA. Disponível em <http://www.ecovida.org.br/>. Acesso em Julho de 2009.

diretamente a um tonel armazenador de EPHA (excrementos, papel higiênico e aditivos) (Figura 41 e 42a). O tonel é aberto, mas é coberto por uma tela anexa ao banheiro que serve para evitar a contaminação do material por moscas e outros possíveis invasores. Logo abaixo do assento é acrescentado ainda tubo de PVC de aproximadamente 10 cm de diâmetro supostamente destinado à ventilação e expulsão dos maus odores.



Figura 38. Banheiro seco da propriedade particular estudada. Vista da parte traseira. Fonte: arquivo pessoal

Este banheiro tem uso que se restringe basicamente ao proprietário e eventuais visitas que possam vir a ocorrer. O proprietário explicou que quando o tonel enche, o material orgânico costuma a estar ali armazenado por pelo menos um período de três meses, o que ele chama de compostagem inicial. Em seguida, o mesmo despeja o tonel diretamente no solo, em uma área situada a cerca de aproximadamente 3 metros do banheiro, em baixo de uma plantação de bananeira (Figura 42b). Segundo o proprietário, o material despejado ali vai continuar passando pelo processo de compostagem e vai ser reincorporado ao solo e utilizado pelas bananeiras.



Figura 39. Detalhe do assento sanitário (esquerda); Local onde é despejado o conteúdo dos tonéis. Detalhe para o empilhado de matéria orgânica onde foi coletada a amostra. Fonte: arquivo pessoal

3.2.2. Coletas de amostras

Para o estudo do funcionamento do Banheiro seco da ACEPSJ foram colhidas amostras mensais do material compostado nos tonéis e no “acumulador”, durante os primeiros semestres de 2008 e 2009. A não ocorrência de coletas no segundo semestre de 2008 foi devido às chuvas que assolaram o município de Florianópolis e o Estado de Santa Catarina. Para que as amostras sejam significativamente representativas foi desenvolvido um mecanismo de coleta em profundidade que tem por objetivo a coleta tanto em camadas superficiais, quanto em profundidade. O intuito disso foi de avaliar se havia diferenças entre as camadas de material estocado.

O dispositivo de coleta foi desenvolvido em ferro e seus componentes soldados. Ele é basicamente uma haste resistente com um coletor (cerca de 200ml) de formato semelhante a um cone (Figura 43). O coletor possui uma tampa articulada (dobradiça) e chumbada (e consequentemente pesada) ligada a uma haste fina de arame. O formato cônico do coletor foi desenvolvido para facilitar a entrada do dispositivo nos tonéis e no acumulador, já a haste de arame quando puxada é responsável por abrir a tampa propiciando a entrada de material no coletor.



Figura 40. Foto do dispositivo de coleta. Fonte: arquivo pessoal

A cada utilização o coletor foi lavado com água corrente da torneira localizada ao lado da câmara de armazenamento dos tonéis e esterilizado com álcool 90%. As coletas feitas com o coletor foram realizadas sempre iniciando pelo material mais antigo para os mais recentes evitando assim uma contaminação. Após coletadas as amostras foram armazenadas em frascos de plástico, fechados e transportados ao laboratório para realização dos exames parasitológicos, de coliformes e análises químicas.

Para os outros banheiros, foi realizada apenas uma coleta no dia 29 de abril de 2009 por volta das 11h da manhã. A coleta foi feita com materiais descartáveis de maneira direta sem ajuda do dispositivo, por não ter sido verificada a necessidade de uso do mesmo. No espaço Gaia Village foram coletadas uma amostra de um composto do banheiro seco que estava estocado em sacos de aproximadamente 1 ano e 2 meses de idade e uma amostra do material fresco usada como controle. No caso do banheiro seco de propriedade particular, o mesmo estava desativado e sendo assim apenas a amostra do material disposto nos solo foi coletada. Neste caso, não foi possível estimar a idade deste material nem mesmo garantir sua composição, já que estava misturado a outros materiais orgânicos originados de outras procedências.

3.2.3. Medição da temperatura e umidade

Durante as visitas ao banheiro da ACEPSJ, foram medidos também os parâmetros temperatura e umidade, encontrados nos tonéis e no acumulador. Porém, as medições do

parâmetro umidade só foram possíveis em algumas das visitas quando o aparelho utilizado estava disponível.

Nas três primeiras mensurações foi utilizado um termômetro de mercúrio de 30cm de comprimento o qual foi inserido nos tonéis até uma profundidade de aproximadamente 25cm. Para cada mensuração o termômetro permaneceu por 5 minutos em cada local. Nas outras mensurações o trabalho foi feito com o auxílio de um termômetro digital (marca CE) o qual possui um sensor externo conectado ao aparelho por um fio que pôde ser enfiado até aproximadamente a metade dos tonéis. Para auxiliar a entrada do termômetro foi utilizada uma haste de ferro.

3.2.4. Exames parasitológicos

Em laboratório foram realizados três métodos de exames parasitológicos: método de HOFFMAN, PONS e JANER ou HPJ – (Sedimentação espontânea), o método de WILLIS e o método de FAUST – (Centrífugo-flutuação). A escolha dos três métodos deveu-se ao fato que eles, juntos são capazes de diagnosticarem uma ampla gama de parasitas humanos, além de serem amplamente conhecidos, de fácil execução e pouco dispendiosos (NEVES, *et al.*, 2002).

O método de HOFFMAN, PONS e JANER é utilizado na pesquisa de cistos de protozoários e ovos de helmintos e consiste na dissolução da amostra em água em um frasco pequeno, filtragem em uma peneira de malha feita de gaze, passando o conteúdo para um cálice de sedimentação (Figura 44) e em seguida completando com água e homogeneizando com bastão de vidro. Feito isto, deixa-se em repouso por 2 a 24 horas e retira-se uma amostra do fundo do vértice do cálice. O material é analisado em microscópio óptico entre lâmina e lamínula corado pelo Lugol.



Figura 41. Exame de sedimentação espontânea, HOFFMAN. Detalhe dos cálices de sedimentação. Fonte: arquivo pessoal

O método de WILLIS é utilizado na pesquisa de ovos de helmintos. Consiste em dissolver a amostra em solução saturada de NaCl, filtrar em peneira de malha feita de gaze em frasco de Borrel e completar com solução saturada de NaCl até formar um menisco convexo na boca do frasco. Em seguida, coloca-se uma lâmina por sobre as bordas do frasco para que fique em contato com o líquido ao menos por 20 minutos. Feito isto, retira-se a lâmina, cora-se com Lugol e cobre-se com lamínula para observação ao microscópio óptico.

O método de FAUST – (Centrífugo-flutuação) é utilizado na pesquisa de cistos de protozoários e ovos de helmintos. Consiste na dissolução da amostra em água em um frasco pequeno, filtragem em uma peneira de malha feita de gaze, deposição do material em tubo cônico de centrífuga e centrifugar a 1500 rpm por 2 minutos. Em seguida, despreza-se o sobrenadante, ressuspensando o material novamente em 10 ml de água. Repetem-se estes passos até que o sobrenadante apresente-se claro. Quando isto ocorrer, ressuspende-se o material, despreza-se o sobrenadante e adiciona-se 10 ml de sulfato de zinco ($ZnSO_4$) 33 %, densidade 1.180 g/ml, centrifuga-se a 1500 rpm por dois minutos. Com isto, os ovos de helmintos e cistos de protozoários, menos densos que sulfato de zinco, deslocam-se para a superfície do líquido e são retirados com o uso de uma alça de platina, que recolhe a película superficial. Observa-se o material no microscópio óptico entre lâmina e lamínula corado pelo Lugol.

3.2.5. Análise de coliformes fecais e totais

A análise de coliformes fecais foi realizada no Laboratório Integrado de Meio Ambiente – LIMA, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da UFSC e teve como objetivo verificar e mensurar a presença de coliformes fecais e totais nas amostras coletadas. Foram coletadas amostras dos três banheiros secos estudados.

No banheiro da ACEPSJ foram coletadas amostras de um tonel que armazenava um material de aproximadamente 6 meses de idade, de uma amostra do acumulador a qual se estima ter entre 6 e 12 meses de idade e também uma amostra do solo ao redor das caixas de água (acumulador) que teve o intuito de estimar alguma contaminação ambiental em decorrência do chorume que pode ter escorrido deste composto estocado. No banheiro do Gaia Village, foram avaliadas uma amostra retirada do material fresco e outra de um composto que teve estimada a idade de aproximadamente um ano. No banheiro de propriedade particular, por estar inativo no momento da coleta, apenas o material despejado no solo foi amostrado. Não foi possível estimar a idade deste material nem mesmo garantir sua composição, já que estava misturado a outros materiais orgânicos originados de outras procedências. As amostras foram avaliadas a partir do Kit COLILERT®.

O Colilert® é um teste simples e rápido (24 horas) para a identificação de coliformes e *E. coli*. Aprovado pelas organizações norte-americanas EPA, AOAC, IBWA, EBWA, por outras organizações internacionais e aceito pelos Métodos Padrão para Exames de Água e Esgoto (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*) Identifica a *E. coli* especificamente, o que elimina resultados falso-positivos por *Klebsiella pneumoniae* (INDEXX, 2009).

Em laboratório as amostras foram diluídas em água e filtradas. Foram realizados dois exames em períodos diferentes. No primeiro deles, realizado no dia 08 de abril de 2009, 30g das amostras foram postas em um béquer e diluídas em 200 ml de água destilada. Os béqueres foram colocados em agitadores por 3h. Em seguida, passou-se para a filtragem do líquido em suspensão. A filtragem realizada neste primeiro exame foi a filtragem convencional

desenvolvida para coletas de efluentes seguindo a metodologia convencional do laboratório (Figura 45).



Figura 42. Detalhe da filtragem a vácuo. Fonte: arquivo pessoal

Neste primeiro exame apenas as amostras do banheiro seco da ACEPSJ foram analisadas. Sendo elas provenientes de: (1) composto de aproximadamente 6 a 10 meses de idade; (2) composto de aproximadamente 10 a 13 meses de idade; (3) solo da área periférica onde este composto estava sendo armazenado.

No segundo exame, realizado no dia 07 de maio de 2009, 30g das amostras foram diluídas em 200ml de água, homogeneizadas, mas não foram postas para agitar. O líquido suspenso de cada amostra foi filtrado em duas etapas, na primeira com gaze e algodão e na segunda com papel membrana e bomba a vácuo.

Neste segundo exame foram realizados exames com as amostras do banheiro seco da ACEPSJ e também dos banheiros de Garopaba. Sendo as amostras provenientes de: (1) composto de aproximadamente 3 a 6 meses de idade proveniente do banheiro feminino da ACEPSJ; (2) composto de aproximadamente 3 a 6 meses de idade proveniente do banheiro masculino da ACEPSJ; (3) composto estocado de aproximadamente 6 a 10 meses de idade; (4) material proveniente do banheiro de propriedade particular; (5) material fresco

proveniente do banheiro da ONG Gaia Village e (6) composto estocado de aproximadamente 1 ano e 2 meses de idade.

Adicionados o conteúdo do frasconete que vem junto com o Kit a 100ml do líquido filtrado. O conteúdo resultante é despejado na cartela Quanti-Tray/ 2000 (Figura 46) para contagem de 1 a 2.400 NMP sem diluições. Em seguida, sela-se a cartela e esta é levada para a incubadora por 35°C por 24 horas. Após 24h faz-se a leitura do resultado.

Basicamente, à medida que os coliformes se reproduzem no Colilert, eles utilizam β -galactosidase para metabolizar o indicador de nutriente ONPG e alterá-lo de incolor para amarelo.



Figura 43. Detalhe do Quanti-Tray®. Amostras de coloração amarela: presença de coliformes totais.

Fonte: arquivo pessoal

O metabolismo da *E. coli* utilizando β -glucuronidase gera uma fluorescência que pode ser lida com o auxílio de uma lâmpada UV – 365nm (Figura 47). Como a maioria dos não coliformes não conta com estas enzimas da *E coli.*, eles não podem se reproduzir e interferir nessa fluorescência. Os poucos não coliformes que têm estas enzimas são seletivamente suprimidos pela matriz especificamente formulada do Colilert, eliminando assim os resultados falso-positivos.

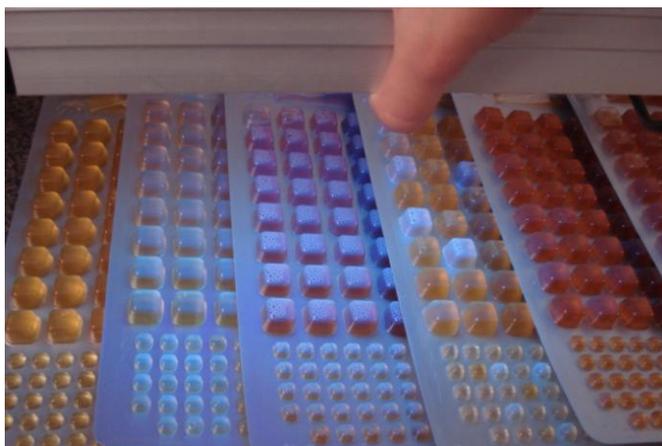


Figura 44. Leitura com luz ultra-violeta. Amostras azul brilhante demonstram a presença de coliformes fecais. Fonte: arquivo pessoal

Os valores de obtidos para coliformes fecais serão comparados à legislação brasileira para águas doces (RESOLUÇÃO CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986) e as amostras classificadas em relação ao nível de contaminação fecal e suas possíveis aplicações.

3.2.6. Estudo dos odores

O estudo dos odores foi desenvolvido somente no banheiro da ACEPSJ.

Para a realização deste estudo desenvolvida uma parceria com os estudantes do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e com o Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr.

O estudo foi composto de três partes: (1) coleta de amostras de ar e determinação da concentração odorante (por olfatometria); (2) determinação da hedonicidade e intensidade odorante (através de um júri móvel); (3) Medição da vazão na câmara de compostagem e na chaminé.

Ao final será apresentada uma correlação entre os parâmetros de concentração odorante, hedonicidade e intensidade de odor a fim avaliar o impacto odorante do sistema.

3.2.6.1. Coletas de amostras de ar e determinação da concentração odorante (por olfatometria)

Foram realizadas duas coletas, uma no dia 27 de julho de 2008 e outra no dia 04 de abril de 2009. Na primeira coleta, foi utilizado o método de amostragem direta, no qual o ar é sugado por uma bomba diafragma pressão/vácuo, com seu interior revestido de inox (Figura 48).

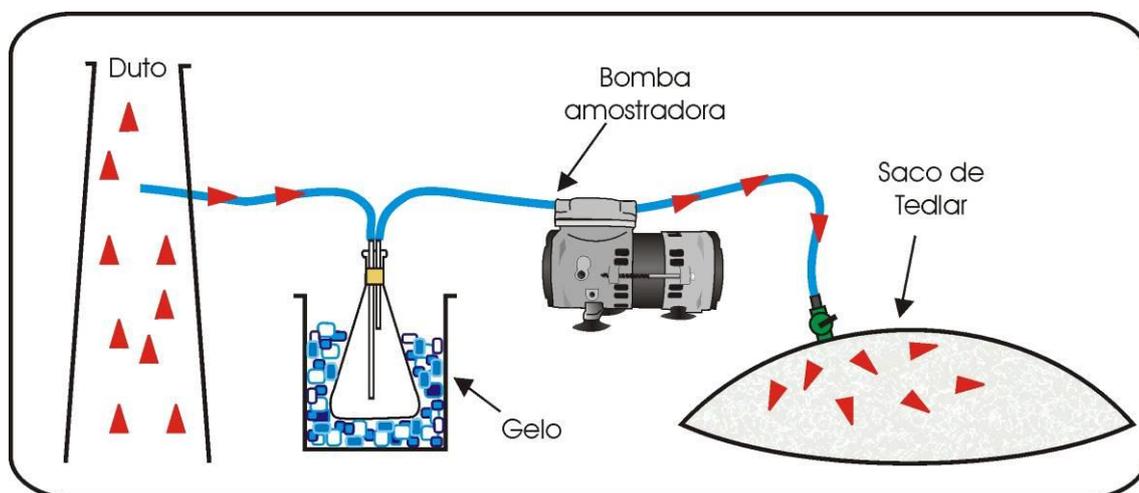


Figura 45. Esquemática da coleta da amostra de odor com saco tedlar®, passando pelo erlenmeyer imerso numa caixa com gelo para condensar a água da amostra. Fonte: QUADROS, 2007

As amostras de ar coletadas são armazenadas em sacos fabricados em Tedlar® (marca DuPont) (Figura 49), que são resistentes à adsorção de odores e formam barreira a gases. Estes têm capacidade aproximada de 60 litros de ar.



Figura 46: Saco Tedlar® usado para amostragem. Fonte: QUADROS, 2007

Para detecção do limite de percepção olfativo (k_{50}) foi utilizado um olfatômetro de diluição dinâmica, marca Odile® versão 2000. Um olfatômetro de diluição dinâmica é definido como o instrumento que mistura um gás odorante (amostra) com um gás neutro (sem odor) em fatores de diluição conhecidos, para apresentação a um corpo de jurados (CEN²⁹, 2003 *apud* Quadros, 2007). O Olfatômetro Odile® 2000 é composto por sistema de ar puro; unidade de pressurização; unidade de diluição; mesa olfatométrica com seis baias (ou *boxes*); e *software* de operação em computador (Figura 50).



Figura 47: Componentes do sistema do olfatômetro ODILE 2000. Fonte: QUADROS, 2007

As diluições são realizadas de maneira decrescente e logarítmica. O *software* faz a análise contínua dos resultados, trabalhando com a média logarítmica de cada um dos jurados e depois com a média dos seis jurados. Cada baia é provida de um painel para votação e três saídas de ar, das quais apenas uma sai a mistura de ar odorante com ar puro. As outras duas

²⁹ EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **EN: 13.725**. Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (english version). European Standard. Bruxelas. 2003

saídas recebem somente ar puro. A amostra diluída é apresentada de maneira aleatória aos jurados, e ocorre em diversas ordens de diluição. Inicialmente, faz-se com os jurados uma análise de uma amostra com o ar do sistema de local como controle, o branco amostral. Em seguida, dá-se início às análises das amostras coletadas.

Os resultados do Limite de Percepção de Odor serão apresentados pela norma EN:13.725 da comunidade europeia. A norma EN:13725 é baseada na estimativa dos limites de percepção individuais de cada jurado e calcula a média geométrica dos limites pessoais estimados (EZ_{50p}) para estimar o valor do limite de percepção do júri (EZ_{50}). As amostras são analisadas em 3 etapas consecutivas (3 *rounds*) e estas são posteriormente unificadas para a determinação do limite de percepção (Quadros, 2007).

Na primeira coleta, as amostras foram coletadas em quatro pontos: (a) dentro do banheiro feminino; (b) na câmara de armazenamento dos tonéis; (c) no acumulador; (d) na entrada da chaminé dentro da câmara.

Na segunda coleta, devido à detecção de erros de amostragem, o método de amostragem utilizado foi o da caixa pulmão, o qual o saco de amostragem é colocado no interior de um vaso hermeticamente fechado (Figura 51). O vaso é conectado para sucção a uma bomba de aspiração de ar, provocando depressão em seu interior. Após o vácuo no vaso, o saco é então cheio até as pressões (interior e exterior) equivalerem-se novamente. A caixa pulmão foi utilizada pelo fato do ar coletado não entrar em contato com a bomba de vácuo, evitando assim interferências em casos em que a concentração odorante no ambiente é muito baixa. Nessa coleta, não foi feita a utilização do sistema de condensação da umidade, devido ao seu baixo teor no ambiente.

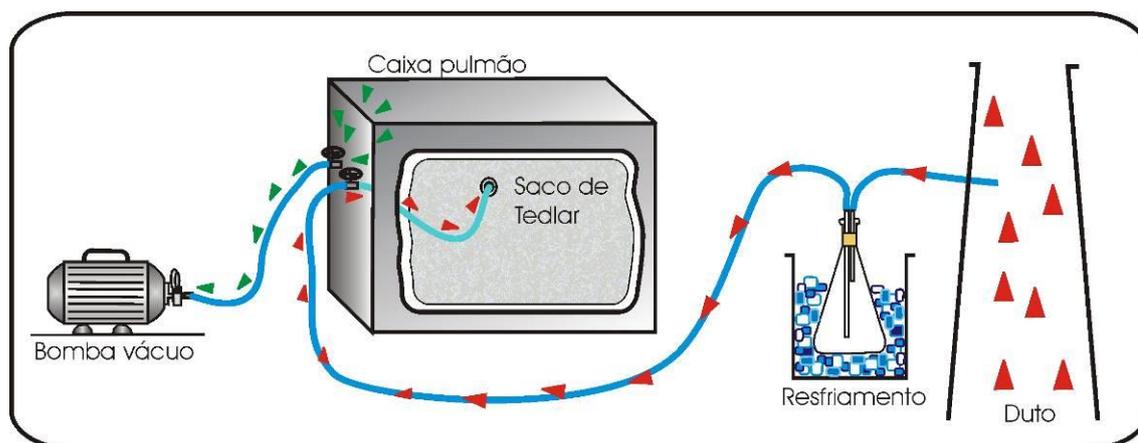


Figura 48. Sistema de coleta das amostras de campo (com caixa pulmão). Fonte: QUADROS, 2007

Nesta segunda visita, dois pontos deixaram de ser analisados. Um devido à realocação do acumulador de composto (ponto c) dos arredores do banheiro seco para uma área mais isolada. O outro, devido a mesma representatividade da concentração odorante dos pontos b e d da primeira análise. Assim, as amostras foram coletadas em apenas dois pontos: (a) dentro do banheiro feminino; (b) na câmara de armazenamento dos tonéis.

A escolha da medição em apenas um banheiro ao invés dos dois foi devido ao fato de ambos estarem interconectados tanto pela câmara de armazenamento quanto por entradas de ventilação nas na porção superior da parede que divide os banheiros. E a escolha pelo banheiro feminino foi devido ao fato de que neste a urina não é separada das fezes enquanto que no banheiro masculino há presença de um mictório. Com isto, devido a presença de urina, estimou-se que o impacto odorante no banheiro feminino seria mais significativo.

3.2.6.2. Determinação da hedonicidade, intensidade odorante e caráter do odor

As determinações da hedonicidade e intensidade e caráter odorante são análises olfatométricas complementares à concentração de odor, e se fazem necessárias ao compreender que concentração de odor é apenas um número (em unidades de odor por metro cúbico, UO/m³) e não um resultado qualitativo. Assim, um determinado valor de concentração não pode indicar se este odor é agradável ou não. Deste modo, para avaliar a hedonicidade assim como a intensidade odorante e o caráter do odor realizou-se o teste do Júri Móvel.

Neste teste um painel de jurados (Figura 52) é responsável por preencher um questionário (Figura 53), relativo às questões de odor, enquanto visita os pontos em avaliação. Para participar do teste os jurados devem respeitar o código de conduta estabelecido pelo LCQAr, que restringe hábitos e comportamentos dos jurados que limitam a capacidade de percepção de odores (ANEXO B).



Figura 49. Aplicação do questionário do Júri Móvel. Fonte: Arquivo pessoal

Avaliação do Incomodo Ocasionado Por Odores

Nome: _____ Ponto: _____ Data: 04/04/09

1. Você sente algum odor que te incomoda? SIM () NÃO ()

2. Quais tipos de incômodo os odores provocam em você?

a. () Intranquilidade d. () Irritação na garganta g. () Dor de cabeça
b. () Náusea e. () Irritação no olhos h. () Perda de apetite
c. () Insônia f. () Dificuldade respiratória i. () Outros:

3. Você pode descrever esse odor?

a. () Ovo estragado d. () Matéria orgânica g. () Químico
b. () Esgoto e. () Urina h. () Não sei
a. () Óleo Queimado f. () Gasolina i. () Outro:

4. O odor que você percebe é:

() Muito Fraco 1 () Fraco 2 () Médio 3 () Forte 4 () Forte 5

5. Quanto agradável ou desagradável é o odor que você percebe?

-5-----0-----+5

() -5 () -4 () -3 () -2 () -1 () 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Figura 50. Questionário utilizado no teste do Júri Móvel. Fonte: Protocolos do LCQAr/ UFSC.

Para uma padronização das respostas de intensidade, utilizou-se a solução 1-Butanol como elemento de referência, diluindo-a em diferentes concentrações em água formando uma escala de intensidade de 1 a 5 (de muito fraco à muito forte) (Tabela 1). As cinco diferentes concentrações são levadas aos membros que compõem o Júri e usadas como base para as respostas do formulário (Figura 54).

Tabela 1. Níveis de intensidade de odor.

Nível de intensidade	1- Butanol (g/L)	IO (Intensidade odorante)	
1	0,001	MF	Muito fraco
2	0,01	F	Fraco
3	0,1	M	Médio
4	1,0	F	Forte
5	10	MF	Muito forte

Fonte: BELLI FILHO e DE MELO LISBOA, 1998



Figura 51. Apresentação das soluções de 1-Butanol. Fonte: QUADROS, 2007

O formulário abrange ainda os parâmetros caráter e hedonicidade do odor. A avaliação do caráter é uma avaliação subjetiva, pois cada jurado pode dar uma opinião pessoal sobre o que aquele odor representa para ele. McGinley e McGinley (2002) estabeleceram uma roda de odores, a qual esquematiza as principais famílias de caráter odorante. Assim, o esquema auxilia os jurados na resposta. Entretanto, a resposta do jurado é livre, não necessitando estar restrita às famílias de odores descritas na roda de odores (Figura 55).



Figura 52. Roda de odores, para verificar o caráter odorante de amostra. Fonte: (adaptado de McGinley e McGinley, 2002)

O outro parâmetro, a hedonicidade, indica a agradabilidade ou a desagradabilidade do odor. Essa é outra análise subjetiva na medida em que a resposta de cada jurado para a hedonicidade é pessoal. Sendo assim os jurados são instruídos a determinar a hedonicidade do odor utilizando uma escala que vai de -5 (muito desagradável) a +5 (muito agradável).

Foram realizados dois testes de Júri Móvel ambos nos mesmos dias das visitas respectivas às coletas das amostras de ar. Para estas visitas foram definidos 4 pontos amostrais que se estimou serem mais representativos. São eles: (1) Caminho de acesso ao centro de educação; (2) Corredor de acesso aos banheiros; (3) Acumulador; (4) Câmara de compostagem com as portas abertas (Figura 56). A escolha dos pontos é feita priorizando o início do teste no ponto onde se estima ter a concentração mais baixa de odores, para o ponto onde se estima ter a mais alta. Isto é feito para não haver um prejuízo na sensibilidade dos jurados após uma amostra e outra.

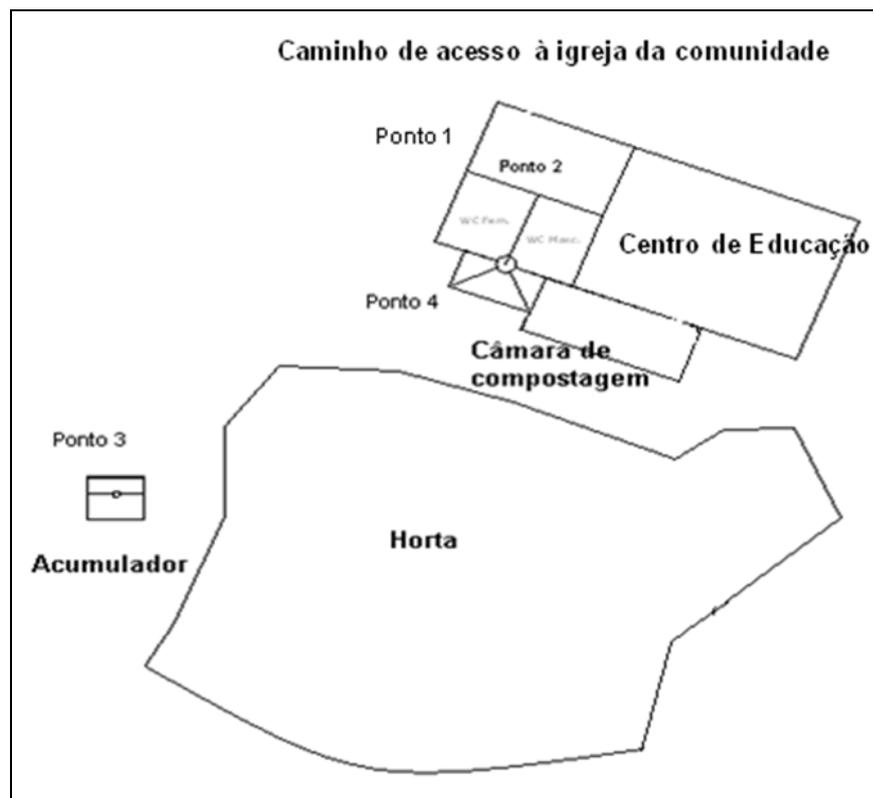


Figura 53. Pontos analisados pelo júri móvel. Esquema da parte de entrada da ACEPSJ. Na figura estão listados os 4 locais estudados nos arredores do centro de educação.

Os questionários a serem utilizados em estudos olfatométricos devem ser adaptados à cada caso. Em decorrência disso, foi desenvolvido um novo formulário específico para o banheiro seco (Apêndice A – júri móvel), bem como um formulário destinado aos usuários do mesmo. Este último tem o objetivo de avaliar a aceitabilidade do banheiro quanto à questão dos odores (Apêndice B). Estes questionários deverão ser aplicados na comunidade no segundo semestre de 2009.

3.2.6.3. Medição da vazão na câmara de compostagem e na chaminé

A medição da vazão na chaminé de exaustão dos gases odorantes da câmara de recepção de excrementos foi realizada no dia 03 de junho de 2009, em uma visita específica para este fim. Para a realização deste estudo a velocidade de exaustão dos gases na chaminé era muito pequena, o que impediu a utilização da medição padrão da ABNT, mediante tubo de pitot. Foi então utilizado um termo-anemômetro digital portátil, marca AirFlow®, modelo TA-45.

Para a determinação da vazão de gases foi utilizada uma metodologia de medições em condições e pontos diversos. Os pontos de amostragem escolhidos foram: (a) saída da chaminé, com a janela basculante, as portas e as tampas das privadas dos dois banheiros fechadas; (b) saída da chaminé, com apenas a tampa da privada do banheiro feminino aberta, a janela basculante, portas e tampa da privada banheiro masculino fechadas; (c) saída da chaminé, com as tampas das privadas abertas e janela basculante e portas dos dois banheiros fechadas; (d) saída da chaminé, ambas as tampas e janela abertas e portas fechadas; (e) desembocadura da privada do banheiro Feminino com janela e porta fechada; (f) desembocadura da privada do banheiro feminino, janela aberta e porta fechada.

Os cuidados com a posição da janela, da tampa do vaso e da porta foram tomados para avaliar suas interferências no fluxo de ar nos pontos analisados. O objetivo desse estudo foi avaliar a funcionalidade do sistema de exaustão de gases. Assim, será possível fazer recomendações técnicas para o aprimoramento do sistema e mitigação da questão odorante.

Por fim, fez-se também a medição da temperatura ambiente e interna aos locais onde foram feitas as mensurações.

3.2.7. Análises químicas

O estudo de bioquímico foi desenvolvido somente no banheiro da ACEPSJ.

As análises bioquímicas foram realizadas pelo laboratório de Análises de solo da EPAGRI S.A. - Estação Experimental de Ituporanga, em 03 de junho de 2009. O laboratório integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Rolas). O Laudo da análise consta na seção ANEXO C.

A amostra foi avaliada nos seguintes parâmetros: pH; Índice SMP; % de Fósforo, Potássio, Alumínio, Cálcio, Carbono orgânico, Magnésio e Argila; Potencial de acidez; Relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K; Soma de bases S; CTC; Saturação Al (%); Saturação de bases V.

O Índice SMP é um método de análise e correção de acidez do solo, que se baseia no poder tampão do solo. A sigla que identifica o método se refere aos criadores do método: Shoemaker, Mac Lean e Pratt (SMP).

O método demanda que a análise de solo determine não somente o pH em água, mas também o pH-SMP para calcular a quantidade de calcário a ser aplicada ao solo para que esse alcance o pH considerado ideal para o cultivo de determinada lavoura.

Esse método assim como os demais, precisa ser ajustado para a região onde vai ser utilizado. Isso se faz necessário porque os solos têm tendências a constituírem características em comum segundo sua origem. Assim, solos que compõem uma determinada região assemelham-se por serem da mesma origem. Desta maneira a tabela utilizada para determinar a quantidade de calcário usada neste trabalho foi a tabela referente aos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O potencial de acidez corresponde à soma da acidez trocável e da acidez não trocável do solo. A acidez dos solos pode ser dividida em dois tipos: acidez ativa e acidez potencial. A acidez ativa é o hidrogênio dissociado, ou seja, na solução do solo na forma de H^+ e é expressa em valores de pH. A acidez potencial divide-se em acidez trocável e acidez não trocável. A acidez trocável refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos colóides do solo por forças eletrostáticas. A quantidade de hidrogênio trocável em condições naturais parece ser pequena. A acidez não trocável é representada pelo hidrogênio de ligação covalente, associado aos colóides com carga negativa variável e aos compostos de alumínio (CHAVES, 2005).

O parâmetro Saturação de Alumínio pode ser definido pela relação entre o teor de Al trocável do solo e a soma de bases trocáveis do solo mais alumínio trocável do solo. É representada por $m = Al / (S + Al)$.

Soma de bases S é a soma dos íons $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$, importantes nutrientes para as plantas que são consideradas bases do solo, pelo seu comportamento de se ligar aos colóides da argila, deslocando H^+ , e conseqüentemente alcalinizando o solo. Quanto maior a soma de bases, maior a fertilidade do solo (WIETHÖLTER, 1994).

A saturação por bases V se dá pela soma de bases trocáveis do solo em relação à capacidade de troca de cátions, representado pela letra T. É representado pela fórmula: $V = 100S/T$.

O índice CTC é o índice que mede a capacidade de Troca de Cátions. Ele representa a quantidade de cátions (Al, H, Ca, Mg e K) que o solo é capaz de reter. Segundo Kiehl (2002), esta capacidade origina-se e aumenta com a decomposição da matéria orgânica. Conforme vai aumentando o húmus, aumenta a capacidade de troca de resíduo orgânico.

A porcentagem da argila ajuda a definir a textura do solo. A argila é o conjunto de partículas do solo com diâmetro menor que 0,002 mm. A textura se refere à proporção relativa das frações areia, silte e argila no solo. Brevemente, pode-se dizer que solos de textura muito argilosa têm mais de 60% de argila. Os de textura argilosa têm entre 35 e 60% de argila. Os de textura siltosa têm mais de 65% de silte e os de textura arenosa mais de 70 ou 85% de areia. Solos que têm proporções aproximadamente semelhantes de areia, silte e argila são chamados de solos de textura média.

Para a análise dos resultados este trabalho contou com o apoio do Laboratório ecologia de solos da UFSC.

Capítulo IV. RESULTADOS

4.1. A EXPERIÊNCIA NA UFSC

Nesta parte do trabalho, será desenvolvido um breve relato de como se deu o desenrolar do projeto de edificação de Piloto de Banheiro Seco na UFSC, bem como a descrição dos resultados das pesquisas que culminaram na elaboração do modelo de banheiro seco proposto.

O projeto coordenado pelo professor Wilson Jesuz da Cunha Silveira teve como objetivos de construir um protótipo de Banheiro Seco Modelo no *campus* da Universidade Federal de Santa Catarina que fosse funcional, eficiente e que trouxesse princípios e dispositivos de comodidade e conforto para os seus futuros usuários.

Além disso, extrapolando a questão ambiental, a edificação do protótipo seria feita de uma maneira bastante social e inclusiva, através de cursos de capacitação de mão-de-obra. Com tudo isto, o projeto passou a ser denominado por “Banheiro Seco: Tecnologia limpa e de interesse social”. A logomarca deste projeto foi desenvolvida pela equipe e consta na Figura 57.



Figura 54. Logomarca do Projeto. (Autores: Lucas Sabino Dias e Bárbara Samartini Queiroz Alves).

O modelo escolhido pela equipe do projeto foi o banheiro seco de fabricação local, de duas câmaras de uso alternado com rampa voltada para a direção Norte. Optou-se também

pela separação da urina das fezes. Ele foi projetado para um terreno plano, o que exigiu a criação de dois pavimentos, para possibilitar a rampa de compostagem com teto em ângulo de 37° orientado. A rampa foi orientada para o Norte (Figura 58), melhor aproveitamento do calor solar com intuito de auxiliar processo de decomposição termofílica (SILVEIRA *et al*, 2008).



Figura 55. Vista da maquete – fachadas leste e norte, rampa aberta (Autor: Lucas Sabino Dias).

A circulação de ar é garantida tanto por venezianas, na parte superior das portas e janelas, visualizadas na face leste, quando por entradas de ar feitas com módulos de argamassa armada localizados na face oeste (Figura 59). Se tratando de uma pesquisa, optou-se por conceber a rampa (1), com dois materiais tendo, em um lado com uma chapa metálica preta (1a) e de outro um vidro translúcido (1b). A idéia é comparar a eficácia dos dois sistemas durante o processo de compostagem. Na parte inferior da rampa está localizado um par de portinholas (1c) de 1,00m de altura, por onde é retirado o composto. A cobertura é executada em argamassa armada, em forma curva, com teto de grama como tratamento térmico superior (4). A iluminação com garrações cheios d'água constitui um método de baixo custo, de reciclagem e com um ótimo resultado lumínico. No primeiro pavimento seria localizada uma sala de exposições (2), contando um pouco da história do projeto, bem como outros métodos de banheiro seco, contribuindo para educação ambiental dos usuários, e ainda um pequeno depósito de ferramentas no espaço localizado de baixo da rampa.

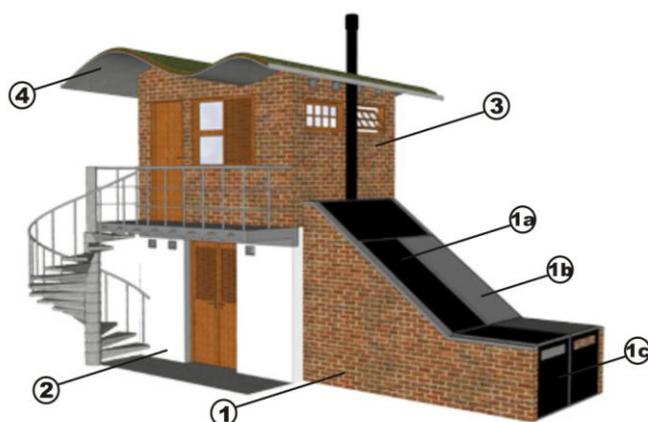


Figura 56. Vista da maquete – fachadas leste e norte (Autor: Lucas Sabino Dias).

O segundo pavimento é representado pelo o banheiro propriamente dito (Figura 60), com duas bacias sanitárias, para serem usadas alternadamente, dando o tempo para que o processo de compostagem aconteça. Há também um lavatório e um mictório, cuja descarga reaproveitará a água da pia e leva o efluente tratamento com filtros construídos com utilização de raízes para filtragem biológica (DIAS *et al*, 2008).



Figura 57. Corte horizontal - secção do segundo pavimento (Autor: Lucas Sabino Dias).

O projeto propunha, também, o desenvolvimento de uma descarga automática, parecida com as descargas tradicionais, porém, utilizando matéria orgânica seca ao invés de água. Além de uma louça sanitária com um mecanismo de tampas no interior das mesmas que abrem e fecham a fim de evitar a o contato visual do usuário com o material fecal e a difusão de gases das rampas para o banheiro (DIAS *et al.*2008). Havia, também, um mictório e um lavatório, cujas descargas têm tratamentos diferenciados de efluente. Estes efluentes seriam eliminados por evaporação devido ao calor solar. A água da evaporação é coletada pelas tampas de vidro e de chapa, da rampa e distribuída no jardim (SILVEIRA *et al.*, 2008). A figura 61 apresenta um esquema explicativo sobre os detalhes e o funcionamento do protótipo.

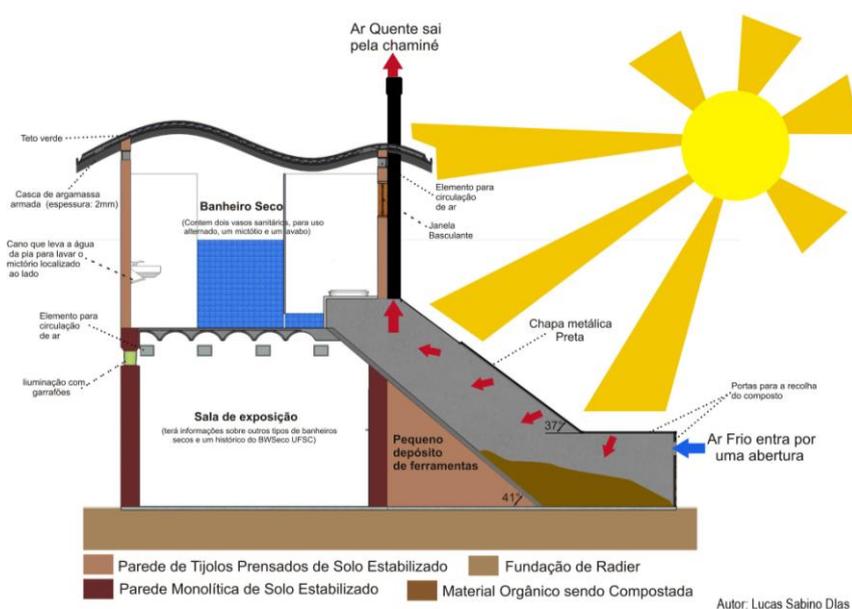


Figura 58. Esquema explicativo do funcionamento do Protótipo. (Autor: Lucas Sabino Dias).

A parte de construções do projeto se iniciou em setembro de 2007 quando foi feita uma infra-estrutura para a realização dos cursos e o início da fundação do banheiro. Entretanto, a edificação foi interrompida em meados de 2008 por falta de verbas. O projeto então teve que ser reestruturado na segunda metade de 2008 e passando se assim para a segunda etapa de pesquisas com este modelo realizadas pela autora.

4.2. ANÁLISES DOS PROTÓTIPOS EM FUNCIONAMENTO

4.2.1. Coletas e medição de temperatura e umidade

4.2.1.1. Banheiro Seco da ACEPSJ

Foram realizadas sete coletas mensais de amostras retiradas dos tonéis e armazenadores. Elas foram realizadas nos meses de março, abril, maio e junho de 2008 e março, abril e maio de 2009.

As amostras retiradas dos tonéis mais novos eram de coloração mais escura, homogêneas e não possuíam um leve odor de fezes (Figura 62a), enquanto que as amostras dos tonéis mais antigos tinham a coloração mais clara, já estavam em pedaços individualizados recobertos pela serragem e possuíam odor de terra molhada (Figura 62b).

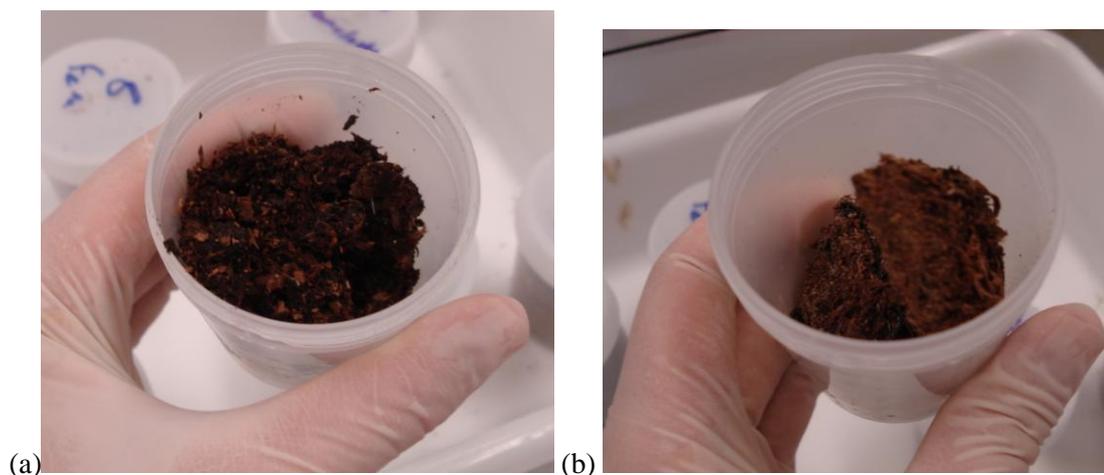


Figura 59. Amostra de composto de aproximadamente três meses de idade (a). Amostra de composto de aproximadamente seis meses de idade (b). Fonte: arquivo pessoal

Já o composto armazenado no acumulador tinha a aparência semelhante a um composto produzido por compostagens convencionais, de restos de alimentos (Figura 63). Estas características foram comuns em todas as coletas.



Figura 60. Composto de idade entre seis e doze meses (armazenado no acumulador). Fonte arquivo pessoal.

A temperatura média obtida dos tonéis foi de 25°C. Até as últimas coletas, não havia sido pensado em medir a umidade dentro dos tonéis, porém, à medida que a pesquisa foi prosseguindo e com o desenvolvimento do dispositivo de coleta que permitiu perfurar o composto armazenado no tonel e visualizar seu fundo (Figura 64), viu-se a necessidade de medir também a umidade. Sendo assim, foram encontrados os valores médios entre os banheiro femininos e masculinos de 75% de umidade para os tonéis com material de idade inferior a 3 meses e 77,5% para os tonéis com materiais de idades entre 3 e 6 meses.



Figura 61. Amostragem realizada com o dispositivo de coleta. Grande quantidade de líquido e bolhas resultantes do processo de fermentação. Fonte: arquivo pessoal.

4.2.1.2. Banheiros secos do Município de Garopaba

A coleta nos dois banheiros no município de Garopaba foi feita por volta do meio dia em um dia ensolarado com temperaturas médias de 22°C. Os parâmetros temperatura e umidade não foram mensurados, mas foi possível observar que os materiais coletados aparentemente não apresentavam um teor de umidade tão grande quanto os materiais provenientes do banheiro seco da ACEPSJ, pois era possível ver partículas pequenas individualizadas. E em relação à temperatura, todas as amostras aparentemente possuíam temperaturas semelhantes à temperatura ambiente.

4.2.2. Exames parasitológicos

Os resultados dos exames parasitológicos realizados nos banheiros da ACEPSJ, no Gaia Village e na propriedade particular em Garopaba são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos exames parasitológicos realizados no banheiro seco da ACEPSJ e nos dois banheiros secos estudados do Município de Garopaba.

AMOSTRA	BANHEIRO SECO DA ACEPSJ	BANHEIRO SECO GAIA VILLAGE	BANHEIRO SECO DE PROPRIEDADE PARTICULAR
material de menos de 3 meses de idade	Cisto de <i>Giardia</i> ; Ovos e larvas de Ancilostomatídeos	Larva de Ancilostomatídeos	Nada
material de idade entre 3 e 6 meses	Ovos e larvas de Ancilostomatídeos; Ovo de <i>Ascaris</i>	NR*	Nada
material de idade entre 6 e 12 meses	Cisto de Ameba; Ovo de <i>Ascaris</i> ; Ovos e larvas de Ancilostomatídeos; Cisto de <i>Giardia</i> ; Larva de parasita não humano	Larva de Ancilostomatídeos; Ovo de <i>Ascaris</i>	Nada

NR* = exame não realizado

A tabela apresenta a soma dos resultados obtidos pelos três exames parasitológicos aplicados em todas as amostragens feitas nos banheiros (7 no banheiro seco da ACEPSJ e 1 nos banheiros secos dos municípios de Garopaba). Como pode ser observado, tanto no banheiro seco da ACEPSJ, quanto no banheiro seco do Gaia Village foram encontrados agentes patogênicos tanto em materiais jovens, quanto em materiais de idade avançada. No banheiro seco de propriedade particular nenhum agente patogênico foi encontrado.

4.2.3. Exames de coliformes totais e fecais

Os resultados dos exames são apresentados abaixo divididos entre: (1) Banheiro seco da ACEPSJ e (2) Banheiros de Garopaba .

4.2.3.1. Banheiro seco ACEPSJ

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos dos exames de verificação e quantificação de coliformes totais e fecais para o banheiro seco da ACEPSJ.

Tabela 3. Resultados obtidos dos exames de coliformes fecais no banheiro seco da ACEPSJ.

AMOSTRA	COLIFORMES TOTAIS (nmp/100ml)	COLIFORMES FECAIS (nmp/100ml)
Material de aproximadamente 6 meses de idade	NR*	435,2
Material aproximadamente 12 meses de idade	>2419,2	7,4
Solo	1011,1	8,4

NR* = amostra de coloração muito escura

Fonte: IDEXX Quanti-Tray/2000. Tabela MPN (#poços grades x poços pequenos).

O resultado do exame de coliformes indica o número mais provável dessas bactérias em uma amostra de 100ml. O exame para todos os tipos de coliformes (coliformes totais) obteve valores relativamente altos, entretanto apenas os coliformes

fecais indicam a presença de material fecal nas amostras. Os valores de coliformes fecais, comparados à normatização brasileira para águas doces (Resolução CONAMA nº 20 de 1986) indicam que a água que entrou em contato com material de aproximadamente 12 meses pertence à classe 1 de águas. A classe 1 é a classe em que são encontradas um número máximo de 200 coliformes por 100ml de água. Esta classe é a segunda em classe na escala de qualidade determinada pela legislação (a primeira classe é a categoria especial, a qual não possui coliformes fecais e é destinada ao consumo humano), e, consiste em águas que podem ser utilizadas para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo. O mesmo pode ser aplicado para a amostra do solo.

Já a água que entrou em contato com composto de aproximadamente 6 meses de idade foi classificada como classe 2. A classe 2 para águas doces é aquela que abarca um número máximo de 1.000 coliformes fecais por 100ml de água.

4.2.3.2. Banheiros secos de Garopaba

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos dos exames de verificação e quantificação de coliformes totais e fecais para o banheiro seco do Município de Garopaba.

Tabela 4. Resultados obtidos do exame de coliformes fecais Colilert® nos Banheiros Secos de Garopaba realizado no dia 08 de maio de 2009.

AMOSTRA	CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA	COLIFORME TOTAL (nmp/100ml)	COLIFORME FECAL (nmp/100ml)
Gaia (a)	Material Fresco	NR*	435,2
Gaia (b)	Material de 1 ano e 2 meses de idade	248, 1	77,1
Banheiro Propriedade particular	Material de idade não estimada	>2419,2	435,2

* NR – Não realizada -Amostra de coloração muito escura

Fonte: IDEXX Quanti-Tray/2000. Tabela MPN (#poços grades x poços pequenos).

Os resultados obtidos para os banheiros do Município de Garopaba estão apresentados na Tabela 3 e indicam a classificação 2 para o material fresco retirado do banheiro da ONG Gaia Village e para o material proveniente do banheiro de propriedade particular e de classe 1 para a amostra de mais tempo de decomposição do banheiro da ONG.

4.2.4. Estudo dos odores

Os resultados do estudo dos odores serão apresentados através da divisão em parâmetros estudados por data da realização da amostragem. Os parâmetros estudados são divididos em: (1) concentração odorante nas datas 27 de julho de 2008 e 04 de abril de 2009, (2) Caráter, Hedonicidade e intensidade nas mesmas datas do primeiro; (3) vazão no dia 02 de junho de 2009.

4.2.4.1. Concentração dos odores

A concentração odorante do branco laboratorial foi determinada pela utilização da norma americana ASTM E679-91 e a concentração das amostras segundo a norma europeia CEN 13 725 (segundo metodologia do LCQAr).

(a) Amostras realizadas em 27 de junho de 2008

Os resultados obtidos pelo exame de concentração odorante se encontram na tabela 5.

Tabela 5. Resultados da análise de concentração odorante de 27 de junho de 2008

Local amostrado	Saco	Concentração odorante (U.O/m³)	Branco (U.O/m³)	Valor descontado do Branco (U.O/m³)	Média (U.O/m³)
(a) Banheiro Feminino	B02	108	18	90	46
	B01	21		3	

(b) Câmara de compostagem	D15	180		162	192
	D06	240		222	
(c) Acumulador	B12	320		302	218
	C10	152		134	

O quadro apresenta valores muito variados de concentração odorante. O local quantitativamente mais impactado na questão de odores foi o acumulador e o menos impactado foi o banheiro feminino. Foram encontrados, valores discrepantes como os observados no banheiro feminino (108 e 21), pois um foi aproximadamente 5 vezes maior que o outro. Os valores encontrados para a câmara de compostagem e do acumulador, por outro lado, são mais semelhantes entre si.

(b) Amostras realizadas no dia 04 de abril de 2009

O resultado das amostras realizadas no dia 04 de abril de 2009 seguem na tabela 6 abaixo:

Tabela 6. Resultado das concentrações odorantes do dia 04 de abril de 2009

Local amostrado	Saco	Concentração odorante (U.O/m³)	Branco (U.O/m³)	Valor descontado do Branco (U.O/m³)	Média (U.O/m³)
(a) Banheiro Feminino	B13	130	173	Valor inválido	501
	B07	95		Valor inválido	

	D09	674		501	
(b) Câmara de compostagem	D06	1211		1038	885
	D29	905		732	

Os resultados demonstram que há uma grande variedade entre as amostras. Além disso, o branco com valor de 173 (U.O/m³), quando comparado com amostras de valores como 95 (U.O/m³), demonstra que o branco foi mais alto do que era esperado, gerando valores inválidos. Os valores obtidos para o banheiro feminino apresentam uma discrepância entre si, enquanto que os valores da câmara de compostagem apresentam certa concordância.

4.2.4.2. Júri Móvel

Os resultados obtidos pelas respostas dos 6 jurados que participaram do primeiro dia de aplicação do teste do Júri Móvel somadas às respostas dos 7 que participaram do segundo dia, são apresentados nos cinco gráficos a seguir. O gráfico 9 mostra se houve a percepção do odor nos locais analisados. O gráfico 10 trata da constatação ou não de incômodo pelo odor percebido. O gráfico 11 da descrição do tipo de odor. O gráfico 12 representa a hedonicidade do odor (agradabilidade ou desagradabilidade) e o gráfico 13 apresenta uma média da intensidade odorante por local. Ressalta-se que os locais analisados foram os mesmos nos dois dias de testes.

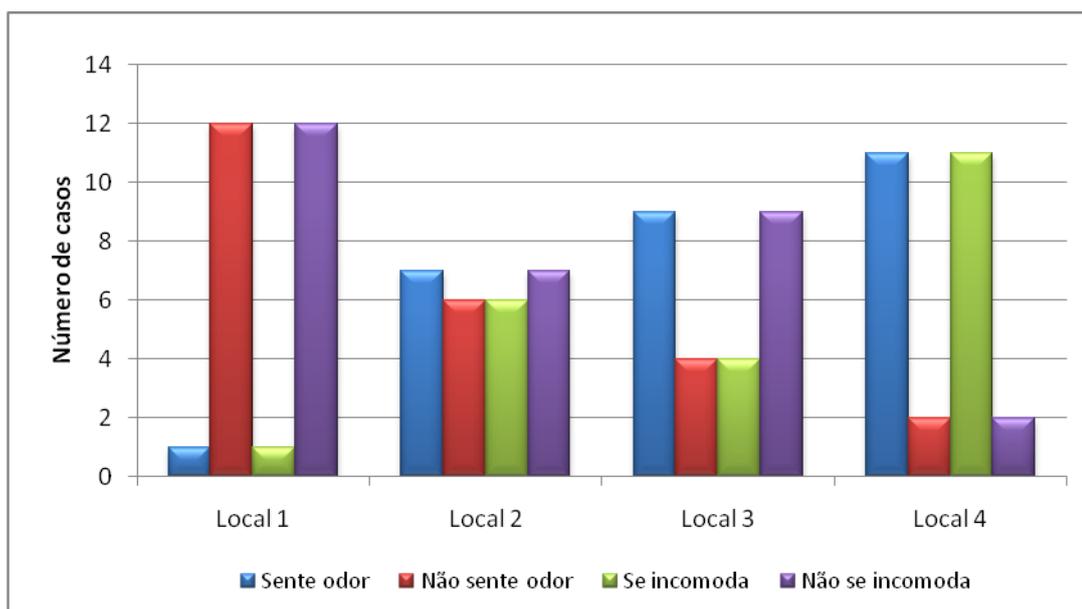


Gráfico 9. Percepção de odor por local analisado.

Analisando o Gráfico 9 pode-se inferir que o ponto 1, que representa o caminho de passagem do centro de educação para a horta e para o centro religioso que passa perto da janela do banheiro feminino, foi o ponto de menor concentração odorante, já que 90% dos jurados responderam que não sentem nenhum odor no local. O ponto 2, que representa os banheiros teve um valor intermediário de percepção do odor, pois 54% dos jurados disseram não sentir odor e 46% disseram sentir e se incomodar com o mesmo. No local 3, que representa o acumulador com tampa aberta, a maioria dos jurados respondeu não sentir odor enquanto que apenas 30% respondeu sentir odor e se incomodar com ele. No local 4, que representa a câmara de compostagem com a porta aberta, 84% dos jurados responderam sentir odor e se incomodar com ele.

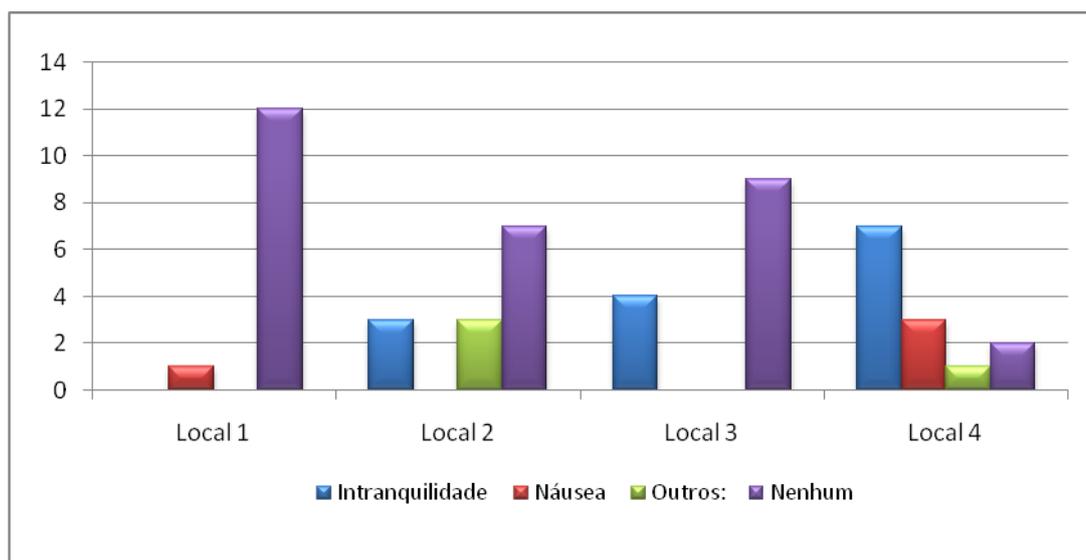


Gráfico 10. Descrição do incômodo causado pela concentração odorante em casos de constatação ou não de odor por ponto analisado.

O Gráfico 10 é referente à descrição do incômodo provocado pela concentração odorante em cada ponto analisado. Mais uma vez o local 1 foi o local de melhor aceitação em relação à qualidade do ar, com 90% dos jurados respondendo que não se incomodam em permanecer no local. No ponto 2, 23% dos jurados responderam sentir intranquilidade em permanecer no local, enquanto que o restante, 53% respondeu não sentir incômodo e 23% respondeu sentir algum outro incômodo não listado no questionário. No ponto 3, 69% respondeu não sentir nenhum incômodo, enquanto que 30% dos jurados responderam sentir intranquilidade em permanecer no local. Por fim, o ponto 4, foi o local de pior aceitação pois apenas 15% dos jurados responderam não sentir incomodo ao permanecer no local.

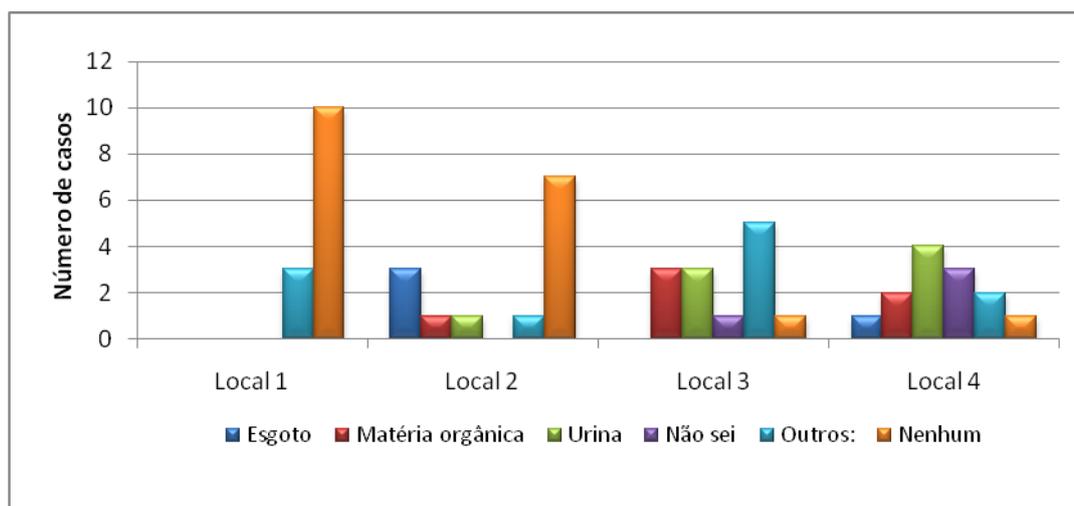


Gráfico 11. Descrição do caráter do odor por ponto de amostragem.

O Gráfico 11 representa a tentativa de descrição do caráter do odor por ponto analisado. No local 1, corroborando com as respostas já obtidas anteriormente, a maioria dos jurados respondeu não sentir odor ou sentir algum outro tipo de odor não relacionado ao banheiro seco. No local dois, dos 47% que descreveram sentir odores, 50% deles responderam sentir odor de esgoto, 16% sentir odor de matéria orgânica, 16% de urina e 16% de um odor não listado no questionário. No local 3, dos 9 jurados que responderam não sentir odores, apenas um deles manteve a resposta de não sentir odor. Os outros, incluindo aqueles que responderam sentir algum odor, se dividiram entre as opções matéria orgânica, urina, não sei e outros. No ponto 4, 30% dos jurados responderam sentir odor de urina, 15% responderam sentir odor de matéria orgânica e apenas 1 jurado (7%) respondeu sentir odor de esgoto. O restante se dividiu entre as opções de não sei, outros e nenhum.

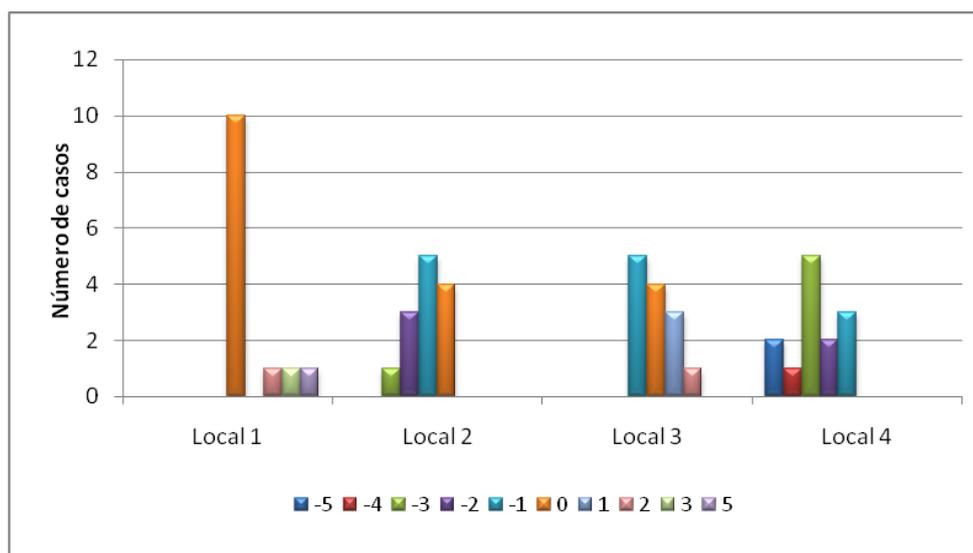


Gráfico 12. Hedonicidade do odor por ponto analisado.

O Gráfico 12 apresenta o grau de agradabilidade e desagradabilidade (hedonicidade) do odor percebido por local estudado. Como esperado, o local 1 foi o local de melhor aceitação com 77% dos jurados respondendo avaliar o local como neutro e o restante descrevendo o local como agradável. O local 2, foi descrito por 30% dos jurados como neutro e o restante descrevendo o local com leve desagradabilidade (entre -1 e -3). Já o local 3 foi descrito por 30% dos jurados como um local neutro e por outros 30% como um local de agradabilidade leve (entre +1 e 2), os 40% restantes descreveram o local como levemente desagradável (-1). Por fim, no local 4, todas as respostas descreveram o local como um local desagradável e variaram de levemente desagradável a extremamente, com o maior número das respostas (38%) elegendo a opção de desagradabilidade média.

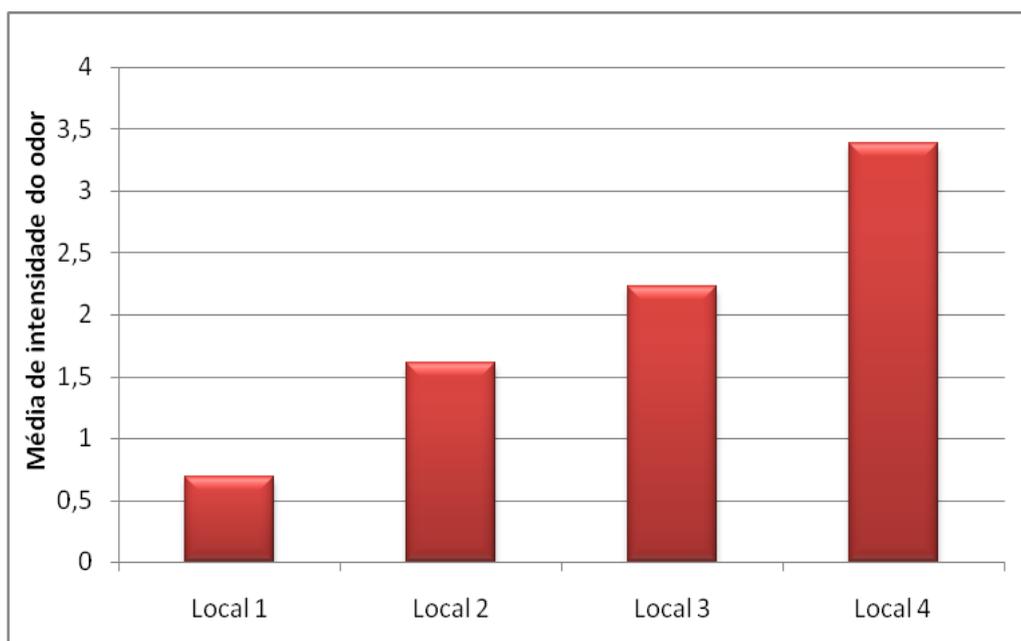


Gráfico 13. Média das respostas quanto à intensidade do odor por ponto analisado.

O gráfico 13 representa as médias de intensidade de odor percebida por local analisado dentro da escala de 0 a 5 apresentada na metodologia. As médias de intensidade de odor no ponto 1 foram de neutro a muito fraco. No ponto 2, as respostas indicaram uma intensidade muito fraca a fraca. No ponto 3, média das respostas indicou uma intensidade fraca e no ponto 4, a intensidade do odor foi tida como média.

4.2.4.3. Medição da vazão dos gases na câmara de compostagem e chaminé

(a) 03 de junho de 2009

Para medir a vazão fez-se primeiramente a medição do diâmetro para a obtenção da área da chaminé. O diâmetro obtido na porção terminal da chaminé onde foi medida a vazão foi de 20 cm. O resultado obtido pelo termo-anemômetro está disposto na tabela 6.

Tabela 7. Resultados obtidos das medições de vazão realizada no dia 03 de junho de 2009 no banheiro seco da ACEPSJ

Ponto	Média entre as vazões (m³/seg)	Hora da coleta	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura interna (°C)
(a)	0,01517	15h30min	19	23,1
(b)	0,01032	16h	19,5	20,6
(c)	0,00827	16h20min	19,6	19,6
(d)	0,01374	16h30min	18	19
(e)	0,00345	16h50min	16,2	16,2
(f)	0,01218	17h20min	16,2	15

Os pontos se referem respectivamente a: (a) saída da chaminé, com a janela basculante, as portas e as tampas das privadas dos dois banheiros fechadas; (b) saída da chaminé, com apenas a tampa da privada do banheiro feminino aberta, a janela basculante, portas e tampa da privada banheiro masculino fechadas; (c) desembocadura da chaminé, com as tampas das privadas abertas e janela basculante e portas dos dois banheiros fechadas; (d) saída da chaminé, ambas as tampas e janela abertas e portas fechadas; (e) saída da privada do banheiro Feminino com janela e porta fechada; (f) saída da privada do banheiro feminino, janela aberta e porta fechada.

Pela diferença das vazões pode se inferir que a circulação do ar é maior com janelas e portas abertas. Também foi possível notar uma não uniformidade na vazão com o decorrer do tempo, o que ocasionava fluxos de ar para dentro do banheiro ocasionando odores desagradáveis. Esse fato evidenciou a ineficiência do sistema de exaustão dos gases. Durante as medições provavelmente ocorreram erros com a operação do termo-anemômetro. As médias foram obtidas por medições aleatórias registradas pelo aparelho em um período de 10 minutos por ponto.

4.2.5. Análises químicas

O estudo químico do composto produzido por banheiros secos foi realizado somente no banheiro seco da ACEPSJ. Análises químicas realizadas no composto do banheiro seco da ACEPSJ de aproximadamente 13 meses de idade. O laboratório que realizou o experimento foi o Laboratório de Análises de solo da EPAGRI S.A. Estação Experimental de Ituporanga. Laboratório integrante da Rede Oficial dos Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal - ROLAS do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O laudo da perícia segue no Anexo C. O resultado obtido pode ser visualizado na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8. Análise química realizada no material compostado pelo banheiro seco da ACEPSJ realizada no dia 03 de junho 2009.

AMOSTRA	pH Água	Índice SMP	P	K	M.O (%)	Al	Ca	Mg	Argila (%)
			(mg / dm ³)			(Cmol _c /dm ³)			
Material de mais de 12 meses de idade	5,5	5,7	560,0	1320	12,3	0,2	6,2	3,6	29
	Acidez Potencial H + Al (Cmol_c/dm³)	Relações			Soma de Bases S (Cmol_c/dm³)	CTC pH 7,0 (Cmol_c/ dm³)	Saturação de Al (%)	Saturação de bases V (%)	
		Ca/ Mg	Ca/ K	Mg/ K					
	6,2	1,72	1,84	1,07	13,18	19,3	1,5	68,2	

Fonte: Laboratório de Análises de solo da EPAGRI S.A. Estação Experimental de Ituporanga.

Analisando a tabela, coloca-se aqui alguns dos aspectos mais relevantes para análise do composto. Os resultados apresentados demonstram que o composto produzido pelo banheiro seco da ACEPSJ apresenta um pH mediano que é bom para a aplicação solo. A taxa de Matéria Orgânica de 12,3% que comparado a outros solos orgânicos é considerada relativamente alta. A capacidade de troca de cátions medida pelo índice CTC de 19,3

$\text{Cmol}_C/\text{dm}^3$ e é considerada uma taxa alta e indica uma formação de húmus (WIETHÖLTER, 1994). Um teor de argila de aproximadamente 30% é também considerado um bom índice para composto orgânico (WIETHÖLTER, 1994). Entretanto a amostra apresentou como aspecto negativo um alto índice de P e K.

Capítulo V. DISCUSSÃO

O modelo de banheiro seco elaborado pela equipe do projeto de edificação na UFSC, ao incluir componentes que contribuem para o conforto térmico e lumínico, bem como incorporar matérias primas de origem local, se insere no contexto das edificações mais modernas nas quais os princípios de eficiência energética e de uso racional dos recursos naturais são tidos como estandartes.

Segundo Olgyay e Olgyay (1973), o desenho de edifícios levando em consideração as condições climáticas, a utilização os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuva, vento) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético é denominado de arquitetura bioclimática. Para os autores, o processo de concepção de uma edificação que leva em conta a arquitetura bioclimática segue quatro passos: o estudo das variáveis climáticas, os efeitos do clima no ser humano, soluções tecnológicas e por último a expressão arquitetônica.

Sendo assim, o projeto da UFSC alcançou seu objetivo quando, ao elaborar o protótipo, observou as condições climáticas da Ilha de Santa Catarina, buscou o conforto climático para os usuários, propôs uma solução tecnológica para a utilização da água e desenhou um sistema visualmente integrado à paisagem (paredes de solo estabilizado e telhado verde).

Segundo Gonçalves e Graça (2004) uma casa bioclimática pode conseguir grandes economias de energia e inclusive ser sustentável em sua totalidade. Embora atualmente o custo da edificação possa ser elevado, o investimento deste tipo de edificação pode ser compensado com o decréscimo de gastos em energia. Embora pareça um conceito novo de arquitetura, é tradicionalmente utilizado desde antiguidade, como por exemplo, no desenho das cidades romanas de acordo com a orientação solar, nas casas caiadas no Sul de Portugal ou os pátios interiores de origem árabe (LANHAM; GAMA e BRAZ, 2004).

Além disso, o projeto como um todo condiz com o objetivo de contribuir com mais uma tecnologia que busca a sustentabilidade no *campus* da UFSC. O que se esperava era que, seguindo a linha de outras universidades como Harvard, *College of the Atlantic* e *University of Michigan*, que adotaram conceitos de sustentabilidade e tecnologias de compostagem e banheiro seco dentro de seus *campi* (HUMMEL e DAUTREMONT-SMITH, 2007 e KIWI, 2008), o banheiro trouxesse certa visibilidade para a Universidade em relação à opção por tecnologias como estas.

Assim, da mesma forma como aponta o relatório anual desenvolvido pela revista KIWI, o *Green College Report 2008*: “enquanto que a 10 anos atrás, estudantes provavelmente não consideraram a questão da sustentabilidade no *campus* universitário quando fizeram suas escolhas pelo centro em que iriam estudar, hoje isso se tornou um dos maiores motivos para tal decisão” (KIWI, 2008), acreditou-se que a adoção de tecnologias como estas poderiam contribuir para a UFSC como um todo.

O protótipo também foi bem sucedido na proposição de certas tecnologias para o conforto dos usuários, como as tampas internas à privada que impedem o contato visual dos usuários com o material em decomposição. Existem modelos, como é o caso dos modelos da Biolet®, onde este tipo de tampa já é uma realidade, porém em outros o próprio vaso sanitário possui uma curvatura que impede este contato. Já algumas tecnologias como a descarga automática de matéria orgânica seca necessitam de mais estudos para desenvolver uma maneira prática e não custosa de tornar-las uma realidade.

Entretanto, em relação à praticidade, à facilidade de adequação a um projeto convencional de uma edificação de um ou mais pavimentos e ao sistema de compostagem em si, nota-se hoje que o modelo não foi eficaz em sua proposta. Afirma-se isso pela observação feita a partir dos protótipos estudados na segunda etapa deste trabalho. Percebeu-se que a rampa de inclinação de 45° não é capaz de fazer com que o conjunto EPHA (excrementos, papel higiênico e aditivos) escorregue até o destino final. Isto faz com que este material fique grudado na mesma contribuindo para maus odores e atração de moscas, exigindo muitas vezes que o usuário tenha que fazer a remoção deste material manualmente. Isto, além de aumentar o esforço de operação e manutenção do sistema, contribuir significativamente para a não aceitação do sistema.

Além disso, pensava-se anteriormente, que a condição de EPHA espalhado na rampa era benéfica para a desidratação do material e conseqüentemente o tratamento por dissecação. Em um estudo realizado no México em banheiros secos de ambos os tratamentos (biodegradação e dissecação), os resultados obtidos indicaram que, para regiões de climas quentes o tratamento por dissecação foi o melhor que o sistema de tratamento por biodegradação (RYCKEBOER *et al.*, 2003). Entretanto, o que se viu no banheiro da ACEPSJ foi que o EPHA acumulado na rampa permanece tanto fora do processo de compostagem por biodegradação, quanto do tratamento por dissecação.

Com isto, não se pode afirmar que a intenção de tratar o conjunto EPHA na rampa com vidro translúcido não pode vir a ser um sucesso. Nem mesmo que a intenção não tenha sido válida, já que, como enfatizado desde o início o projeto estava sendo feito como um piloto para fins de pesquisa. Assim, com todas estas observações sabe-se que o processo deve ser muito bem controlado e aplicado, pois corre o risco do material permanecer na rampa sem nem entrar no tratamento de compostagem convencional e nem no tratamento por dissecação. Sendo assim, estudos mais detalhados são necessários para simular as possíveis condições que este sistema pode obter e com isto poder chegar a uma conclusão mais significativa sobre as possibilidades deste tratamento.

Ainda, o acréscimo uma rampa de tamanha proporção e a conseqüente inserção do banheiro no segundo pavimento é uma ação contrária à eficiência energética, pois o esforço necessário para a utilização do banheiro por seus adeptos seria talvez maior do que a ansiedade dos mesmos. Assim, pelos resultados obtidos pelas análises dos protótipos em funcionamento, observou-se uma ineficiência dos modelos com rampa, além de uma não necessidade de construção de uma câmara de compostagem tão grande. Um processo de compostagem bem empregado faz com que volume do material em decomposição se reduza para entre 10 a 30% do volume original (PORTO e STEINFELD, 2000). Além disso, pilhas com excesso de material podem entrar em condições de anaerobiose devido à compactação das partículas. Sendo assim, no caso de um banheiro seco público como era o proposto pelo projeto, onde o percentual de utilização é grande, ainda utilizando este modelo de banheiro de duas grandes câmaras, faz-se necessário o acréscimo de um sistema de aeração, como borbulhadores de ar

por exemplo, ou de revolvimento, como braços com garfos giratórios evitando assim a compactação.

Todos estes acréscimos vão tornando o sistema mais complexo, de difícil execução e dispendioso. Sendo assim, o que se conclui que o modelo não seja o modelo de banheiro seco mais eficiente.

O que fica claramente evidenciado pelos exames parasitológicos é que o processo de compostagem nestes modelos não esteja sendo eficiente. De fato, as médias das temperaturas medidas dentro dos sistemas poço se diferenciaram das temperaturas ambientes. Isto indica que as condições ideais para que o processo ocorra, que são pH, umidade, aeração, temperatura e tamanho das partículas, não estejam ocorrendo.

De fato, nos tonéis do Banheiro da ACEPSJ foram mensuradas taxas médias de umidade (75%) consideradas excedentes e prejudiciais. A condição de anaerobiose gerada pelo excesso de líquidos faz com que ao invés de compostagem, a matéria seja decomposta pura e simplesmente por putrefação que geram maus odores, não é capaz sanitizar o composto e necessita de mais tempo de decomposição. Este é um ponto bastante importante que é válido frisar bem: o processo de compostagem é um processo biológico influenciado por uma série de variantes e que por isso não permita um estipular um tempo fixo e predeterminado para que seu processo se complete.

É muito comum encontrar na literatura brasileira a determinação do tempo de 6 a 8 meses como necessário para a completa estabilização da matéria orgânica e a completa sanitização do composto, ou seja, a garantia que este seja seguro para a aplicação no solo. Entretanto, isto somente é verdade em situações onde o processo ocorre em condições ótimas ou quase ótimas. Em casos em que a temperatura não seja elevada ou a umidade não seja a ideal, o processo de estabilização da matéria pode levar muito mais tempo para ocorrer. Somente com um monitoramento constante durante as fases do processo de compostagem é que se pode definir quando o composto produzido está bom ou não para a sua utilização.

Além disso, outra possível explicação para a não adequação das condições ideais para a compostagem pode ser a utilização de tonéis para o armazenamento e para manutenção do material durante o período, onde se espera que ocorra a compostagem. O tonel não permite a

aeração e sem oxigênio não é possível que ocorra o metabolismo microbiano e, por conseguinte, a produção de calor. Com isto, uma das sugestões e recomendações que se faz é que os tonéis ou quaisquer recipientes fechados não devem ser utilizados durante o processo de compostagem. Os mesmos podem até a vir a ser utilizados como coletores, ou seja, como apenas receptores da matéria orgânica fresca, mas não como armazenadores ao longo do processo.

Em alguns modelos que se tem conhecimento, o tonel é utilizado como coletor e depois o material é transferido e despejado em leiras de compostagem (sistema *windrow*). Neste caso, o material fresco é agregado a um sistema já operante e, portanto, com altas temperaturas. Neste caso, supõe-se que a exposição do material fecal a estas altas temperaturas seja capaz de tornar o material seguro para ser utilizado. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para confirmar esta suposição, além de avaliar o real impacto deste acréscimo ao sistema de leiras, pois, esta última, muitas vezes é edificada em contato direto com o solo e o chorume proveniente do material fecal pode acabar vindo a ser prejudicial e impactante ao ambiente. Além disso, cabe ressaltar ainda a dificuldade de se obter um sistema de compostagem termofílica eficiente, pois em muitos casos as temperaturas não chegam a faixas termofílicas.

Por fim, enfatiza-se também a questão pouco prática do tonel que acrescenta a tarefa rotineira de transferir o material para outro e o fato que esta tarefa pode chegar a ser insalubre, pois acrescenta à manutenção do sistema um momento de contato com o material fecal enquanto este ainda está relativamente fresco. Estes tonéis ainda podem muitas vezes ser bastante pesados, principalmente em sistemas onde a urina é armazenada junto com o EPHA, de maneira que a manutenção se torna impossível de ser realizada por algumas pessoas. Assim, o ideal seria obter um sistema onde o lugar de coleta e de armazenamento do material fecal durante as fases de compostagem sejam os mesmos, evitando assim o contato do usuário com o material antes que o processo de compostagem tenha ocorrido, como é o caso dos banheiros secos compactos e os centralizadores pré-fabricados (como por exemplo, o modelo carrossel).

Sendo assim, a não adequação das condições necessárias para o processo de compostagem é o principal motivo pelo qual se supõe que os banheiros secos da ACEPSJ e do

Gaia Village estejam apresentando contaminação por patógenos humanos. Já no caso do banheiro seco da propriedade particular, as possíveis explicações para a não ocorrência de agentes patogênicos são a não ocorrência de uma fonte infecciosa, ou seja, os usuários do mesmo não estavam acometidos de nenhuma forma de parasitismo, ou, como se acredita ser mais provável, a realização de apenas um exame não tenha sido capaz de demonstrar a realidade ou mesmo que a quantidade de material proveniente do banheiro na amostra coletada não tenha sido significativa, já que o material estava misturado com outros materiais orgânicos de outras procedências e todos estavam misturados e depositados no solo. Sendo assim, faz-se necessário a realização de novos exames para obter dados representativos.

As possíveis explicações para os números relativamente baixos de coliformes encontrados nas amostras são: (1) talvez a metodologia empregada não tenha sido adequada, (2) que o pH relativamente altos tenham promovido a morte de patógenos (REDLINGER *et al.*, 2002) e (3) que as altas temperaturas provenientes do processo de compostagem estejam sendo responsáveis para a morte dos microrganismos.

As duas ultimas explicações são descartadas pela observação, em campo, no caso dos banheiros do Município de Garopaba de que as temperaturas não ultrapassavam significativamente a temperatura ambiente e de que a elevação do pH a níveis básicos capazes de matar os microorganismos patogênicos (valores de pH maior que 10) só é obtida a partir do funcionamento adequado da compostagem ou pela adição de agentes alcalinos como a cal (REDLINGER *et al.* 2001).

No caso do banheiro de propriedade particular, supõe-se ainda que mais uma vez (o mesmo aconteceu pela análise dos exames parasitológicos) que a quantidade de material proveniente do banheiro seco presente na amostra tenha sido muito pequena, já que, tanto solo quanto resíduos orgânicos provenientes de outras procedências (resíduos de alimentos, etc.) estavam misturados na pilha sobre o solo.

Por ultimo, em todos os banheiros, a primeira explicação, o fato de que talvez a metodologia empregada não tenha sido adequada, é a que nos pareceu mais provável. Nos trabalhos realizados em materiais provenientes de banheiros secos de Redlinger *et al.*, (2001) e Guardabassi, Dalsgaard e Sobsey, (2003) os autores relatam que utilizaram exames para

verificar a presença de coliformes feitos a partir de análises de solo, seguindo as normas colocadas pela agência de proteção ambiental americana (U.S. Environmental Protection Agency – USEPA (1994)). A agência estabelece duas classes para o composto orgânico, de acordo com a presença de coliformes fecais: a classe A apresentando <1.000 coliformes fecais por grama de solo em base seca e a classe B com 2×10^6 de coliformes fecais por grama de solo em base seca. Assim, talvez a metodologia empregada na diluição do material na água ou a quantidade de material diluído tenha fornecido dados inconclusivos. Neste caso, percebe-se que é necessário ou a realização de novos exames seguindo a metodologia empregada para solos orgânicos e as recomendações da USEPA ou mesmo a reformulação da metodologia aplicada anteriormente, pois, a filtração e a diluição foram dois desafios neste trabalho, tanto o tempo de diluição quanto a utilização ou não de agitadores foram uma grande dúvida e talvez tenha sido exatamente a diluição ou a filtração que tenham sido responsáveis pelos valores baixos.

Como esperado, o valor da concentração odorante do interior do banheiro foi menor que o da câmara de compostagem. Os valores variados apontam, assim como na primeira análise, para uma dependência desta concentração a diversos outros fatores ambientais que interferem na atividade da microbiota presente no composto.

Na segunda coleta, com a utilização da caixa pulmão a interferência externa na amostra foi minimizada. Entretanto, a utilização de sacos Tedlar® com problemas ocasionou o esvaziamento de uma amostra do ponto (b), fazendo com que a análise desse ponto fosse feita em duplicata. Outro fator a ser observado é o elevado valor do branco olfatométrico (causado por uma possível contaminação do sistema) invalidando dois valores do ponto (a) devido ao seu valor ser maior que a amostra. Os jurados que participaram da segunda análise eram igualmente inexperientes em relação à primeira, o que pode ter distorcido os resultados.

Os resultados demonstram que há uma grande variedade entre as amostras indicando ou erros de amostragem ou influencia de diversos fatores como microorganismos presentes no composto, estágio de compostagem, se está havendo decomposição aeróbica e anaeróbia e estação do ano. Todos estes fatores estão intrinsecamente correlacionados à degradação da matéria orgânica e com a produção odorante.

A primeira questão que se observa ao analisar os resultados obtidos pelo teste do júri móvel é que houve uma falta de explicação na aplicação do questionário, o que fez com que não ficasse claro para os jurados o objetivo do teste. Quando, por exemplo, observa-se que alguns jurados optaram pela resposta de não sentir nenhum odor e depois preencheram as outras opções do questionário, como quanto a agradabilidade e intensidade do odor, verifica-se que não foi entendido que se não havia odor em um determinado local, não era necessário preencher as outras questões colocadas para a análise da qualidade do ar para este local. Outro problema metodológico foi a não adequação do questionário para a análise de banheiros secos. Ou seja, não houve a adequação das opções para a questão de descrição dos possíveis incômodos decorrentes dos odores percebidos por local e da descrição deste odor. Com isto, supõe-se que dentre as respostas analisadas, parte delas tenha sido escolhida como consequência da falta de opções mais adequadas.

Seguindo a análise e abstraindo estes problemas metodológicos, os resultados indicaram que houve um grande incômodo no ponto 4 (câmara de compostagem com a porta aberta), sendo verificados odores desagradáveis de intensidades médias. Com isso conclui-se que a pessoa sente odor desagradável quando faz a manutenção do banheiro, dados este que pode ser utilizado para a análise da eficiência do processo de compostagem como um todo. Isto porque, em processos de compostagem eficientes, onde o processo de decomposição termofílica aeróbia acontece, o resultado do processo é gás carbônico e água, sendo que não há a produção de odores.

Por fim, cabe ressaltar que os resultados obtidos pelas análises olfatométricas indicaram um grau crescente da concentração odorante que vai do local 1 ao local 4, confirmando assim a pré-estimativa feita pelos responsáveis da pesquisa na escolha da ordem de aplicação do questionário por locais a serem estudados no teste do Júri Móvel.

Uma das possíveis causas da ineficiência do processo de compostagem no banheiro da ACEPSJ são as baixas temperaturas medidas no interior do sistema, dificultando a convecção dos gases. Sendo assim, faz-se necessário a realização de estudos mais profundos sobre a circulação do ar para então obter um sistema que evite um refluxo de odores da câmara para o banheiro.

Segundo CLEZAR e NOGUEIRA, (1999) a utilização de chapéus nas saídas de chaminé, como é o caso do protótipo da ACEPSJ, que utiliza o chapéu do tipo “Sputnik”, prejudica a dispersão dos poluentes na atmosfera. Sendo assim, recomenda-se a utilização de um duto de descarga duplo, que evitaria a entrada da água da chuva no sistema e facilitaria o fluxo do gás proveniente da compostagem. O esquema do duto duplo pode ser visualizado no ANEXO D.

Este modelo de ventilação é basicamente dois dutos de diâmetros diferentes inseridos um dentro do outro, sua fabricação é consideravelmente simples e estima-se que além de contribuir com a ventilação o sistema seja de custo inferior à aplicação de chapéu nas chaminés dos banheiros.

Comparando os resultados entre o exame de concentração odorante obtidos pela olfatometria com o teste do Júri móvel nos pontos em comum (a) interior do banheiro feminino e (b) câmara de compostagem com a porta aberta. Pode-se observar que os resultados foram concordantes já que o ponto de maior concentração odorante da olfatometria obteve a maior desagradabilidade e maior intensidade no júri móvel, que foi o da câmara de compostagem aberta. Apesar de ter dado um resultado elevado, nesse ponto as condições estabelecidas acontecem apenas quando há a necessidade de manutenção. Além disso, esse cheiro pode ser decorrente de uma condição de anaerobiose que agrava a situação de odores desagradáveis, ou seja, pode se supor que este resultado venha a apoiar a tese apresentada pelos exames parasitológicos e a mensuração de umidade que indicaram um mau funcionamento do sistema de compostagem.

No banheiro feminino, a concentração odorante teve um valor baixo, a hedonicidade teve um valor intermediário e a intensidade de valores baixos. Isso indica certa aceitabilidade do banheiro seco, quanto a questão de odores em seu interior. Seria interessante uma comparação de análises olfatométricas entre o banheiro seco e um banheiro convencional, para assim serem tiradas conclusões significativas.

Valores de pH abaixo de 5,5 podem causar problemas de toxidez de alumínio e manganês para plantas e microrganismos. A origem da acidez do solo é causada principalmente por lavagem de Ca e Mg do solo pela água da chuva ou irrigação, remoção dos

nutrientes pelas colheitas e utilização da maioria dos fertilizantes químicos (FREITAS *et al.*, 2008). Valores de pH entre 5,5 e 6,5 são considerados bons, pois após o valor de 5,5 o composto se estabiliza devido à contribuição da matéria orgânica que eleva o pH. (WIETHÖLTER, 1994). Assim, o valor de pH encontrado na amostra, em torno de 5,5, é considerado um pH bom e aplicável para a agricultura. Entretanto, pH de 5,5 pode também ser um indicador de anaerobiose, pois, com a baixa eficiência do processo de compostagem pouco CO₂ é produzido e liberado mantendo o carbono na forma de ácido carbônico no meio e então provocando a queda do pH. Teores baixos de pH podem ser prejudiciais para o sistema já que há um favorecimento para a solubilização dos metais pesados para o choro que se torna então perigoso para a contaminação do solo. Em relação à argila, não se sabe qual a sua correta procedência, pois teoricamente, em um sistema composto de dejetos humanos e material vegetal, não deveria apresentar teores tão elevados de argila.

O índice CTC aumenta à medida que a humificação progride (HARADA *et al.* 1981). Quando este índice é extremamente baixo, o que geralmente acontece em solos ácidos, o cálcio e magnésio podem vir a ser deficitários. No caso do composto do banheiro seco da ACEPSJ, o pH mediano e a taxa CTC relativamente alta fazem com que o cálcio e o magnésio fiquem retidos no composto contribuindo para a sua qualidade. O cálcio e o magnésio são considerados nutrientes essenciais para as plantas.

Além disso, com o teor de argila de 30%, demonstrando o caráter argiloso do solo e o pH mediano, há uma melhor agregação das partículas que subsequentemente levam a uma maior permeabilidade e aeração do mesmo (FREITAS *et al.*, 2008).

Entretanto a amostra apresentou também um alto índice de P e K, o que é um aspecto negativo sobre a qualidade do composto. Segundo Kiehl (2002), o teor de nitrogênio deve ser da ordem de duas a quatro vezes maiores que os de fósforo ou potássio, o que não é o caso apresentado pela amostra.

Neste estudo não foram desenvolvidas análises de micronutrientes para verificar a presença de metais pesados, dados estes que contribuiriam para a discussão do nível de toxicidade do composto e as possíveis conseqüências após sucessivas aplicações do composto no solo. Sendo assim, sugere-se a realização de análises que possam verificar e quantificar a

presença de metais pesados na amostra. Como não considerando a influência dos metais pesados na qualidade do composto, conclui-se que foi possível obter um composto com características físicas e químicas condizentes com as configurações adotadas para tal processo e se obteve um substrato com qualidade para o aproveitamento em cultivo orgânico para o tipo de solo adequado (KIEHL *et al.*, 1981). Segundo Pereira Neto e Lelis (1999), por pior que seja o produto, sempre estará inerte, não produzirá gases nem chorume e propiciará o crescimento de vegetais em áreas contaminadas, solos estéreis, voçorocas e aterros.

A utilização do composto depende da necessidade de cada solo, pois cada composto tem suas características e cada solo suas demandas. Para determinar as possíveis aplicações do composto do banheiro seco da ACEPSJ, se faz necessária a execução de um estudo mais aprofundado para definir as doses e a frequência das aplicações deste composto em função das características dos solos e das culturas (EMBRAPA, 2008).

Ainda, ressalta-se a importância do composto como mercadoria que pode constituir uma fonte de renda ou economia para as pessoas que adotem estes sistemas. Kashmanian (1993) afirma que há nos Estados Unidos uma série de programas e mercados que comercializam composto o que demonstra um potencial considerável na rentabilidade desta prática. Se a produção de composto derivado de resíduos sólidos de excreta humana for capaz de garantir níveis seguros de saúde, talvez possa chegar a uma rentabilidade na comercialização deste composto.

Por fim, cabe reenfatar a importância do banheiro seco como uma solução de saneamento para a comunidade local. Martins (2007) pesquisou os sistemas de esgotamento sanitário presentes na ACEPSJ. Em seu estudo, o autor verificou a não existência de serviço público de coleta de esgoto sendo que todos os sistemas de coleta e tratamento de esgoto são baseados em tecnologias descentralizadas e individuais, como fossas sépticas e banheiro seco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os banheiros secos são uma das alternativas mais promissoras o tratamento dos resíduos sólidos provenientes da excreta humana, para o combate de doenças infecciosas e parasitárias e para a utilização racional da água. Ainda, este sistema pode muitas vezes ser a única solução para regiões áridas onde o recurso de água é escasso ou regiões muito pobres ou de baixa densidade demográfica onde o abastecimento de água é precário ou por demais oneroso para uma determinada população.

Hoje em dia já existe uma infinidade de tipos de banheiros secos e a tecnologia vem obtendo cada vez mais atenção dos pesquisadores e a medida que as pesquisas vão avançando, mais e mais técnicas, modelos, acessórios e suplementos ao sistema são desenvolvidos. A tendência observada neste trabalho é a criação de modelos que sejam igualmente confortáveis aos modelos convencionais e de cada vez menos manutenção e, com isto, a tecnologia tende a transpassar as barreiras da necessidade para a utilização por opção. Com o desenrolar da concepção moderna do reuso e da reciclagem, o que acredita é que em poucos anos passará a ser considerado elegante e inteligente possuir um protótipo de banheiro seco dentro de casas e estabelecimentos comerciais.

Além disso, observa-se que a redução do volume dos resíduos sólidos, a utilização direta da urina como fertilizante agrícola e a não poluição da água, conseqüências decorrentes da aplicação deste sistema, serão os grandes motivadores para que as agências de saúde e os governos dediquem mais atenção e destinem mais recursos para a aplicação e aprimoramento desta tecnologia.

Por conseguinte, a possibilidade de um mercado para o produto final faz com que esta tecnologia seja alvo também de empresas que possuem o interesse em se apropriar deste espaço ainda disponível. O composto final pode ser utilizado tanto na agricultura como em jardinagem urbana, sendo assim um bom produto, também, para os governos locais como, por exemplo, os municípios que destinam parte de suas verbas com fertilizantes químicos para paisagismo e jardinagem públicos.

Porém, para que tudo isto possa a vir a se realizar, o processo de compostagem termofílica precisa ser muito bem desenvolvido. Conclui-se com este trabalho que existe uma grande dificuldade para o encontro das condições ideais necessárias para que o processo ocorra. Claramente foi possível notar que ainda há uma grande carência, na literatura brasileira, de informações sobre compostagem em banheiros secos. Estas informações são extremamente importantes, visto que os valores ideais para os parâmetros de temperatura, umidade, pH e taxa de oxigênio para compostagens em banheiros secos se diferem dos valores de compostagens de resíduos de outra procedência.

Além disso, o processo de compostagem como um todo, apesar de ganhar cada vez mais visibilidade, ainda representa algo de dificuldade de efetivação para as pessoas que não possuem experiência com este tipo de técnica. Sendo assim, a conclusão mais importante que pode-se tirar com este trabalho é que é preciso tomar bastante cuidado quando utilizar este tipo de sistema e que diversas condições devem ser observadas pois vários riscos biológicos de contaminação e dispersão de doenças podem ser praticados inconscientemente. O que se recomenda é que se tome bastante ao ler as informações correntes na internet e que se verifique bem a procedência destas referências. Recomenda-se, ainda, que os futuros proprietários e usuários tenham bastante seriedade quando da aplicação dos sistemas em suas residências e que procurem estar sempre verificando como está se desenvolvendo o processo.

A observação de cada etapa do processo, o constante monitoramento e o controle das condições físico-químicas são atitudes terminantemente fundamentais para a eficácia do sistema. Para isto, é necessário que as pessoas que adotem estes sistemas estejam dispostas a tratar do seu próprio resíduo de maneira aberta e sem medo. Como foi levantado anteriormente, o tabu em se falar e se tratar dos excrementos será sempre um fator agravante para a expansão da tecnologia.

Em caso de áreas urbanas, futuramente o que se espera é que modelos industrializados acompanhados de sensores e controles de temperatura, umidade, pH e aeração sejam disponibilizados para a população de maneira mais acessível e barata. Acredita-se que os modelos compactos e padronizados possam vir a minimizar as dificuldades de adequação de espaço, para atingir as condições ideais para que a compostagem ocorra de maneira eficiente e para desmistificar o preconceito ainda existente na população e mudar o hábito de levar os

dejetos para longe através de uma descarga com água. Vale ressaltar ainda que, em alguns destes casos, mesmo que esta tecnologia seja um pouco mais cara que a tecnologia convencional, a economia gerada pela queda na taxa de utilização da água e o barateamento (em caso de muitas pessoas aderirem à tecnologia) da tarifa de água decorrente da não mais necessidade de empregar grandes estações de tratamento de esgoto ou manter lagos de estabilização e criar redes de emissários, seja capaz de recompensar o investimento inicial destinado à compra do protótipo de banheiro seco escolhido.

Entretanto, cabe citar ainda, que para solucionar os problemas de saneamento no mundo e com isto contribuir para uma ascensão significativa da qualidade de vida das pessoas que carecem de condições básicas de serviços sanitários, é necessário adotar soluções e medidas simples e baratas, para que o um número maior de pessoas possam ter acesso. Nestes casos, acredita-se que as agências internacionais estão indo na direção certa criando programas que colaboram com as instalações de sistemas descentralizados e de pequeno porte simples e baratos, como banheiros secos e outros tipos de latrinas e fossas, em comunidades onde há uma carência extrema de melhoria nas condições básicas de saneamento. Comunidade estas, onde muitas vezes há surtos de doenças intrinsecamente relacionadas à baixa qualidade de vida e onde a população sofre de desnutrição.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Resíduos Sólidos- Classificação. NBR 10004. São Paulo. 1997. 63p.

ACEPSJ. Associação Ambientalista Comunitária e Espiritualista Patriarca São José. Disponível em: <<http://www.acepsj.org.br>>. Acesso em 13 de maio de 2008.

BRANDÃO, C. E. L. **Energia e reciclagem do lixo urbano em perspectiva** [Rio de Janeiro] 1989 vii, 163 p, 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Nuclear e Planejamento Energético. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

BRESLIN, E.D.. “Introducing Ecological Sanitation: Some Lessons from a Small Town Pilot Project in Moçambique”. In: *Water, Science and Technology*. Artigo apresentado em Stockholm Water Symposium 2001. 2001.

BANCO MUNDIAL. World Development Report: Investing in health. New York. Oxford University Press, 1993.

BELLI, P. F.; DE MELO, L. H. Avaliação de emissões odorantes. Engenharia Sanitária e Ambiental. 3-Nº 3, Jul/Set, Nº 4 Out/Dez, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso. 4. ed. ampl.– Brasília: Ministério da Saúde, 2004a. 332 p.:

_____. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004b. 410 pg.

BÜTTENBENDER, S. E. **Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Anegolina – SC.** Florianópolis - SC, março/2004, 140 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental),

Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

CARNEIRO *et al.* The risk of *Ascaris lumbricoides* infection in children as an environmental health indicator to guide preventive activities in Caparaó and Alto Caparaó, Brazil. *Bull World Health Organ* [online]. 2002, vol.80, n.1 ISSN 0042-9686. Similarity:0.321098

CASAGRANDE, C. Caracterização de Composto Orgânico Sanitário com vistas à Recuperação de Ecossistemas Costeiros: Estudo de Caso da Fundação Gaia Village Garopaba, SC. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense.

CASTILLO CASTILLO, L. Sanitario ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento. Guadalajara; s.n; México. 2002. 98 p.

CASTRO, S. B. e PINTO, D. S. Uso de técnicas da permacultura na agricultura familiar no Brasil. In: *Anais do I Congresso Goiano de Educação Ambiental*. Goiânia, 2008.

CELERE, M. S. *et al.* Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2007000400021&lng=en&nrm=iso>. Acessado em Junho de 2009.

CERRI, C.E.P. et al. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. IN: *Scientia Agricola*, v.64, p.83-99, 2007.

CHAVES, M. L. Acidez dos solos. Artigo técnico. In: Rehagro – recursos humanos no agronegócio. Em 11 de fevereiro de 2005. Disponível em <http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=61>

CHEREMISINOFF P.N. Biomangement of wastewater and wastes. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 221 pp. 1994

CLEZAR, C. A. e NOGUEIRA, A. C. R. Ventilação industrial. Florianópolis. Editora da UFSC. 1999. 298p.

COLLEY, Daniel G. Parasitic diseases: opportunities and challenges in the 21st century. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02762000000700015&lng=en&nrm=iso>. Acessado em Julho de 2009.

CORRENTE, J.E.; NOGUEIRA, M. C. S.; COSTA, B. M. Contrates ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. In: **SciELO agrícola**. Vol.58 no.2.Piracicaba, 2001.

DAVISON, L. *et al.* Dealing with nitrogen in subtropical Australia: Seven case studies in the diffusion of ecotechnological innovation. In: *Ecological engineering* Vol.28 (no.3). 2006

DEL PORTO, D. e STEINFELD, C. **Composting Toilet System Book: A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems**. Center of Ecological Prevention. Concord. 2000.

DIAS, L.S. *et al.* Modelo sustentável de saneamento: edificação de banheiro seco com capacitação de mão-de-obra e educação ambiental. In: Nutau 2008 - Espaço sustentável: inovações em edifícios e cidades, 2008, São Paulo. 7 Semiário Internacional: Espaço sustentável: inovações em edifícios e cidades. São Paulo : Nutau - USP, 2008. v. CD. p. 1-8.

DUQUE, Francisco Arroyo Galván - Ecological Sanitation and Urban Agriculture. In: *Urban Agriculture Magazine*, no. 8, Wastewater Use in Urban Agriculture, 2002, p. 39. Disponível em: <http://www.ruaf.org/no8/39-ecos.html>. Acesso julho de 2009.

EKINCI *et al.* Effects of aeration strategies on the composting process: Part I, *Experimental studies*. *Transactions of the ASAE* **47** (5) (2004), pp. 1697–1708. 2004

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. Produção de suínos. Sistema de Produção 2. 2003. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suínos/SPSuínos/proteção.html>>. Acesso em junho de 2009.

EPSTEIN, E. The science of composting. 1st ed. Lancaster: Technomic Publishing Company Inc. 1997. 225p.

ESREY S.A. Rethinking Sanitation: Panacea or Pandora's Box. In: Chorus I, Ringelband U, Schlag G e Schmoll O (eds), Water, Sanitation and Health, International Water Association, London. 2000.

ESREY, S.A. *et al. Ecological Sanitation*. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden. 1998.

_____. Cerrando el ciclo. Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. UNDP, Sida, México. 2001.

FERREIRA, M. U.; FERREIRA, C. dos S.; MONTEIRO, C. A. Tendência secular das parasitoses intestinais na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 6, Dec. 2000 . Avaliável em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102000000700010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em Junho de 2009

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos. Premio IPEC de inovação – Húmus Sapiens. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/imprensa/noticia.asp?cod_noticia=1272>. Acesso em maio de 2008.

FREDERICKSON, J. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems, *Soil Biology and Biochemistry*. 1996, pp. 725–730.

FREITAS, T.T. *et al.* Efeitos de fertilizantes e corretivos no pH do solo. Resumo apresentado no VI SIC da UEG- Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Goiás. 2008 Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/sic2008/fronteira/flashsic/animacao/VISIC/arquivos/resumos/resumo33.pdf>. Acessado em julho de 2009.

GAIA VILLAGE, 2009. Disponível em: <http://www.gaia.org.br/>. Acesso em Junho de 2009.

GONÇALVES, H. e GRAÇA, J. M. Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Direção-Geral de Geologia e Energia/Programa de Eficiência Energética em Edifícios, Lisboa, 2004

GRAVES, R.E. *et al.* *Composting*. In: United States Department of Agriculture, atural Resources Conservation Service. *Part 637 Environmental Engineering - National Engineering Handbook*. Washington, 2000. 88p. Disponível em: <http://www.info.usda.gov/CED/>. Acesso em junho de 2009.

GUARDABASSI, L., DALSGAARD, A. e SOBSEY, M. Occurence [sic] and survival of viruses in composted human faeces, Danish Environmental Protection Agency (Miljøstyrelsen), Copenhagen, Denmark. 2003

HARADA Y & YNOKO A. Cation-exchange properties of soil organic matter. I-Effects of conditions for the measurement of cation-exchange capacity values of humic acid preparations. *Soil Sci. Plant Nutr.* 21:361-369. 1975.

HAUG, R. T. *The Practical Handbook of Compost Engineering* (2nd edition). Format: Hardcover Publication Date: July 1993. *Publisher*: Lewis Publishers. The practical Handbook of compost engineering.

HOLMGREN, D. **The essence of Permaculture. Recorte do livro** *Permaculture: Principles and Pathways To Sustainability*. 2003. Disponível em: www.holmgren.com.au/html/Writings/essence.html. Acessado em julho de 2009.

HUMMEL, S., DAUTREMONT-SMITH, J., & Walton, J. "AASHE Digest 2006: A Review of Campus Sustainability News." *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE)*, 2007.

IMBEAH, M. Composting piggery waste: a review. **Bioresource Technology**, v.63, n.3, p.197-203, 1998.

IBGE. **Censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 431 p.

_____. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2007. Rio de Janeiro: IBGE, 2008a

_____. *Divisão Territorial do Brasil. Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008b.

_____. *Estimativas da população para 1º de julho de 2008*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008c

IDEXX - Laboratories, Inc. Disponível em: <http://www.idexx.com/water/colilert/>. Acessado em Julho de 2009

IPAESA. Disponível em: <http://www.ipesa.org.br/Saiba_Mais/BANHEIRO_SECO.htm>. Acesso em 13 de maio de 2008.

JACINTHO, C. R. dos S. **A agroecologia, a permacultura e o paradigma ecológico: uma experiência no assentamento Colônia I** – Padre Bernardo – Goiás. 139p. Dissertação (Mestrado em Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de desenvolvimento sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

JAEGER SOARES, A. L. **Conceitos básicos sobre permacultura**. Brasília, MA/SDR/PNFC, 1998, 53 p.

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

JÖNSSON, H. Assessment of sanitation systems and reuse of urine. *Ecological alternatives in sanitation*. Publications on Water Resources. No.9. Sida. Stockholm. 1997.

JÖNSSON, H. et al. *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production*. EcoSanRed Programme, Stockholm Environment Institute, Sweden. 2004.

KAPANEN, A., ITAVAARA, M. Ecotoxicity tests for compost applications. In: *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49, 1–16. 2001.

KASHMANIAN, R. M. Markets for Compost. EPA/503-SW-90-073A, Office of Policy, Planning and evaluation and Office of Solid Waste and Emergency Response, USEPA, Washington, 1993.

KIEHL, E/ J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronomica Ceres, 1985. 492p.

_____ **Fertilizantes organominerais**. 4. ed. Piracicaba; Ed. do Autor, 2002. 146p.

KIWI. • 2008. Green College Report. Disponível em: www.kiwimagonline.com. Acessado em Junho de 2009.

KOMILIS, D.P., HAM, R.K. Life-cycle inventory of municipal solid waste and yard waste windrow composting in the United States. *J. Environ. Eng.* 130(11), 1390–1400. 2004.

KUTZNER, H.J. - *Biotechnology: a multi-volume comprehensive treatise*, 2000. Disponível em www.coe.uncc.edu. Acessado em Junho de 2009.

LANHAM, A; GAMA, P.; BRAZ, R. **Arquitetura Bioclimática Perspectivas de inovação e futuro. Seminários de Inovação**. Lisboa, 14 de Junho de 2004

LEED. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System USGBC. 2009. Disponível em: <http://www.usgbc.org/>. Acessado em julho de 2009.

MALISIE, A., PRIHANDRIJANTI, M. & OTTERPOHL R. The potential of nutrient reuse from a source separation domestic wastewater system in Indonesia – Case study: Ecological sanitation pilot plant in Surabaya. In: Bulletin of Centre for Environmental Studies, University of Surabaya, 2005.

MARAGNO, E. S. ; TROMBIN, D; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, p. 355-360, 2007.

MARQUES, M. ; HOGLAND, W. . Processo Descentralizado de Compostagem em Pequena Escala para Resíduos Sólidos Domiciliares em Áreas Urbanas. In: XVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002, Cancún. Anais XVIII AIDIS. Cancun, México : Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS, 2002.

MARTINS, G.C.M. Proposta de um modelo para gestão ambiental comunitária utilizando princípios da permacultura; Estudo de caso ACEPSJ, Florianópolis-SC, Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental), UNIVALI. 2007.

MCIDADES.SNSA. Programa de Modernização do Setor Saneamento Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2006. Brasília, 2007. 232 p.

MCGINLEY C.; MCGINLEY M. Odor testing biosolids for decision making. **Water Environment Federation Specialty Conference: Residuals and Biosolids Management Conference**. Austin, TX: 3-6. 2002.

MIRANDA, D.J.P. Permacultura: conceitos de sustentabilidade para o planejamento e desenvolvimento da gestão socioambiental. Artigo publicado em: IX ENGEMA - Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial E Meio Ambiente. Curitiba. 2007. Disponível em: <http://engema.up.edu.br/arquivos/engema/pdf/PAP0153.pdf>. Acessado em julho de 2009.

MITSCH, W.J., JORGENSEN, S.E. Ecological engineering: a field whose time has come. *Ecol. Eng.* 20, 363–377. 2003.

MORGAN, P. Toilets that Make Compost. Stockholm Environment Institute –EcoSanRes Programme. Harare, Zimbabwe, 2007

MORGAN, P. Experiments using urine and humus derived from ecological toilets as a source of nutrients for growing crops. 2003. In: *3rd World Water Forum* 16-23 Março de 2003. Disponível: <http://aquamor.tripod.com/KYOTO.htm>. Acessado em julho de 2009.

NAWAB, B. *et al.* Cultural preferences in designing ecological sanitation systems in North West Frontier Province, Pakistan. *Journal of Environmental Psychology* 26(3): 236-246. 2006.

NEVES, D.P, *et al.* **Parasitologia Humana**. 11^o edição. São Paulo. Editora Athemeu, , 2002. 501 p. illus.

NHAPI, I.; HOKO, Z. A cleaner production approach to urban water management: potential for application in Harare, Zimbabwe 2004, vol.29 (no.15-18).

NSF - National Sanitation Foundation. Composting Toilets. 2009. Disponível em:

http://www.nsf.org/consumer/newsroom/pdf/fact_gl_composting_toilet.pdf. Acesso em julho de 2009.

OLGYAY, V., OLGAY, A., *Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton University Press, New Jersey, 1973. Cap.: General Introduction.

OLIVEIRA, S. e SIMÕES, C. C.S. **Meio ambiente urbano: mortalidade na infância, saneamento básico e políticas públicas**. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, XV, 2006, .Caxambú – MG

OMS/ UNICEF - Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. Informe sobre la evaluación mundial del abastecimiento en 2000. 2000.

OMS, 2009. Estadísticas sanitarias mundiales 2009.149p.

ORTIZ, P. M. **Banheiro seco (compostável) - curso de construções alternativas.**

São José do Cerrito/SC: IPAB. P.30-31, setembro. 2003.

PAES, N. A. e SILVA, L. A. A. **Doenças infecciosas e parasitárias no Brasil: uma década de transição.** *Rev Panam Salud Publica* [online]. 1999, vol.6, n.2, pp. 99-109. ISSN 1020-4989. Acesso em julho de 2009

PAPST, A. L. **Uso de Inércia térmica no clima subtropical. Estudo de caso em Florianópolis – SC.** Florianópolis, 1999. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

PELCZAR, M.; CHAN, E. C. S. & KRIEG, N. R. 1996. *Microbiologia: Conceitos e Aplicações - vol. I e II.* Makron do Brasil, São Paulo.

PEREIRA NETO, J.T. *Manual de compostagem: processo de baixo custo.* 1 ed. Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF, 1996. 56p.

PEREIRA NETO, J.T., LELIS, M.P.N. Variação da Composição Gravimétrica e Potencial de Reintegração Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos por Região Fisiográfica do Estado de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999. Tema 3, p.1709-1716.

QUADROS, M. E. **Procedimentos de amostragem e análise laboratorial.** LAQAr - Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC. 2007.

RAMANI, S. V. Playing in Invisible Markets: Innovations in the Market for Toilets to Harness the Economic Power of the Poor. UNU-MERIT Working Paper Series 012, United Nations University, Maastricht Economic and social Research and training centre on Innovation and Technology. 2008.

REGELSBERGER, M. Zero-M: Sustainable concepts *ecosan* towards a zero outflow municipality. In: **Sustainable Water Management** journal, Fevereiro de 2007. 36p 3-6.p

REZENDE, S.; CARVALHO, J. A. M. De; HELLER, Ī. Análise hierárquica da oferta e da demanda de serviços de saneamento do Brasil urbano no ano 2000. In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambú-MG – Brasil. 2006. Disponível em: abep.nepo.unicamp.br. Acessado em Julho de 2009.

RIBEIRO, H; GUNTHER, W. M. R. **A integração entre a educação ambiental e o saneamento ambiental como estratégia para a promoção da saúde e do meio ambiente sustentado.** São Paulo, 2002. Disponível em: www.bvs-sp.fsp.usp.br/tecom/docs/2003/rib001.pdf. Acesso em: julho 2009.

RODRIGUES JUNIOR, G. S. Água e segurança ambiental: algumas reflexões. In: Anais do EGAL 2009 - 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina, 3 a 7 de Abril de 2009 - Montevideo, Uruguai. 2009. 21p. Disponível em: http://egal2009.easyplanners.info/area07/7363_Rodrigues_Junior_Gilberto_Souza.doc. Acesso: Julho de 2009.

RTS, 2009. Rede de tecnologia sociais. Banheiro seco. Disponível em: http://www.rts.org.br/noticias/destaque-1/arquivos/secao_incluir_pp9.pdf. Acessado em julho de 2009.

RYCKEBOER, J. et al. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *J. Appl. Microbiol.* 94, 127–137. 2003.

RYCKEBOER, J. *et al.* A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes. *Annals of Microbiology* 53, 349–410. 2003.

SAFTON, S. Human intestinal parasites in composting toilet systems, MAS Thesis. Charles Sturt University, Wagga, NSW, Australia. 1993

SIDHU, J. *et al.* The role of indigenous microorganisms in suppression of Salmonella Regrowth in composted biosolids. *Water Research* 35, 913–920. 2001.

SILVEIRA, W. J. C. *et al.* Banheiro seco: Tecnologia limpa de interesse social, 2008, São Paulo. Eco Building. São Paulo : Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica, 2008. v. CD. p. 1-4

SCHAUB, S. M., e LEONARD, J. J. Composting: an alternative waste management option for food processing industries. *Trends in Food Science & Technology*, 7, 1996. 263–268.

SOERENSEN, B. e MARULLI, K. B. B. Manual de saúde pública / - Marília: UNIMAR; São Paulo : Arte &Ciência, 1999.p.494;

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S. e CORDEIRO NETTO, O. de M.. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** *Cad. Saúde Pública* [online]. 2002, vol.18, n.6, pp. 1713-1724. ISSN 0102-311X.

SUGDEN, S *One step closer to sustainable sanitation: the experiences of an ecosanitation project in Malawi.* WaterAid, Malawi. 2003. [online]. Disponível em: <http://www.irc.nl/page/23100>. Acesso em julho de 2009.

SUN-MAR. Composting Toilets: the environmental solution. Disponível em <http://www.sun-mar.com/>. Acesso em maio de 2008.

UFSC. Projeto banheiro seco UFSC. Disponível em: www.banheiroseco.ufsc.br. Acesso em 16 de maio de 2008.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. “Water Efficiency Technology Sheet: Composting Toilets.” Office of Water Washington, D.C. 1999.

_____. U.S. Environmental Protection Agency . A plain English guide to the EPA Part 503 biosolids rule. EPA/832/R-93/003. EPA publication. 1994. Disponível em: <http://www.epa.gov/>. Acesso em Julho de 2009.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J.; A Vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciadas com composto de lixo urbano. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro: ABES. v. 9, n. 3, p. 218-224, jul./set. 2004.

VINNERÅS, B. Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitizing of faecal matter and manure Science direct. *Bioresource Technology* 98. 2007. 3317–3321.

WERNER *et al.* Key-activities, services and current pilot projects of the international ecosan programme of GTZ., Proceedings of the 2nd International Symposium on ecological sanitation "ecosan - closing the loop", incorporating the 1st IWA specialist group conference on Sustainable Sanitation, 7. - 11, Luebeck, Germany. 2004.

WIETHÖLTER, S. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS)**. Porto Alegre: SBCS-NRS, 2004. 394p. ISBN

WILLSON, G.B. *et al.* Manual for composting sewage sludge by the Beltsville aerated-pile method. EPA-600/8-80-022 (Available from NTIS). 65 pp. 1980.

WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. 2000.

WHO. World health report 2002: reducing risks, promoting healthy life. Geneva; OMS; 2002. 248 p.

_____ The Sanitation Challenge: Turning Commitment into reality. 2004. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/en/index.html. Acessado em julho de 2009.

ZANCHETA, P. G. *et al.* Caracterização quali-quantitativa da urina humana de diferentes faixas etárias objetivando o seu reuso como fertilizante agrícola natural. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

ZUCCONI, F. e De BERTOLDI, M.; Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In: BERTOLDI, M.P; FERANTI, P.L.; ZUCCONI, F. (Eds.) Compost: production, quality and use. London: Elsevier Applied Science, pp.30-50, 1987.

APENDICE A – Formulário para a utilização nos testes de Júri Móvel com banheiros Secos.

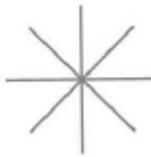
Avaliação do Incomodo Ocasionado Por Odores – Júri Móvel

Nome: _____ Idade: ____ Ponto ____ Data ____/____/09

Sexo: () F () M () Fumante () Não fumante Grau de escolaridade: _____

1. Você sente algum odor? () Sim () Não
2. Este odor te incomoda? () Sim () Não
3. Você pode descrever esse odor?

a. () Ovo estragado	d. () Vinagre	g. () Floral	J. () Não sei
b. () Esgoto	e. () Gramíneo	h. () Frutífero	L. () Outro: _____
c. () Amônia	f. () Urina	I. () Madeira	

Medicinal Álcool Desinfetante Amônia Mentol Anestésico Ensaboado Cânfora Vinagre Cloroso	Floral Amêndoa Lavanda Canela Perfume Côco Rosa Eucalipto Especiaria Fragrante Baunilha Herbário	Frutífero Macã Bordo Cereja Melão Cítrico Hortelã Cravo Laranja Uva Morango Limão
Químico Creosoto Óleo Enxofre Gasolina Verniz Alcatrão Graça Pintura Aguarrás Querosene Petróleo Vinil Melado Plástico Naftalina Solvente		Vegetal Alpo Pepino Endro Alho Pimentão Verde Nozes Cebola
Peixe Amina Peixe morto	Ofensivo Pútrido Séptico Estrume Esgoto Carne Crua Azedo Ovo Podre Urina Sangue Vômito Queimado Cãrie Lixo Fecal	Terra Cinza Mofoado Giz gasto Turfa Gramíneo Pinho Como rato Fumaça Cogumelo Envelhecido Almiscarado Madeira

4. Quais tipos de incômodo os odores que você está sentindo agora poderiam provocar em você?

a. () Intranquilidade	c. () Dor de cabeça	e. () Dificuldade respiratória
b. () Náusea	d. () Perda de apetite	f. () Não sei g. () Outros: _____
5. Você sabe dizer a proveniência do odor que você percebe?
 () Não () Sim, de onde? _____
6. Este odor que você percebe é:
 () 1-Muito Fraco () 2-Fraco () 3-Médio () 4-Forte () 5-Muito Forte
7. Quanto agradável ou desagradável é o odor que você percebe?
 (muito agradável) -4-----0 (não sinto odor)-----+4 (muito desagradável)
 () -4 () -3 () -2 () -1 () 0 () +1 () +2 () +3 () +4

APÊNDICE B – Formulário de avaliação da aceitação do banheiro seco da ACEPSJ pelos usuários do mesmo quanto a questão dos odores.

Avaliação do Incomodo Ocasionado Por Odores pelos usuários do banheiro seco

Local das entrevistas _____ Data: ___/___/09

Sexo: ()F ()M ()Fumante ()Não fumante Grau de escolaridade: _____ Idade: _____

1. Você sente algum odor proveniente do banheiro seco? ()Sim ()Não
2. Este odor te incomoda? () Sim () Não
3. Você pode descrever esse odor?

a. () Ovo estragado	d. () Vinagre	g. () Floral	J. () Não sei
b. () Esgoto	e. () Gramíneo	h. () Frutífero	L. () Outro: _____
c. () Amônia	f. () Urina	i. () Madeira	
4. Quais os tipos de incômodo os odores que o banheiro seco provoca em você?

a. () Intranquilidade	c. () Dor de cabeça	e. () Dificuldade respiratória
b. () Náusea	d. () Perda de apetite	f. () não sei g. () Outros: _____
5. Este odor que você percebe é:

() 1-Muito Fraco	() 2-Fraco	() 3-Médio	() 4-Forte	() 5-Muito Forte
-------------------	-------------	-------------	-------------	-------------------
6. Quanto agradável ou desagradável é este odor do banheiro seco?
 (muito desagradável) -4 -----0 (não sinto odor)----- +4 (muito agradável)
 () -4 () -3 () -2 () -1 () 0 () +1 () +2 () +3 () +4
7. Quando você sente este odor?

a. () quando utilizo o banheiro	d. () quando caminho ao redor
b. () quando limpo o banheiro	e. () quando fico trabalhando ao redor
c. () quando faço a manutenção dos camburões	f. () Não sei g. () Outro _____
8. Quanto à questão de odores, comparando com um banheiro normal, o banheiro seco é:
 (muito mais desagradável) -4-----0 (igual)----- +4 (muito mais agradável)
 () -4 () -3 () -2 () -1 () 0 () +1 () +2 () +3 () +4
9. Qual o período do dia que o odor é mais frequente?
 () Manhã - 6 as 12h () Início Tarde - 12 às 15h () Final de tarde 15 às 19h () Noite () Não sei
10. Você sente mais odor desagradável quando o tempo está?

a. () ensolarado	b. () Nublado	c. () Chuvoso	d. () Antes da chuva
e. () Independente das condições metrológicas	f. () Não sei		
11. Qual a estação do ano é mais freqüente a percepção dos odores desagradáveis?

a. () Verão	b. () Outono	c. () Inverno	d. () Primavera	e. () Não sei
--------------	---------------	----------------	------------------	----------------
12. Você sente mais odores quando está ventando?
 () Sim () Não () Não sei
13. Sabe dizer em que direção de vento quando você sente esta intensificação?
 a. () Norte b. () Sul c. () Leste d. () Oeste e. () Independente da direção f. () Não sei
14. Outras informações: _____

ANEXO A – Plantas baixas e cortes do banheiro seco do projeto de edificação de banheiro seco na UFSC

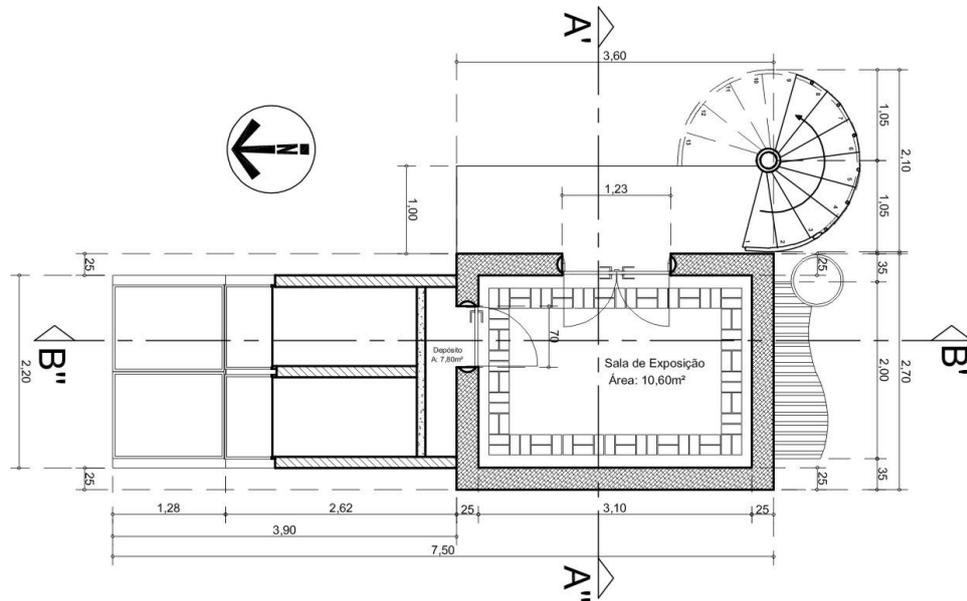


Figura 1– Planta Baixa do Primeiro Pavimento. (Autor: Lucas Sabino Dias).

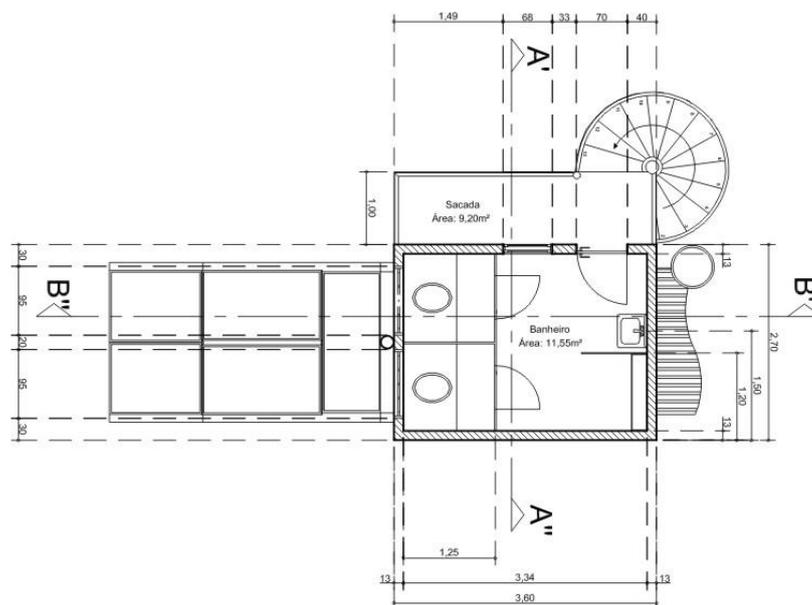


Figura 2 – Planta Baixa do segundo pavimento. (Autor: Lucas Sabino Dias).

ANEXO B – Código de conduta para a realização do teste do Júri Móvel

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DO AR - LCQA

**Código de conduta do júri para análises olfatométricas**

Conforme a norma EN-13725

- Os membros do júri devem ter idade mínima de 16 anos, ser voluntários e capazes de seguir as instruções;
- Fumantes não podem fazer parte do júri;
- Os membros do júri devem estar motivados para efetuar o trabalho conscientemente;
- Estar disponível para uma sessão de medida completa e de preferência uma sessão que dure o suficiente para elaborar e controlar um histórico de medida;
- A partir de 30 minutos antes, e durante a medida olfatométrica, os membros do júri não devem ser autorizados a fumar, comer, beber (exceto água) ou mastigar goma de mascar ou chupar balas;
- Os membros do júri devem tomar cuidado em não provocar interferência em sua própria percepção ou mesmo dos outros nas salas de odores por falta de higiene pessoal ou por utilização de perfumes, desodorante, loção corporal ou produtos de beleza;
- Os membros do júri que estejam sofrendo de gripe ou de outra infecção afetando a sua percepção de odor (por exemplo, crises de alergia, sinusite) devem ser excluídos imediatamente da medida;
- Os membros do júri devem estar presentes na sala de medida de odores 15 minutos antes do início das medidas a fim de se adaptar ao verdadeiro ambiente de odores da sala de medida;
- Começando as medidas os membros do júri não devem mais se comunicar entre si sobre os resultados de suas escolhas.

ANEXO C – Laudo da análise bio-química do composto produzido pelo banheiro seco da ACEPSJ



Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.
Gerência Regional de Ituporanga
Estação Experimental de Ituporanga
Laboratório de Análises de Solo

3/6/2009 13:53:15

Laudo Nº 4306

Produtor: Jucinei / UFSC	Remetente: O mesmo vem buscar
Localidade: EE. Ituporanga	Empresa: O MESMO
Município: Ituporanga	Município:

RESULTADO DA ANÁLISE BÁSICA

Amostra	pH Água	Índice SMP	P	K	M.O. (%)	Al	Ca	Mg	Argila (%)
			(mg / dm ³)			(Cmol _c /dm ³)			
6018	5,5	5,7	560,0	1320	12,3	0,2	6,2	3,6	29

Amostra	Acidez Potencial H+Al (Cmol _c /dm ³)	Relações			Soma de Bases S (Cmol _c /dm ³)	CTC pH (7,0) (Cmol _c /dm ³)	Saturação Al (%)	Saturação de Bases V (%)
		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K				
6018	6,2	1,72	1,84	1,07	13,18	19,3	1,5	68,2

MICRONUTRIENTES

Amostra	Fe (g/dm ³)	Zn	Cu	Mn
		(mg/dm ³)		

RESULTADOS DE OUTRAS ANÁLISES

Amostra				

RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Amostra	Identificação
6018	01

CLAUDINEI KURTZ
Eng. Agr. MSc.
CREA 033389-2
kurtz@epagri.sc.gov.br

Laboratório integrante da ROLAS do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

EPAGRI S.A. - Estação Experimental de Ituporanga - Laboratório de Análises de Solo
Ladoado Águas Negras - Caixa Postal 121 - CEP 88.400-000 - Ituporanga - SC
Home Page: www.epagri.rct-sc.br - e-mail: las-eeitu@epagri.rct-sc.br
Fone/Fax: (047) 533-1409

ANEXO D- Esquema do duto duplo recomendado como melhor opção para chaminés para banheiros secos. Fonte: Clezar e Nogueira, 1999, p.216.

