

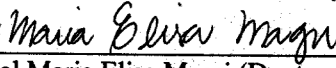
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

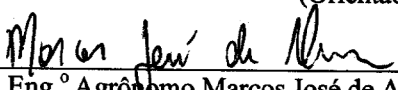
ESTUDO DE BANHEIRO SECO E DESENVOLVIMENTO DE  
MATERIAIS DE CAPACITAÇÃO PARA SUA IMPLANTAÇÃO  
E APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS GERADOS

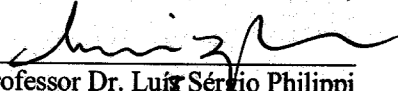
SOFIA SILVA LEMOS

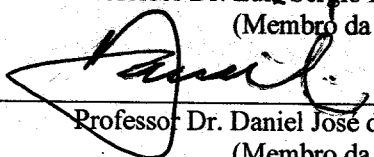
Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental - TCC II

BANCA EXAMINADORA:

  
Eng.<sup>a</sup> Sanitarista e Ambiental Maria Elisa Magri (Doutoranda)  
(Orientadora)

  
Eng.<sup>o</sup> Agrônomo Marcos José de Abreu  
(Co-orientador)

  
Professor Dr. Luiz Sérgio Philippi  
(Membro da Banca)

  
Professor Dr. Daniel José da Silva  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
DEZEMBRO/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

ESTUDO DE BANHEIRO SECO E DESENVOLVIMENTO DE  
MATERIAIS DE CAPACITAÇÃO PARA SUA IMPLANTAÇÃO  
E APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS GERADOS

SOFIA SILVA LEMOS

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia  
Sanitária e Ambiental - TCC II

BANCA EXAMINADORA:

---

Eng.<sup>a</sup> Sanitarista e Ambiental Maria Elisa Magri (Doutoranda)  
(Orientadora)

---

Eng.<sup>o</sup> Agrônomo Marcos José de Abreu  
(Co-orientador)

---

Professor Dr. Luís Sérgio Philippi  
(Membro da Banca)

---

Professor Dr. Daniel José da Silva  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
DEZEMBRO/2010

“Saber a gente  
aprende  
com os mestres e  
com os livros.  
A sabedoria,  
se aprende é  
com a vida e  
com os humildes.”

**Cora Coralina**

## RESUMO

Hoje 13 milhões de brasileiros não possuem banheiros em suas residências. O banheiro seco é eficiente para sanear comunidades que não disponibilizam rede de água e de esgoto. É uma tecnologia de saneamento simples e econômica, com baixo consumo de água e fertilização do solo pelo aproveitamento dos nutrientes das fezes e urina. Este trabalho é voltado aos profissionais que buscam desenvolver técnicas descentralizadas para tratamento de dejetos humanos. Se baseia justamente na integração dos dejetos do homem com os ciclos naturais, nos quais a água residual e os excrementos não são considerados resíduos, e sim recursos. Neste trabalho estudou-se um modelo de banheiro seco e desenvolveu-se ações de capacitação para implantá-lo e utilizá-lo, aproveitando os seus subprodutos na agricultura. Foram agrupados, elaborados e disponibilizados, em um blog, materiais didáticos, para capacitar técnicos e informar usuários. O banheiro seco usado como modelo para este plano possui: sanitário compostável, com armazenamento móvel, e mictório, higienizado com água e direcionado ao círculo de bananeiras. As metodologias usadas foram: estudo sobre banheiro seco e sua higienização; estudo e organização da didática aplicada no programa de implantação de banheiros secos que ocorreu no semi-árido pernambucano; descrição das boas práticas de utilização, através de caracterização e adaptação em modelo localizado em Florianópolis. Na caracterização realizou-se análises físico-químicas e bacteriológicas no composto e líquido percolado do banheiro seco, como exemplo, a medição da temperatura pelo tempo de compostagem. Como principal resultado foram agrupados os materiais didáticos e informativos e elaborados manuais para disponibilizá-los em um blog. Foi realizada a implantação de leira com controle de líquido percolado, junto com a descrição dos passos para realização da compostagem em um manual. Os outros dois manuais são: técnicas para uso de fezes e urina na agricultura e capacitação para implantar este modelo de banheiro seco. A utilização de banheiro seco garante a redução de doenças parasitárias e a produção de alimentos pela valorização dos dejetos humanos. É um sistema de saneamento que atende as necessidades das comunidades e melhora sua relação com a natureza, assegurando: saúde pública, empoderamento comunitário e preservação ambiental.

Palavras-chave: saneamento descentralizado e ecológico, capacitação sanitária e ambiental, banheiro seco, sanitário compostável.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as experiências que nos fazem refletir e criar propostas de trabalho que visam melhorar o meio social e ambiental.

Agradeço a Deus por tudo que vem me ensinando e me presenteando, por sempre abrir os caminhos e me trazer muita luz.

Aos guias espirituais que me fazem sempre estar com coração tranquilo e cheio de felicidade.

A minha mãe e ao meu pai, pelos valores que me ensinaram desde que nasci, por estarem prontos a me ajudar sempre que necessito, por me fortalecer e por me criar perto da natureza.

A meus amigos e minhas amigas, por me escutarem, me apoiarem e por nossas adoráveis longas conversas.

Ao meu companheiro, por me apresentar projetos sociais lindos, por me orientar em todo este trabalho, e por todo amor que temos cultivado.

Aos meus avós que dedicaram a mim um amor muito lindo e me mostraram a importância do estudo.

Aos meus professores, e principalmente aos que são professores e amigos, por toda a orientação e auxílio.

A minha orientadora, Maria Elisa, por tudo que me fez refletir e melhorar muito neste trabalho.

Aos projetos de extensão que participo e todas as pessoas maravilhosas e fortes presentes neles.

Ao projeto RONDON, CEPAGRO, GESAD, UFSC, CTC e CCA, pelo auxílio e disponibilização de informações e materiais que foram muito pertinentes na execução deste trabalho.

Aos simples e humildes que me ensinam muito.

Aos meus companheiros de jornada, que constroem um pouco mais dessa evolução que conquistamos diariamente.

## Lista de Siglas

CEDAPP - Centro Diocesano de Apoio ao Pequeno Produtor  
CEPAGRO – Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo  
CTC – Centro Tecnológico  
EA – Educação Ambiental  
FNMA – Fundo Nacional do Meio Ambiente  
GESAD – Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado  
IAF – Inter American Foundation  
USEPA - United States Environment Protection Agency  
Pronea – Programa Nacional de Educação Ambiental

## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO GERAL	10
2.1. Objetivos Específicos	10
3. JUSTIFICATIVA	10
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
4.1. Educação ambiental	11
4.1.1. Capacitação sanitária e ambiental	12
4.2. Saneamento e Política Pública	14
4.2.1 Saneamento para garantir saúde	15
4.3. Saneamento Descentralizado e Ecológico	18
4.3.1 Utilização dos dejetos humanos na agricultura	20
4.4. Banheiro seco	23
4.4.1. Sanitários Compostáveis	26
4.8. Compostagem	27
4.8.1 Compostagem termofílica por leiras estáticas	31
5. METODOLOGIA	32
5.1 Caracterização do banheiro seco de estudo	33
5.1.1 Caracterização dos produtos gerados – composto e líquido percolado	34
5.2. Manual de capacitação para implantação do banheiro seco modelo	36
5.2.1 Instruções para implantação e manutenção da leira de compostagem	36
5.2.2 Manual de capacitação para utilização de dejetos humanos na agricultura	37

5.3.Criação de um blog sobre banheiro seco	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6.1 Caracterização do banheiro seco de estudo	38
6.1.1 Caracterização do líquido percolado e o composto da leira de compostagem do banheiro seco	38
6.2. Manual de capacitação com passos para implantação do banheiro seco modelo	42
6.2.1. Manual de capacitação com instruções para implantação da leira de compostagem e manutenção	44
6.2.2. Manual de capacitação com instruções para utilização dos dejetos humanos na agricultura	52
6.3. Criação do blog.	55
7. Conclusões e considerações	55
8. APÊNDICE	58
8.1 Entrevista sobre a utilização de banheiro seco em Florianópolis	58
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62



## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Ministério da Saúde, saneamento básico pode ser entendido como o conjunto de medidas que visam preservar ou modificar condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

Conforme o novo relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), em 2010, 39% da população mundial não tem acesso a saneamento básico, só metade da população dos países em desenvolvimento tem um banheiro, uma latrina ou um poço séptico de uso doméstico. *“Vale a pena chamar a atenção sobre algo que é tão óbvio que quase dá vergonha dizer isso em 2010. Sem água potável e saneamento básico, não há nenhuma base de saúde pública que possa se desenvolver. Se não acabarmos com essa situação, nunca vamos arrancar esses povoados da pobreza”*(diretora de Saúde Pública e Meio Ambiente da OMS, Maria Neira).

E no Brasil a situação não é distinta, o Instituto Trata Brasil divulgou um estudo realizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) mostrando que o Brasil é o nono colocado dos países cuja população não tem acesso a banheiros. São 13 milhões de brasileiros sem banheiro em casa. Os dados foram obtidos em cidades que têm mais de 300 mil habitantes no ano de 2010.

Em 2003 o Brasil contava com 50 milhões de residências lançando seu esgoto sanitário, tanto em fossas, quanto a céu aberto, nos rios ou nas redes de drenagem urbana (supõe-se uma quantidade de 90 milhões de habitantes desprovidos de sistemas de saneamento). De acordo com o *site* Trata Brasil, em 1998 a FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, a pedido do jornal Folha de São Paulo calculou um número de mortes de 29 pessoas por dia no Brasil de doenças infecciosas decorrentes de falta de água encanada, esgoto e coleta de lixo (FSP, 16/jul/00). A diarreia e a desnutrição são as maiores responsáveis pela mortalidade infantil no mundo (CLARKE e KING, 2005; UNESCO, 2004).

O saneamento ecológico se baseia no reuso de resíduos e efluentes domésticos, reduzindo a poluição, racionalizando o consumo de água e visando o aproveitamento dos nutrientes no solo. Os sistemas

descentralizados fortalecem as comunidades ao promover as fontes locais de suprimento e o trabalho em conjunto, além de ser um ótimo modo de educação ambiental (OTTERPOHL, 2002).

No Brasil a solução recomendada para o saneamento doméstico é a construção de privadas com veiculação hídrica, ligadas a um sistema público de esgotos, com adequado destino final. Essa solução é, contudo, impraticável no meio rural e às vezes difícil, por razões principalmente econômicas, em muitas comunidades urbanas e suburbanas. Nesses casos são indicadas soluções individuais para cada domicílio (FUNASA, 2006).

Neste trabalho optou-se então por uma alternativa que pudesse trazer soluções individuais, econômicas e ecológicas, para sanar o problema de populações que sofrem com escassez de água potável e saneamento básico, e ainda, que não possuem banheiros. Para resolver este déficit que traz agravos a saúde pública resolveu-se estudar uma tecnologia deste modelo de saneamento ecológico, chamado por banheiro seco (*dry toilet*) ou banheiro ecológico (*ecological toilet*). Ecológico porque, entre as tecnologias de tratamento de águas residuais, é uma das maneiras mais direta de evitar poluição e conservar água e recursos naturais (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

O banheiro seco que é utilizado como modelo compreende um sanitário seco compostável que recebe fezes, papel higiênico e serragem na bombona (armazenamento removível) e é despejado junto com resíduos orgânicos na leira de compostagem. E um mictório que levará água para sua higienização e disposição no círculo de bananeiras. O composto final é disposto em hortas como fertilizante. Este é parcialmente segregador, ou seja, com o uso do mictório pretende-se separar a urina das fezes. Isto é importante para o aproveitamento direto da urina como fertilizante, devido ao seu grande aporte de nitrogênio e seu reduzido potencial patogênico.

A capacitação sanitária e ambiental deste trabalho tem o objetivo servir de base para que a comunidade assistida utilize de forma segura e para permitir saúde e fertilização dos solos com o banheiro seco compostável. Para isso serão objetivos disponibilizar guias de implantação, correta utilização e manutenção do banheiro seco, com ações de capacitação sanitária e ambiental com materiais didáticos auxiliares. Este material estará disponível, em um blog, para interessados no uso desta tecnologia.

## 2. OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste trabalho foi estudar um modelo de banheiro seco e desenvolver materiais didáticos para capacitação de pessoas com vistas à sua implantação e aproveitamento dos subprodutos gerados.

### 2.1. Objetivos Específicos

1. Caracterizar o modelo de banheiro seco com compostagem, bem como os produtos gerados apartir de sua utilização – composto e líquido percolado;
2. Elaborar um manual de capacitação para implantação e utilização do banheiro seco com compostagem;
3. Elaborar um manual de capacitação para o reúso ou disposição dos produtos gerados no banheiro seco, a partir de referências teóricas;
4. Criar um blog sobre banheiro seco para disponibilizar os materiais didáticos agrupados e criados como resultado obtido com este trabalho.

## 3. JUSTIFICATIVA

Segundo a FUNASA, em 2006, sob o aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos visa, fundamentalmente, ao controle e à prevenção de doenças a eles relacionadas e se justifica por aumentar a vida média do homem, pela redução da mortalidade em consequência da redução dos casos de doenças; diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis; redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais e melhoria das condições sociais e ambientais.

Atualmente recursos são disponíveis para construir obras de saneamento, no entanto, é perceptível que muitas obras não são utilizadas ou são utilizadas inadequadamente por falta de capacitação sanitária e ambiental da população a ser atendida e por não haver uma participação social nestas ações. Este trabalho se justifica na necessidade destes planos de capacitação para garantir correta implantação e utilização adequada de tecnologias sociais como o banheiro seco.

A capacitação sanitária e ambiental repercute na melhoria da qualidade de vida das comunidades por instruir e trazer tecnologias que garantam saúde pública. O saneamento ecológico e descentralizado é estruturado para respeitar os ciclos naturais. Para motivação e utilização adequada deve haver uma capacitação das pessoas envolvidas no processo, que provavelmente irão conduzir o sistema a uma situação desejada de saúde. Portanto, especialmente no caso dos banheiros secos com sanitários compostáveis, é importante a capacitação adequada de seus projetistas e usuários para obter suas vantagens frente aos outros sistemas de saneamento.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Educação ambiental

Os sistemas sociais atuam na promoção da mudança ambiental, a educação assume posição de destaque para construir os fundamentos da sociedade sustentável, apresentando uma dupla função a essa transição societária: propiciar os processos de mudanças culturais em direção à instauração de uma ética ecológica e de mudanças sociais em direção ao empoderamento dos indivíduos, grupos e sociedades que se encontram em condições de vulnerabilidade em face dos desafios da contemporaneidade (ProNEA, 2005).

Assumindo este caráter extensionista de levar informações sanitárias e ambientais a comunidades necessitadas de saneamento, a EA popular parece ser uma das mediações educativas afinadas ao espírito de uma extensão ecológica tomada como *“um processo de intervenção de caráter educativo e transformador, baseado em metodologias de intervenção-ação participante que permitem o desenvolvimento de uma prática social mediante a qual os sujeitos do processo buscam a construção e sistematização de conhecimentos que os leve a incidir conscientemente sobre a realidade”* (CAPORAL E COSTABEBER, 2000).

É importante perceber que o homem irá alterar sua realidade somente quando perceber o nexo causal entre suas ações e as respostas sanitárias e ambientais. Segundo Paulo Freire: *“Estamos convencidos de que qualquer esforço de educação popular, esteja ou não associado a uma capacitação profissional, seja no campo agrícola ou no industrial urbano, deve ter, pelas razões até agora analisadas, um objetivo*

*fundamental: através da problematização do homem-mundo ou do homem em suas relações com o mundo e com os homens, possibilitar que estes aprofundem sua tomada de consciência da realidade na qual e com a qual estão”* (ProNEA, 2005).

Para buscar este entendimento da realidade e uma alteração nas atitudes locais como solução de problemas sócio-ambientais, a educação deve ser contextualizada, ou seja, a abordagem dos conteúdos programáticos precisa levar em consideração as desigualdades e diversidades social, cultural e ambiental dos alunos. Neste sentido, conforme Recomendação da Conferência de Tbilisi (UNESCO, 1997), a Educação Ambiental deve estar voltada para a “resolução de problemas ambientais locais/concretos”. E entendendo que todo problema ambiental afeta os seres humanos e constitui-se, assim, em problemas socioambientais (NOVICKI, 2006).

Além do educador e dos alunos perceberem o meio sócio-cultural-ambiental que estão inseridos, o educador deve ter claro que necessita da participação social em todas as decisões para implantação de saneamento.

Observa-se que para uma gestão de saneamento descentralizado e ecológico eficiente, é imprescindível a participação social e ações em educação ambiental, elevando e socializando conhecimentos às comunidades, instrumentos necessários a tomada de decisão. Este processo, se apartidário e bem articulado, pode ser denominado de *empoderamento* de comunidades, possibilitando, portanto, o aumento do poder de decisão dos cidadãos, o que também aumenta a *governança* dos mesmos sobre o seu próprio território. Estes argumentos respaldam-se nos fundamentos da educação ambiental, em acordo com a Lei n. 9.795/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

#### 4.1.1. Capacitação sanitária e ambiental

Capacitar significa preparar a pessoa para enfrentar as situações inerentes à sua função, através da aplicação e conhecimentos, mas com possibilidade de criar, resolver adversidades, sugerir alternativas de progresso e criar ambiente adequado. Capacitar é mais do que treinar, pois isso significa desenvolver uma habilidade específica, com pouca liberdade para expressão da personalidade própria do indivíduo (MUSSAK, 2010).

Dois elementos fundamentais são a percepção e a motivação. A percepção é a primeira das qualidades a se trabalhar em um processo

educacional. Após a mesma podemos criar compreensão, construir conhecimento e promover ações adaptativas a um novo mundo. Motivar significa mostrar o motivo para que a ação seja realizada. É clássico que o ser humano só se sente motivado para atender às suas necessidades, e que no processo de aprendizado e desenvolvimento, a motivação é prima do prazer e do sentido (MUSSAK, 2010).

A aplicação efetiva de uma metodologia participativa é fundamental e vital para projetos em saneamento ecológico. Para tanto, é necessário que se leve em consideração tanto o conhecimento e cultura tradicionais de determinada comunidade, quanto a informação técnica, “externa”.

ESREY (1999) afirma que a capacidade de construir, operar e manter um sistema de EcoSan depende de um recrutamento de facilitadores e promotores deste tipo de saneamento, especialmente se forem do centro da comunidade. Para um bom preparo da equipe de facilitadores, o autor cita a necessidade de um balanço entre três estratégias educativas: aprendizagem participativa; informações científicas e técnicas (conhecimento do tema); e capacitação para construção e vigilância, sendo fundamental para isso, equipes inter e transdisciplinares pertinentes a instituições envolvidas no processo. Sendo particularmente importante o enfoque holístico que possa integrar o eco saneamento ao estilo de vida e cultura dos usuários.

Muitas estratégias para projetos educacionais de incentivo à participação social são citadas por Esrey, 1999 e Esrey, 2001. Para o aprendizado participativo, sugere uma metodologia nomeada SARAR (sigla para idioma inglês), que tem como princípios: aumento da auto-estima dos cidadãos; uso da criatividade e da força coletiva; planejamento aplicado; e responsabilidade. Para o acesso às informações pertinentes (técnicas e científicas) frisa-se o papel crítico em toda e qualquer estratégia educacional – a linguagem a ser utilizada, tentando alcançar o nível de entendimento e buscando não utilizar palavras negativas ou pejorativas, usando sempre os conceitos trabalhados.

Quanto à capacitação sanitária e ambiental, torna-se necessário uma mudança nas crenças e práticas em saneamento pelos usuários e pelas instituições encarregadas. Tanto habitantes e membros da comunidade, quanto autoridades chaves e funcionários públicos devem ter o conhecimento do processo como um todo, e os que irão a campo precisaram de uma capacitação prática.

Assim, o componente de Capacitação Sanitária e Ambiental visa atender uma nova demanda da Engenharia. Está comprovado que para a eficiência das obras tecnológicas de engenharia é necessário

construir com as pessoas que estão sendo beneficiadas novas palavras e conceitos de sustentabilidade, com vistas a empoderá-las para a gestão ambiental local e alcançar a eficácia dos projetos tecnológicos (BOMSUCCESSO, 2009).

É importante lembrar que um sistema novo de saneamento como o banheiro seco exige tempo para obter todos os componentes no lugar. A maioria das pessoas concorda com a lógica do reaproveitamento de nutrientes e de economia de fertilizantes químicos. No entanto, não é um processo simples apenas de introduzir a reutilização de nutrientes higienizados na produção urbana de alimentos. A prática tem de ser incorporada na rotina de moradores por dia em uma maneira que caiba aspirações e condições locais e isso pode levar tempo. A introdução e operação do saneamento ecológico nas zonas urbanas e rurais exige uma combinação ponderada dos aspectos técnico e gerencial adequado ao contexto socio-cultural vigente (LUEBECK 2003).

#### 4.2. Saneamento e Política Pública

Segundo Ministério da Saúde saneamento básico pode ser entendido como o conjunto de medidas que visam preservar ou modificar condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. O sistema de saneamento básico de um município ou de uma região possui estreita relação com a comunidade a qual atende, sendo fundamental para a salubridade ambiental do município e para a qualidade de vida da população. Os serviços de saneamento nos municípios são: abastecimento de água potável, limpeza e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais e esgotamento sanitário.

No âmbito do Ministério da Saúde, a política de governo definida nos últimos anos para a aplicação dos recursos destinados ao saneamento está voltada para a redução de algumas doenças infecciosas e parasitárias, e compreende, dentre outras, a seguinte ação relacionadas a este trabalho: Melhorias Sanitárias Domiciliares (MSD) – ação que visa controlar doenças evitáveis mediante medidas de saneamento nos domicílios, envolvendo a construção de banheiros, privadas, fossas sépticas, vasos sanitários, pias de cozinha, lavatórios, tanques, reservatórios de água e filtros etc.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, na forma da Lei<sup>o</sup> 9.433/97, tem como objetivo garantir a seguridade hídrica dos cidadãos brasileiros, assegurando “à atual e às futuras gerações a necessária

disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2<sup>o</sup>, inciso I), instituindo a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado (Art. 1<sup>o</sup>, incisos I e II). Para que a utilização dos recursos hídricos pela sociedade possa ser sustentável faz-se necessário a existência de saneamento capaz de reintroduzir no ciclo hidrológico águas residuárias providas das mais diversas fontes, em níveis aceitáveis, ou, regulamentados pela legislação específica vigente (BRASIL, 1997).

De acordo com a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07), são princípios fundamentais a “adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais”, assim como a “utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento e adoção de soluções graduais e progressivas” (Art. 2<sup>o</sup>, incisos V e VIII) (BRASIL, 2007). Contudo, tais ações necessitam de políticas públicas que estabeleçam diretrizes e meios institucionais para colocar essas ações de saneamento em prática, também a nível municipal.

A Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07) brasileira tem como um dos seus princípios fundamentais a universalização do acesso - entenda-se por universalização a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico. Como descrito na introdução deste trabalho sabe-se que o Brasil tem um déficit grande no atendimento a banheiros e tratamento de efluentes. De acordo com PHILIPPI *et al.* (2007), também ressalta-se que a maior parte das pessoas atingidas são populações rurais e habitantes de áreas com elevado índice de pobreza. Em Santa Catarina, uma vazão média de 691.973 m<sup>3</sup>/dia de esgotos é produzida, e destes, apenas 61.878m<sup>3</sup>/dia são tratados, ou seja, 630.095 m<sup>3</sup>/dia de esgotos são lançados *in natura* nos corpos d’água receptores.

Esta lei não tem tido respaldo, seja pelas municipalidades ou pelo governo do Estado. É direito a exigência do cidadão brasileiro que esta seja cumprida. Um processo *emancipatório* de *empoderamento* das comunidades torna-se necessário. A educação sanitária e ambiental deve dialogar sobre a realidade do saneamento e as leis que o defendem, além de esclarecer as responsabilidades do poder público e dos cidadãos.

#### 4.2.1 Saneamento para garantir saúde

Sanear significa tornar são, saudável. Sem saneamento adequado, a água tem sido um disseminador de enfermidades. Dos óbitos por



motivo de doença, as doenças infecciosas de veiculação hídrica são as principais responsáveis. Estima-se que há um número de 2,5 bilhões de pessoas infectadas no mundo inteiro, sendo que destes aproximadamente 450 milhões são crianças (WHO, 2000 *in*: CASTIÑEIRAS e MARTINS, 2003). Crianças e adolescentes são os mais afetados, com 13 milhões de óbitos por ano no mundo (ESREY *et al.*, 2001).

É grande o número de doenças cujo controle está relacionado com o destino inadequado dos dejetos humanos. Citaremos entre as principais: ancilostomíase, ascaridíase, amebíase, cólera, diarreia infecciosa, disenteria bacilar, esquistossomose, estrogiloidíase, febre tifóide, febre paratifóide, salmonelose, teníase e cisticercose. A figura abaixo ilustra o fluxo de contaminação fecal.

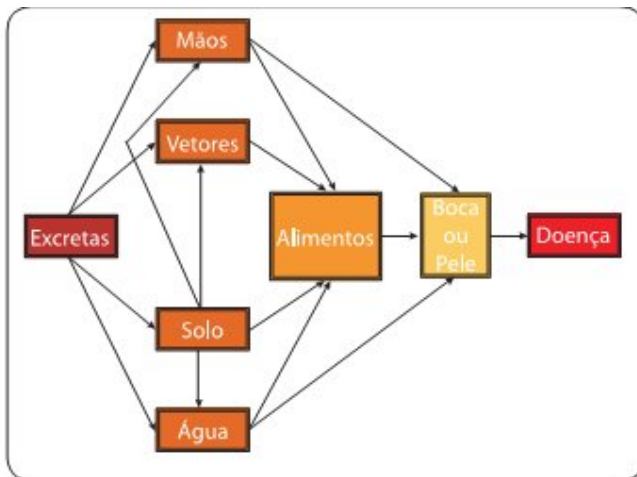


Figura 01 – Modo de propagação de doença por excretas humanas (Fonte: FUNASA, 2006).

As fezes têm grande teor infeccioso. Desta maneira é, portanto, necessário uma observação e controle mais rigorosos acerca dos critérios determinantes ao bom funcionamento da compostagem a fim de atingir os objetivos sanitários. A própria natureza encarrega-se de um processo dito de autodepuração. Contudo, o aumento da densidade humana dificulta a autodepuração e obriga o homem a sanear o ambiente onde vive, para acelerar a destruição dos germes patogênicos e precaver-se contra doenças (FUNASA, 2006). A figura 02 ilustra a disseminação pela água subterrânea.

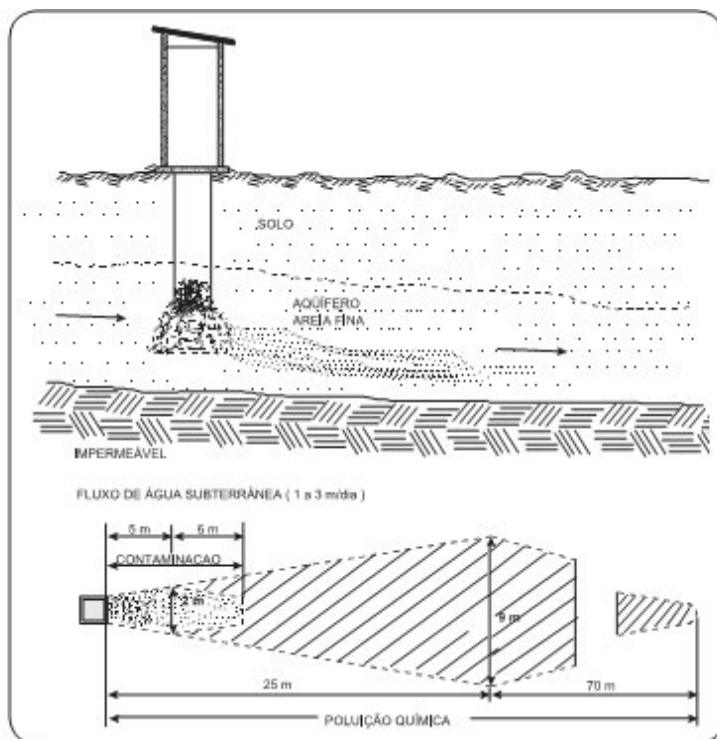


Figura 02 - Disseminação de bactérias em água subterrânea (Fonte: FUNASA, 2006).

Reduzir os riscos de contaminação por doenças - muitas vezes fatais, especialmente entre crianças – geradas por organismos patogênicos presentes nos esgotos é meta fundamental do saneamento. Tais organismos são transmitidos ao homem através da rota feco-oral, podendo ser ingeridos na forma de ovos e cistos por água ou alimentos contaminados e pela penetração de larvas através da pele e mucosas. É importante destacar que, dos usos da água, o que maior impacto causa na saúde é a lavagem de mãos antes das refeições e depois de defecar ou urinar, responsável pela redução de até 45% na incidência de diarreias” (ESREY *et al.*, 1991, in: GONÇALVES, 2009).

Higienizar o composto fecal é o objetivo principal dos sanitários compostáveis, através da inativação dos agentes patogênicos contidos em fezes contaminadas (ESREY *et al.*, 2001).

### 4.3. Saneamento Descentralizado e Ecológico

Segundo ESREY (1999), a forma convencional e centralizada de saneamento, muito empregada em centros urbanos, é um sistema composto basicamente pelas etapas de coleta dos esgotos nas residências e seu transporte através de tubulações ou canalizações, em direção a uma estação central de tratamento e, depois de tratados, é feita a sua disposição final em corpo d'água receptor. Os efeitos colaterais negativos destes sistemas convencionais centralizados, são muito bem elencados por OTTERPOHL (2002), ao que se segue:

- Águas com fezes são descartadas em rios onde se poderia - e, muitas vezes se está captando água para abastecimento humano. Mesmo com uma excelente purificação, muitos resíduos da matéria dissolvida ainda se mantêm presentes na água, como por exemplo, resíduos de medicamentos, hormônios, metais pesados, entre outros;
- Grande quantidade de água é necessária para transportar os dejetos humanos, causando além do dispendioso desperdício financeiro, um desastre em locais que apresentam escassez de água sendo, portanto, um uso abusivo dos recursos hídricos;
- Requer uma alta demanda de energia no tratamento, na degradação da matéria orgânica e na nitrificação, necessitando para a remoção de nitrogênio a adição de grande quantidade de carbono. Lembrando que o processo para sintetizar amônia do nitrogênio gaseificado (presente na atmosfera), para a produção de fertilizantes, necessita também de grande quantidade de energia;
- Há uma grande perda de nutrientes: cerca de 20% de N, 5% de P e cerca de 90% de K. A aplicação do lodo das estações de tratamento convencionais na agricultura é suficiente por não aproveitar o reuso desses nutrientes. Desta forma impulsiona o uso pelos agricultores de fertilizantes inorgânicos, ainda mais prejudiciais por contaminar os solos, águas superficiais ou subterrâneas;
- Nesse mesmo sentido, a mistura de águas residuárias de diferentes procedências e qualidades (esgotos domésticos, rurais, industriais) resulta num poluente que não pode mais ser utilizado como fertilizador de solos;
- A falta de matéria orgânica reciclada provinda de resíduos orgânicos, fezes e urina, reduz a produção de húmus, que fixa

carbono e poderia estar desta maneira contribuindo na prevenção do aquecimento global;

- Alto custo de construção, operação e manutenção das estações de tratamento;
- Sistemas convencionais são projetados para um tempo de uso determinado, geralmente previsto para um cálculo de população futura teoricamente prevista. Com isso impede-se que sejam realizadas mudanças no sistema caso venha a ocorrer uma explosão populacional além da quantidade ou do período previsto, causando o seu colapso (o que vem ocorrendo com frequência devido ao acelerado e descontrolado crescimento populacional dos países em desenvolvimento);

Além disso o saneamento convencional 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).

Uma mudança de paradigma em relação aos tratamentos convencionais de esgotos sanitários é, portanto, necessária. De acordo com muitos estudos já realizados nesse sentido, tal mudança está voltada para estruturas mais inteligentes, sinérgicas e descentralizadas (OTTERPOHL, 2002).

Os sistemas descentralizados trazem em seu conceito a produção de sistemas alternativos fisicamente possíveis, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis (VENHUIZEN, 2001). A descentralização do saneamento torna-se *“um forte apelo ao conceito de sociedades responsáveis na medida em que possibilita a participação e o controle social mais efetivo sobre a prestação destes serviços essenciais”* (PHILIPPI, 2000).

Uma desvantagem destes sistemas, porém, reside na sua vulnerabilidade em relação aos usuários (OTTERPOHL, 1998 *in*: MARQUES, 2010). Tal risco é imensamente válido por trazer a questão da emancipação e responsabilização da comunidade na solução dos seus próprios problemas. Este é um dos motivos que levam a não desconectar das atividades de saneamento descentralizado programas de educação ambiental e de capacitação técnica das comunidades, permitindo aqui uma porta de entrada para a discussão acerca dos conceitos de

governança e de tecnologias sociais, sendo para isso necessário a educação sanitária e ambiental (MARQUES, 2010).

O saneamento ecológico, internacionalmente conhecido como EcoSan, é uma abordagem sustentável para o manejo das excretas humanas. (ESREY *et al.*, 2001). Desta forma, pode-se afirmar que o saneamento ecológico está em conformidade com o conceito de sustentabilidade pelos seguintes critérios:

- Prevenção de doenças: capacidade de inativar e destruir agentes patogênicos presentes nos dejetos, promovendo a saúde;
- Acessibilidade: propiciar à população, desde as mais pobres, o acesso ao saneamento;
- Proteção ambiental: proteger os recursos hídricos contra a contaminação, conservando as reservas e fontes de água, e contribuir para a fertilidade dos solos (não utiliza água como meio de transporte de excretas e as águas residuárias domésticas são reutilizadas);
- Aceitabilidade: respeitar os valores culturais e sociais dos locais onde será implementado e ser esteticamente inofensivo;
- Simplicidade: o sistema deve considerar a capacidade técnica local, de tal maneira que seja de fácil manutenção, considerando também seus recursos econômicos e institucionais.

Encoraja iniciativas e liderança locais a partir de cursos e *workshops* comunitários necessários para o entendimento da tecnologia, desde sua implantação e manejo, até a produção de alimentos pelo uso do composto nas hortas residenciais ou comunitárias. Com isso é possível dizer que o saneamento ecológico contribui para o aumento de produtividade alimentar e redução dos seus custos, incentivando desta forma a melhora nutricional da população, ao mesmo tempo em que incentiva a gestão local participativa. “*O sucesso de programas implementados em muitos países é devido à gestão coletiva e à escolha de líderes e facilitadores que façam o supervisionamento e fiscalização, mostrando-se essenciais no estabelecimento de políticas e administração*” (BÖELL, 2005 *in*: MARQUES, 2010).

#### 4.3.1 Utilização dos dejetos humanos na agricultura

A China, desde a dinastia Shang, cerca de 3.000 a 4.000 anos atrás, utilizava os excrementos humanos como recurso natural a ser

utilizado na agricultura, como adubo. Segundo Albert Howard, em 1949 muitos países no Oriente davam retorno aos resíduos humanos para a Terra. Indicando a importância deste aproveitamento para o crescimento da produção na agricultura sem gastos nenhum de insumos.

Atualmente a cultura oriental tem sofrido grandes influências pós-globalização. Até o ano de 1956, a China ainda utilizava o composto dos resíduos humanos (alimentício e fecal) como 90% dos seus fertilizantes. Contudo, entre as décadas de 60 e 80, o uso de fertilizantes sintéticos aumentou em 600%. (EDMONDS, 1994, *in*: JENKINS, 2005). Tais números acompanham a evolução do uso de defensores agrícolas e fertilizantes sintéticos em todo o mundo, especialmente nos países em desenvolvimento, após a chamada “revolução verde”.

Apesar desta mudança brusca na troca do adubo orgânico pelo fertilizante sintético, pesquisas atestam o benefício de manter as tradições agrícolas de ciclagem dos nutrientes. Os benefícios trazidos pelo composto a partir desta ciclagem, de acordo com pesquisas realizadas pela USEPA estão descritos abaixo em 1997 e 1998, referenciados por JENKINS (2005):

- Enriquecimento dos solos: além de adicionar material orgânico rico em nutrientes, aumentando a fertilidade e assim a produtividade dos solos, inocula o mesmo com microorganismos benéficos, eliminando a necessidade de fertilizantes químicos e agrotóxicos (desestimula o aparecimento de insetos);
- Aumento da retenção de água, equilibrando a temperatura do solo;
- Fortalecimento e combate a doenças nas plantas;
- Prevenção de poluição: ajuda na redução ou eliminação de resíduos produzidos pela excreta e resíduos orgânicos (que podem ser utilizados no melhoramento da compostagem); reduz a produção de metano no solo;
- Remediação de solos degradados: os microorganismos degradam diferentes substâncias tóxicas e radioativas;
- Restauração de solos, auxílio em reflorestamento e prevenção contra erosão;
- Destruição de agentes patogênicos;
- Economia financeira: reduz a necessidade de fertilizantes, pesticidas e água, aumenta a produtividade de alimentos, assim

como a vida útil dos solos, e elimina também o gasto com tratamento convencional de esgotos domiciliares.

Atualmente entende-se cada vez mais a importância de utilização dos dejetos na agricultura pelo seu grande aporte de nutrientes. O nitrogênio no solo é fundamental para o desenvolvimento das plantas, possibilitando o acesso das mesmas aos demais nutrientes presentes no solo tais como fósforo e potássio. Em geral, vegetais não leguminosos com folhas de coloração verde necessitam de mais nitrogênio. O fósforo dá mais resistência a climas secos, acelera a maturidade das plantas, ajuda na formação de frutas e sementes e estimula o crescimento de legumes e a formação de nódulos. Potássio dá resistência à seca e a invernos rigorosos (JONSSON et al, 2004).

A urina é a responsável pela maior parte dos nutrientes presentes nas excretas humanas. E cerca de 80% do nitrogênio contido nos esgotos provém da urina, apesar de representar apenas 0,7% do volume dos mesmos. O nitrogênio é um grande problema por provocar a eutrofização de corpos d'água, necessitando um elevado dispêndio de energia para sua remoção ou tratamento (GONÇALVES, 2009).

Segundo ESREY (1999), um adulto chega a produzir de 400 litros de urina por ano, contendo 4 kg de nitrogênio, 400 g de fósforo e 900 g de potássio, sendo inclusive encontrados na forma ideal para serem absorvidos pelas plantas: o nitrogênio está na forma de uréia; o fósforo como superfosfato, e o potássio em forma de íon, em proporções também apropriadas – e a concentração de metais pesados é muito mais baixa do que a encontrada na maioria dos fertilizantes industrializados.

Para utilização da urina como fertilizante é necessário seu armazenamento, para que o seu pH de aproximadamente 9, juntamente com o aumento ou redução de temperatura e a produção de amoníaco (NH<sub>3</sub>), inativem os microorganismos entéricos presentes. O armazenamento precisa ser fechado para não haver contato com pessoas ou animais e impedir a volatilização do amoníaco (SCHÖNNING e STENSTRÖM, 2004).

Reforçando a proporção exata de nutrientes para a produção agrícola provinda das excretas, GONÇALVES (2009) afirma que para a produção de 230 kg de cereais é preciso 7,5 de NPK (nitrogênio + fósforo + potássio), e esse valor se iguala ao conteúdo destes elementos contidos na urina (90%) e fezes, de acordo com a tabela 01. O autor considera que um adulto chega a produzir 500 litros de urina e 50 litros de fezes por ano.

Nutriente	Urina (500 L/ano)	Fezes(50 L/ano)	Total	Requerido para 230 kg de cereais
Nitrogênio	5,6	0,09	5,7	5,6
Fósforo	0,4	0,19	0,6	0,7
Potássio	1,0	1,2	1,2	1,2
Total N+P+K	7,0 kg (94%)	0,45 kg (6%)	7,5kg (100%)	7,5 kg

Tabela 01: Quantidade de nutrientes tendo como fonte as excretas e quantidade de nutrientes requerido para produção de 230 kg de cereais. (FONTE: DRANGERT, 1998 *in*: GONÇALVES, 2009).

Os fertilizantes agrícolas nitrogenados são produzidos sintetizando amônia a partir do nitrogênio molecular atmosférico (ou seja, presente na forma gasosa), pelo processo *Haber-Bosh*, que demanda uma quantidade elevada de energia, aproximadamente 13,3 kWh.kg por kg de nitrogênio. Com este valor podemos prever que se economizaria 74,5 kWh.ano de energia por pessoa (13,3 kWh.kg x 5,6 kg de N produzido supondo-se por pessoa a produção de 500 l/ano de urina anuais) (GONÇALVES, 2009).

Não somente a agricultura tradicional (rural) se beneficia com a produção de adubos orgânicos através da recuperação dos nutrientes das excretas com a segregação da urina e compostagem das fezes. Com o crescimento do índice de urbanização das cidades, a agricultura urbana também pode ser promovida, assim como o uso em jardins, parques e espaços verdes, e também na aqüicultura e hidroponia (ESREY, 1999; GONÇALVES, 2009).

Pelo fato de onde haver um ser humano há também os nutrientes suficientes para a produção do seu próprio alimento através de suas próprias excretas, e conseqüências positivas do reuso destas como fertilizante e condicionantes de solo seguem com isso: aumento da produção e segurança alimentar; redução da desnutrição; geração de renda e emprego e a possibilidade de uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos (GONÇALVES, 2009).

#### 4.4. Banheiro seco

O banheiro seco é uma tecnologia do saneamento ecológico e descentralizado, é eficiente na redução de água e na produção de adubo



orgânico. Os banheiros secos se constituem basicamente de sanitários e mictórios. O sanitário utiliza uma mistura seca, que auxilia no processo de tratamento, ao invés de água. E utiliza-se algumas vezes água para higienização do mictório e/ou diluição da urina. O banheiro seco, como qualquer banheiro convencional, quando utilizado de forma adequada não traz odor, não atrai vetores e não oferece risco nenhum a saúde de seus usuários.

O banheiro seco funciona de diferentes formas, se adaptando a realidade de cada localidade que será implantado. Este pode ser classificado de acordo com seu funcionamento, como por exemplo, se há separação da urina, se o sanitário é móvel, se o armazenamento das fezes é móvel, se o tratamento das fezes é por compostagem ou desidratação, dentre outros. Algumas destas classificações serão descritas abaixo.

Sanitários com ou sem separação de urina, os modelos separadores consistem em um assento ou vaso especial que ajuda a separar as fezes da urina, que é dirigida a coletor separado. A urina, separadamente pode ser armazenada ou diluída e usada como fertilizante ou mandada para um poço de absorção diretamente no solo (CASTILLO, 2002). Um modelo de vaso segregador desenvolvido pela Rotaria está disponível na figura 03.



Figura 03 – Vaso segregador (FONTE: Rotária del Peru).

Sanitários Móveis são os modelos mais simples de sanitário compostável, onde se adiciona à excreta cinzas, folhas e terra. O banheiro, construído por cima da cova, desloca-se para o outro buraco após intervalos de 6 a 12 meses, deixando a cova coberta por terra. Planta-se sobre ela uma árvore. O sistema de cova dupla alterna é uma variante, alternando-se os buracos mantendo um deles fechado durante o mesmo período, com uso de uma tampa. Este modelo é utilizado com mais frequência nas populações rurais, especialmente em países africanos, como Zimbábue, onde o sistema de cova rasa única é denominado por *Arboloo* (MORGAN, 2007). Como pode ser visto na

figura 04, retirada de modelos Arboloo, dos mais simples banheiros secos implantados na África.

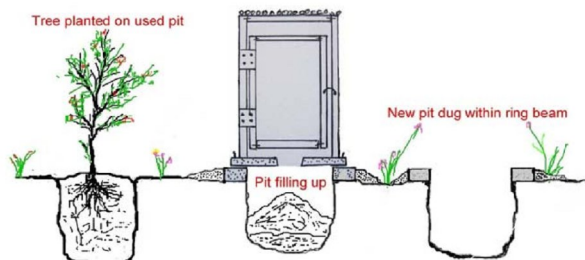


Figura 04- Modelo Arboloo (Fonte:MORGAN,2007).

Segundo JENKINS (2005), a partir de 1950 a República Democrática do Vietnã iniciou um Plano de Higiene Rural, com duração de cinco anos, construindo uma série de banheiros secos anaeróbios. Possuem dois tanques acima do solo, sendo que um é utilizado até que esteja cheio, deixado armazenado enquanto o outro tanque é utilizado. Este modelo ficou denominado de banheiro vietnamita. Estes modelos foram introduzidos com sucesso no México e América Central, sendo a motivação a baixa disponibilidade de água e o mau funcionamento de banheiros convencionais.

No Peru também optou-se por estes modelos de câmara, e é lançado cinza como “descarga”, as fezes então ficam armazenadas por um período de, aproximadamente, 6 meses até que o material esteja desidratado. A higienização das fezes passa então a ser pela desidratação e alcalinização, e não pela elevação da temperatura como na compostagem.

No Manual de Saneamento da FUNASA 2006, está disponível como solução de saneamento individual, sem utilização de água, o uso da Privada com Fossa Seca, Privada com Fossa Estanque e Privada com Fossa de Fermentação. No entanto, neste manual não consta o modo de higienização das fezes e urina e sua possível utilização na agricultura.

No final da década de 80, em Oaxaca - México, um técnico de uma ONG nacional, o Centro de Inovação em Tecnologia Alternativa convenceu algumas famílias de um bairro peri-urbano (San Luis Beltrán) a instalar sanitários compostáveis com separação de urina, construindo a princípio 35 unidades, com o apoio da Secretaria de Obras Públicas Municipal. Com o êxito do projeto, o prefeito apoiou a construção de mais 140 unidades. Em apenas dois anos, o bairro foi a

primeira comunidade em todo o México que conseguiu acabar com o problema de saneamento das excretas (AÑORVE, 1998 *in*: ESREY, 1999).

No semi-árido pernambucano foram instalados 90 banheiros secos, que constam de mictório, sanitário compostável com bombona e pia para lavar as mãos, a água utilizada se junta a urina e vai para o círculo de bananeiras e as fezes são compostadas ou desidratadas, conforme melhor se adapta a realidade de cada família. Este banheiro foi desenvolvido, conforme o modelo estudado neste trabalho para elaboração de manual de implantação e operação de banheiro seco, e, portanto será bem descrito nos resultados apresentados.

É importante saber que existem hoje modelos de banheiros secos com tecnologias para implantação no meio urbano, são sistemas modernos, mais caros e que muitas vezes podem ser utilizados até mesmo em prédios, como os sistemas à vácuo. Estes banheiros com tecnologias mais caras não serão estudados neste trabalho, pois o foco aqui será a implantação de banheiros secos de baixo custo.

#### 4.4.1. Sanitários Compostáveis

Sanitários baseados em princípios ecológicos são utilizados há centenas de anos por diferentes culturas, principalmente no sudeste asiático onde a reutilização dos dejetos para uso na agricultura é prática milenar. Os países ocidentais foram abandonando essa técnica na medida em que os sistemas de fluxo e descarga foram se expandindo (ESREY, 1999).

O objetivo principal dos sanitários é conter, imobilizar ou destruir agentes patogênicos das excretas humanas através de compostagem das mesmas, reduzindo o risco de infecção a níveis aceitáveis, sem a contaminação do meio ambiente. E seu objetivo subsequente é transformar os nutrientes contidos nas excretas em um material oxidado e estabilizado que possa ser utilizado como fertilizante (urina) ou condicionante de solos (fezes) para o cultivo de plantas (DEL PORTO e STEINFELD, 1998).

O sanitário compostável tem sido utilizado nas mais variadas realidades sócio-econômicas, por diversos países, tanto em ambientes rurais quanto urbanos: Índia, China, Vietnã, Suíça, Suécia, Noruega, Holanda, Alemanha, México, Bolívia, Chile, Equador, Peru, Etiópia, Kênia, Moçambique, África do Sul, Zimbábue – e, para o desconhecimento de muitos, também praticado no Brasil, porém, com

pouca pesquisa acerca da efetividade dos modelos utilizados (DAVISON, L. *et al.*, 2006; ESREY, 1999 e 2001; NAWAB, B. *et al.*, 2006; OTTERPOHL, 1999 e 2002; SHÖNNING e STEINSTRÖM, 2004).

#### 4.8. Compostagem

Neste modelo de capacitação de banheiros secos o processo de compostagem para o tratamento dos resíduos humanos será o utilizado. A compostagem, em seu sentido mais simplificado foi amplamente praticada desde a antiguidade por diversas sociedades humanas.

Segundo professor do curso de agronomia, da Universidade Federal de Santa Catarina, Paulo Emilio Lovatto, a compostagem tem basicamente três objetivos:

- Reduzir volume de resíduo, pois houve o aumento da quantidade de resíduos sólidos refugados pelo homem e a redução da disponibilidade de áreas para deposição dos rejeitos;
- Pela sanitização do composto, pois devido as altas temperaturas evita a sobrevivência de patógenos que possam estar presentes no material orgânico;
- Evita um problema grave de vetores como ratos, moscas e baratas que se multiplicam pela incorreta disposição de resíduos orgânicos.

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. A figura 05 ilustra o fechamento do ciclo de nutrientes quando utilizado a compostagem.

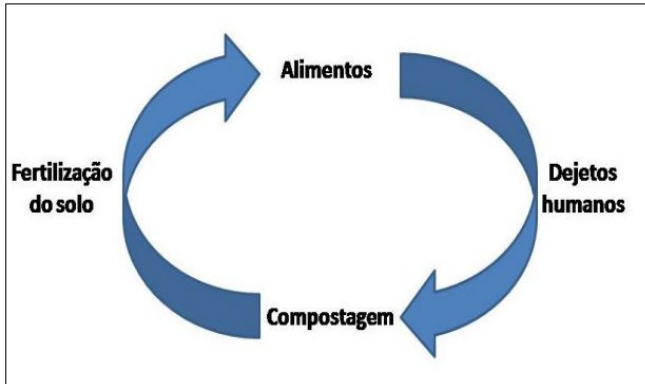


Figura 05. Fechamento do ciclo de nutrientes (Fonte ESREY *et al*, 2001, adaptado por Alves, 2009).

Os materiais comumente utilizados para realizar a mistura ideal para promover a compostagem variam dentre papel higiênico, folhas secas, serragem, cinzas e até mesmo restos de alimentos e fezes de animais. Além da adição de alguns destes materiais, fatores importantes ao processo de biodegradação: aeração; nutrientes presentes (principalmente a relação C/N); umidade; temperatura, que é resultado da atividade biológica, fundamental na eliminação de patógenos; e níveis muito baixos ou muito altos de pH, que também inibem a atividade microbiana (ESREY, 1999).

Iniciado o processo de compostagem, proliferam-se complexas populações de diversos grupos de microorganismos, como bactérias, fungos e actinomicetos, que vão surgindo conforme as características do meio. Há um crescimento maior dos microorganismos mesófilos. Elevando gradativamente a temperatura, são superados pela população de microorganismos termófilos, altamente ativos, elevando rapidamente a temperatura do composto, consumindo rapidamente a matéria orgânica e eliminando os microorganismos patogênicos.

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 aeração é um fator fundamental para a existência dos microorganismos aeróbios na compostagem, assim como para a oxidação de moléculas orgânicas presentes na massa. O oxigênio consumido no processo de compostagem é diretamente proporcional à atividade microbiana. As bactérias combinam C e O para produzir energia e dióxido de carbono, e quando este chega a um nível de 10%, organismos anaeróbios excedem em quantidade frente os aeróbios, reduzindo a biodegradação e aumentando o mau cheiro. Portanto, é necessário suprir a quantidade de oxigênio necessária através de uma aeração adequada, promovendo desta maneira uma destruição dos organismos patogênicos através do aquecimento proporcionado pelo crescimento aeróbio microbiano, num processo sem odores. O consumo de oxigênio é maior no começo do processo, sendo gradualmente diminuído com a maturação do composto (STRAUSS, 2003). A aeração é, portanto, fundamental e, em especial, no início da compostagem, influenciando na velocidade de oxidação da matéria orgânica, assim como para a eliminação de odores (FERNANDES e SILVA, 1999).

Em teoria, “a degradação dos sólidos voláteis biodegradáveis do material a ser compostado pode ser estimada pela reação química de uma molécula biodegradável (equação 01):



Analogamente, podem ser montadas equações para a oxidação da amônia, celulose e outras moléculas orgânicas. Na prática, o fenômeno é mais complexo, pois a maioria da amônia produzida pode ser

volatilizada, o que não criará demanda adicional de oxigênio” (FERNANDES e SILVA, 1999).

A temperatura é fator indicativo de equilíbrio biológico na compostagem, que reflete a eficiência do processo e é de fácil monitoramento. Um valor de 40-60 °C nos primeiros dias indica que a compostagem tem grande possibilidade de ser bem sucedida. Acima de 65 °C a atividade microbiológica cai, comprometendo o processo; e ao passar deste valor, muitas populações aptas morrerão (FERNANDES e SILVA, 1999).

A umidade serve como um meio de transporte de nutrientes e de calor para os microorganismos. Porém precisa ser manejada para que fique entre 45 a 65% do peso total do material a ser compostado. Quando em excesso, contribui ou para o crescimento de microorganismos anaeróbios ou para o afogamento dos microorganismos benéficos ao processo de compostagem, ambas as situações sendo indesejadas (STRAUSS, 2003).

A elevação do pH na mistura acelera a desinfecção do composto. Varia entre 5,5 a 6,0 no início da compostagem (devido a produção de ácidos orgânicos) se utilizadas misturas com pH perto da neutralidade; e durante a fase termófila, com a hidrólise das proteínas e liberação da amônia, o pH torna-se alcalino, entre 7,5 a 9,0 (FERNANDES e SILVA, 1999).

A relação entre os nutrientes mais importantes para o balanceamento da compostagem precisa ser verificada, sendo eles o Carbono e Nitrogênio. A atividade microbiana consome N na degradação e re-síntese de matéria orgânica (ciclagem de N), transformando as formas nítricas e amoniacais em diversas formas orgânicas que liberarão lentamente N para o solo. O carbono é retirado do material orgânico misturado às fezes, enquanto que o nitrogênio é fornecido por estas. Para produzir um composto com bom estado nutricional é necessário fazer com que a mistura apresente uma relação C/N entre 20 e 30 (ou seja, 20 a 30 unidades de C para uma unidade de N).

A exposição aos raios solares também promove a higienização, apesar de sua efetividade ainda ser objeto de pesquisa. São utilizadas também outras fontes de radiação (artificiais), que promovem uma grande eficiência de desinfecção dos patógenos, mas com um elevado custo, segundo HOTTA e FINAMIZU (2007).

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.

A relação tempo/temperatura é fundamental para que o processo atinja a eficiência desejada. A tabela 02 ilustra a experiência de pesquisa desenvolvida em laboratório, *in vitro*, por Clarence Golueke (1992).

Organismos	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Salmonella typhosa	Parada de Crescimento a $46^{\circ}\text{C}$ ; Morte, 30min. a $55-60^{\circ}\text{C}$
Salmonella spp	Morte, 15-20 min. a $60^{\circ}\text{C}$ ; 1h a $55^{\circ}\text{C}$
Escherichia coli	Morte, 15-20 min. a $60^{\circ}\text{C}$ ; 1h a $55^{\circ}\text{C}$
Endamoeba histolytica	Morte, $68^{\circ}\text{C}$
Taenia saginata	Morte, 5min. a $71^{\circ}\text{C}$
Trichinella spiralis	Redução efetiva 1h e exposição a $50^{\circ}\text{C}$ ; Morte, $62 - 72^{\circ}\text{C}$
Necator americanus	Morte, 50 min. a $45^{\circ}\text{C}$
Micrococcus pyogenes	Morte, 10 min. a $50^{\circ}\text{C}$
Streptococcus pyogenes	Morte, 10 min. a $54^{\circ}\text{C}$
Mycobacterium tuberculosis	Morte, 15 – 20 min. a $66^{\circ}\text{C}$
Mycobacterium diptheriae	Morte, 45 min. a $55^{\circ}\text{C}$
Shigella	Morte, 1h. a $55^{\circ}\text{C}$

Tabela 02 –Morte térmica de patógenos que causam doenças ao homem (Fonte: Golueke, 1984, *in*: BUTTENBENDER, 2004).

Compostagem aeróbica que alcance uma temperatura de  $55^{\circ}\text{C}$ , por cinco dias alcança uma satisfação higiênica do material fecal, com remoção de microorganismos resistentes, inclusive vírus, para banheiros secos segregadores (HOLMQVIST et al, 2009).

#### 4.8.1 Compostagem termofílica por leiras estáticas

A técnica de compostagem termofílica por leiras estáticas é a praticada na Universidade Federal de Santa Catarina e será o método utilizado de compostagem para higienizar os dejetos humanos nas ações de capacitação sanitária e ambiental desenvolvido neste trabalho.



Como características principais deste método podemos destacar: ser desenvolvida utilizando equipamentos de baixo custo, apresentar um controle dos impactos intervenientes do processo, além de apresentar mão de obra reduzida, pois não são necessários revolvimentos periódicos para manutenção de condições aeróbias. Este método de compostagem vem sendo praticada em vários locais do estado de Santa Catarina, e vêm sendo estudada e praticada por pesquisadores, como o professor de agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina, desde 1994.

Devido às altas temperaturas atingidas, em média 60°C, durante o processo de transformação garante a ausência de patógenos comuns no produto final que será manuseado como adubo. Além de evitar a propagação de vetores e reduzir o volume de matéria orgânica.

Na compostagem termofílica por leiras estáticas primeiramente deve-se selecionar local adequado que disponha de boa ventilação, deve-se então fazer a cama de compostagem que receberá a matéria orgânica. A primeira camada deve-se colocar galhos de árvores para permitir aeração na parte inferior da leira. Para disponibilizar oxigênio no interior deve-se adicionar junto à matéria orgânica serragem. Com a serragem também é garantido a proporção carbono:nitrogênio requerida. No guia desenvolvido neste trabalho terá os passos para construção da leira, junto com a forma para sua correta utilização.

## 5. METODOLOGIA

Nesse capítulo são apresentados os principais materiais e metodologias utilizadas na elaboração de manuais de capacitação para implantação e utilização adequada de banheiro seco compostável, e para reúso e disposição dos produtos gerados. Foram pesquisados modelos de banheiro seco e estratégias de educação e capacitação ambiental e sanitária para garantir que as pessoas adquiram percepção ambiental, se motivem com esta nova tecnologia e utilizem o banheiro seco de forma adequada a garantir higiene e disponibilização de adubo orgânico.

Foi selecionado um banheiro seco compostável da região de Florianópolis e descrito sua implantação e utilização para criar materiais didáticos. Além disso, foram caracterizados o líquido percolado e o composto com análises físico-químicas e bacteriológicas para desenvolver instruções para realização da compostagem.

Foi também escolhido um modelo de capacitação para banheiros secos compostáveis, que ocorreu no semiárido pernambucano, para entender a didática utilizada e agrupar os materiais utilizados pelos técnicos neste trabalho. Ao final foram colocados os materiais de capacitação em um blog disponível para todos interessados. Todas as ações metodológicas desenvolvidas neste trabalho serão melhores descritas a seguir.

## 5.1 Caracterização do banheiro seco de estudo

Após realizar um levantamento dos tipos de banheiros seco e suas características construtivas, foi selecionado um modelo de banheiro seco com co-compostagem (excretas e resíduos orgânicos) de baixo custo e fácil manutenção.

Este modelo de banheiro seco foi disponível pela ONG CEPAGRO – Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, que já vinha implantando sanitários compostáveis em agricultores do litoral catarinense. O modelo de banheiros secos deste trabalho foi construído pela equipe técnica do CEPAGRO em intercâmbio com a ONG CEDAPP, no semi-árido pernambucano, e possui modelo similar em Florianópolis/SC.

Escolheu-se este modelo similar em Florianópolis, devido sua proximidade, para proceder com a caracterização por meio de análises físico-químicas e bacteriológicas, junto com percepção de seu funcionamento, descrição das experiências dos usuários para garantir uso adequado e implantação de sistemas de controle ambiental com elaboração de manuais.

Para iniciar o processo de caracterização do modelo de Florianópolis procedeu-se com uma visita ao banheiro seco em março de 2010, junto com entrevista com os moradores. Além de entrevistas e fotografias, o banheiro seco foi utilizado e realizado sua manutenção semanalmente no decorrer deste trabalho para percepção de suas características sanitárias.

O banheiro seco modelo possuía uma leira de compostagem que não havia impermeabilização. Foi então pesquisado na revisão bibliográfica e consultado o órgão ambiental competente (FATMA – Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina) para avaliar qual seria a adequação do processo de compostagem para controle de impactos ambientais. Esta nova leira foi construída com controle de

líquido percolado para evitar contaminação do solo e águas e caracterizar o líquido percolado para aproveitar como adubo fluido. Os passos para construção deste controle do líquido percolado estão detalhados nos resultados deste trabalho.

O projeto do equipamento de controle ambiental da leira, desde sua impermeabilização até a coleta de lixiviado, teve como metodologia os seguintes passos: entendimento dos objetivos da estrutura de controle, observações em estruturas de controle de líquido percolado existentes, conversa com profissionais que possuem experiência para auxiliar no projeto, descrição dos materiais a serem utilizados, compra e disponibilização destes materiais, e por fim, construção da estrutura de controle.

### 5.1.1 Caracterização dos produtos gerados – composto e líquido percolado

Para caracterizar o líquido percolado e o composto da leira de compostagem foram realizadas entrevistas com os técnicos que realizam a manutenção no banheiro de estudo, e organizou-se um plano de monitoramento com análises físico-químicas e bacteriológicas.

O monitoramento levou em conta a higienização do composto pela temperatura elevada atingida no processo termofílico. Outros fatores como umidade, pH e competição entre os microorganismos também são importantes na eliminação de organismos patogênicos. Além da higienização do composto foi realizada a caracterização dos nutrientes inorgânicos presentes no líquido percolado.

No banheiro seco de estudo, a operação da leira de compostagem é realizada da seguinte forma:

A frequência de disposição de resíduos de alimentação e do banheiro seco na leira de compostagem é quinzenal. A cada disposição é revolvido o resíduo orgânico já presente. Depois de 6 meses de utilização a leira é encerrada e fica em repouso para maturação.

Com base nesta rotina de operação da leira foi elaborado o plano de monitoramento. Foram realizadas, então, análises antes e após a disposição de novos resíduos na leira (quinzenalmente).

No monitoramento de rotina descrito anteriormente foram avaliados no composto os seguintes aspectos:

- Medição da temperatura em vários pontos da leira de compostagem com termômetro;
- Medição de pH por fitas com coloração indicadora do composto e do líquido percolado;
- Observação no local de cor e turbidez do líquido percolado e características do composto.

Além do monitoramento de rotina do composto, na penúltima quinzena antes do encerramento da leira de compostagem foram realizadas 3 coletas do líquido percolado (no 1º, 7º e 15º dia) para avaliar se a temperatura da leira de compostagem tem efeito higienizador no líquido percolado e para obter uma caracterização que embasa instruções de manejo (necessidade de recirculação e diluição deste líquido). Foi analisado: fósforo, nitrogênio inorgânico e coliformes totais e fecais, também foi analisado o volume de líquido gerado por volume de resíduo disposto na leira de compostagem.

Todas as análises físico-químicas foram realizadas no LIMA (Depto. da Eng. Sanitária e Ambiental – UFSC). As análises seguiram as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), com diluição de 1:50. Os parâmetros analisados no líquido percolado foram:

- Fósforo ortofosfato;
- Nitrogênio amoniacal;
- Nitrogênio nitrato;
- Nitrogênio nitrito.

As análises bacteriológicas (coliformes totais e fecais) foram realizadas no Laboratório de Ecologia dos Solos (Depto. de Agronomia – UFSC). Estes parâmetros foram realizados no líquido percolado e no composto. Os coliformes totais foram testados quanto a produção de gás em caldo verde bili brilhante a 37°C, após o qual as amostras positivas foram encubadas a 45 °C para confirmar a presença de coliformes fecais. Para esta análise usou-se diluição de 1:1000.

Após analisar o composto e o líquido percolado, buscou-se pesquisar na bibliografia os significados destas análises e como elas serviriam de base para elaborar instruções para controle do líquido

percolado e uso dos fertilizantes sólidos e líquidos gerados no processo de compostagem.

## 5.2. Manual de capacitação para implantação do banheiro seco modelo

Os manuais tiveram linguagem acessível, para ser interpretado tanto por técnicos quanto por leigos que se interessem por esta tecnologia. As principais referências utilizadas foram manuais de construção. O manual teve por base tornar claro os passos para construção e manutenção do banheiro seco.

O manual de capacitação tem os seguintes itens: parte construtiva para projetar banheiro seco de baixo custo que evite contaminação e instruções para uso adequado do banheiro seco.

Junto com os técnicos responsáveis pelos projetos de banheiro foi descrito o projeto e diálogado sobre seus passos para permitir escrever um manual de construção. Neste material foi agregado a cartilha educativa cedida pelo CEPAGRO com os passos para uso adequado do banheiro seco.

### 5.2.1 Instruções para implantação e manutenção da leira de compostagem

Esta parte do manual teve por base tornar claro os passos para construção e manutenção da leira de compostagem.

Foi acompanhado o processo de construção e manutenção da leira da residência durante o ano de realização deste trabalho e questionado aos principais operadores os passos a serem seguidos, detalhadamente, e as razões para fazê-lo.

Junto com os moradores da residência que operam a leira de compostagem foi esquematizado os passos de construção de uma leira com controle ambiental – a impermeabilização e coleta de líquido percolado. Após reunir os materiais necessários foi dado início aos procedimentos, sendo registrado com fotos ilustrativas os passos de implantação. Todo material utilizado na construção foi especificado e quantificado no manual.

### 5.2.2 Manual de capacitação para utilização de dejetos humanos na agricultura

As instruções para o reúso e disposição do composto, urina e do fertilizante líquido gerado, disponibilizadas no manual, foram retiradas de manual produzido pela EcoSanRes, uma rede de perícia internacional de saneamento ecológico financiado pelo SIDA, Agência Sueca Cooperação para o Desenvolvimento Internacional.

### 5.3.Criação de um blog sobre banheiro seco

Foi criado um blog sobre banheiro seco para disponibilizar os materiais didáticos agrupados e criados como resultado obtido com este trabalho. Estes materiais serão de sensibilização e instruções. Neste blog estará disponível materiais elaborados por organizações que trabalham com a implantação de banheiros secos, bem como materiais elaborados para este trabalho. Pretende-se disponibilizar: cartilha educativa para banheiro seco, manual de capacitação de sanitário compostável, artigos e teses de domínio público sobre banheiro seco, vídeo sobre o banheiro seco.

Este blog é de linguagem acessível, o público alvo são todos os interessados em implantar esta tecnologia. Baseou-se em materiais/guias modelos. A interface utilizada foi o blogspot. A implantação de banheiros secos necessita de manuais e didáticas. Também foi colocado neste blog os passos para implantação de banheiros secos aplicados no semi-árido pernambucano no programa de banheiros secos CEDAPP-CEPAGRO, bem como os materiais didáticos utilizados neste programa.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a elaboração dos materiais da metodologia, são então descritos os materiais em forma de documento, bem como o endereço eletrônico para disponibilizar os outros materiais de mídia usados como didática neste trabalho de capacitação.

### 6.1 Caracterização do banheiro seco de estudo

O banheiro seco escolhido como modelo para elaboração do manual é compostável e parcialmente segregador, ou seja, não tem desvio de urina no próprio assento, mas tem mictório. Tem bombona de 50 litros para armazenamento de fezes, com descarga de serragem e/ou cinza, e frequência de descarte do resíduo armazenado na leira para realizar a compostagem de quinze dias. Tem ciclo de bananeiras para tratamento da urina que é diluída para higienização do mictório.

O banheiro seco de estudo fica localizado em uma residência com 3 moradores no sul de Florianópolis/SC, no bairro Morro das Pedras. Possui 5 anos de uso e foi construído pelo baixo custo, e por se adaptar melhor as condições locais de alagamento do terreno.

O banheiro foi feito de madeira com distância de 80 centímetros do chão, tem 1,5 m<sup>2</sup> e possui um mictório de cerâmica, e vaso sanitário com caixa de madeira e assento plástico. O armazenamento é movel com bombona de 50 litros. Ele é parte integrante da casa, a pia para lavar as mãos fica na parte externa e o chuveiro é em outra parte. Não foi possível constatar o valor de construção, pois os materiais foram de demolição.

#### 6.1.1 Caracterização do líquido percolado e o composto da leira de compostagem do banheiro seco

A leira de compostagem fica no jardim a 1,5 metros distante da casa e está sobre chão de terra preta que recebeu aterro. O sistema aplicado para higienização do material do banheiro seco é compostagem termofílica em leiras estáticas.

São lançados nas leiras resíduos orgânicos de alimentação e fezes do banheiro seco, junto com serragem e papel higiênico. Este processo de compostagem possui a fase termofílica (identificada pelas altas temperaturas – em média 50°C) e após este período o composto atinge temperatura ambiente. Após encerramento da leira, o composto irá maturar. Segundo a entrevista com morador, esta leira de compostagem recebe resíduos quinzenalmente e em cada despejo ela é revolvida para aeração. E é perceptível a variação de temperatura neste período.

A caracterização do líquido percolado e do composto da leira de compostagem se deu através do plano de monitoramento e seus resultados serão descritos abaixo.

A primeira conclusão que se obteve foi sobre as cargas poluidoras do líquido percolado e o quanto podem contaminar o lençol freático e os solos, portanto ressalta-se a necessidade de impermeabilização da leira de compostagem e controle do líquido percolado para usá-lo como fertilizante líquido.

Com a contabilização do volume de dejetos lançados na leira de compostagem, obteve-se uma média de 10% de volume de líquido gerado por volume de resíduos despejados na leira a cada 15 dias, sem interferência pluvial. Sendo que a maior fração do líquido é gerada no primeiro e no segundo dia. Deve ser levado em conta que grande quantidade de líquido deve-se a água da lavagem das bombonas que é despejada nas leiras.

Obtendo esta média de 10% e sabendo-se a quantidade de resíduos despejados na leira, obtém-se a quantidade de líquido percolado coletado por quinzena e o quanto será disponível para agricultura.

Com relação ao monitoramento da temperatura nas leiras de compostagem obtiveram-se alguns resultados. Primeiramente percebeu-se que a temperatura externa tem interferência sob a temperatura interna da leira, sendo que nos dias frios (média 15°C) a temperatura da leira tinha decréscimo.

Outro fator climático importante foi a quantidade de chuvas, quando havia muita chuva havia um decréscimo na temperatura da leira também. Ressalta-se então a necessidade de cobertura da leira de compostagem para melhor controlar sua temperatura e a higienização do líquido percolado.

No período monitorado, a temperatura na leira de compostagem no primeiro dia, após o lançamento dos resíduos, iniciou a sua elevação, após um dia chegou a uma média de 40 °C. Esta temperatura permaneceu até o sétimo dia com pouca elevação, chegando até o pico



de 55°C entre o quarto e o quinto dia, após isto se iniciou um decréscimo chegando em 45 °C no sétimo dia e 35 °C no décimo quinto dia. Em algumas quinzenas a temperatura foi mais elevada, chegando a 60 °C. Como podemos ler na revisão bibliográfica deste trabalho, com uma média de temperatura de 55 °C após cinco dias é possível a higienização do composto com a eliminação de bactérias patógenas, pois o meio encontra-se com temperatura suficiente segundo Holmqvist et al, 2009. A presença de coliformes totais e fecais tanto no composto, como no líquido percolado foi observada nas análises, bem como indica a redução destes pela elevação de temperatura na leira de compostagem.

Quanto a higienização do líquido percolado, percebemos que no dia 01 tem alto teor de coliformes fecais e totais, pois foi pouco higienizado pela temperatura na leira, e no 7º dia foi mais já que teve tempo pela alta temperatura que a leira alcança, portanto encontramos na recirculação realmente uma solução. A mistura com o dia 0 foi pequena, pois apenas sobrou 500 mL para misturar com o restante que foi coletado até o 7º dia. Outra análise que foi de importância para a higienização do líquido percolado foi o seu pH que esteve entre 8 e 9, sendo levemente alcalino. Sendo a alta temperatura na leira de compostagem provavelmente um fator de redução de coliformes totais e eliminação de coliformes fecais. As figuras 06 e 07 apresentam os resultados das análises de coliformes e nutrientes inorgânicos, respectivamente.

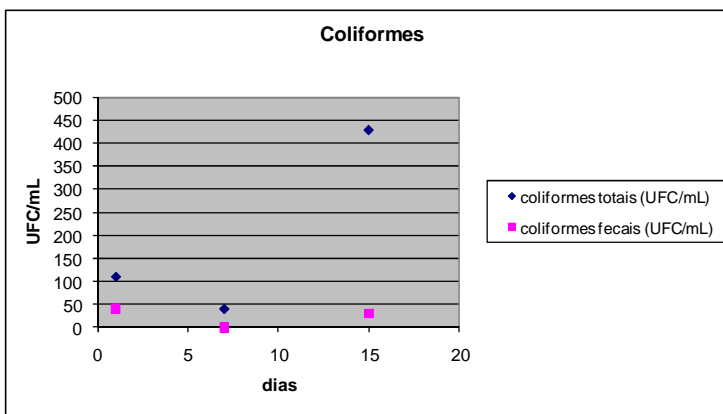


Figura 06 – Coliformes totais e fecais no líquido percolado coletado no decorrer da quinzena de despejo de resíduos.

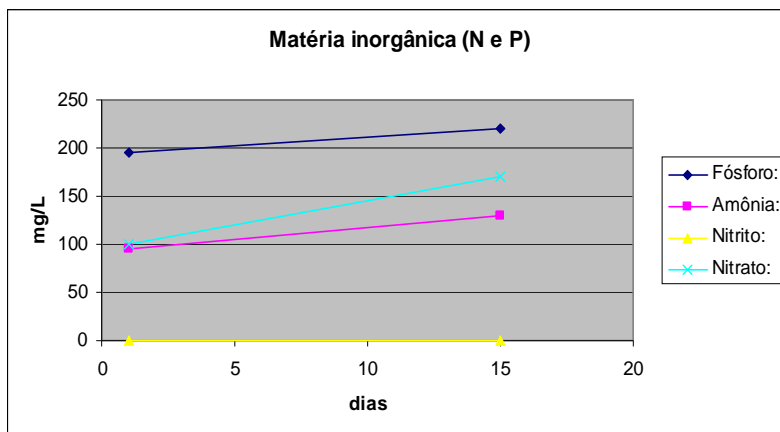


Figura 07 – Nutrientes inorgânicos (P e N) no líquido percolado coletado no decorrer da quinzena de despejo de resíduos.

No 15º dia o líquido coletado teve interferência pluvial, do dia 07 ao dia 15 era esperado pouco líquido percolado, porém com a interferência das chuvas houve uma redução na temperatura da leira, redução no pH do líquido percolado (acidez da água das chuvas) e aumento no volume coletado de líquido percolado. Provavelmente estes fatores devem ter interferência no aumento de coliformes e na contaminação do líquido percolado por coliformes fecais.

O nitrito tem valor baixo, está como zero, pois o espectrofotômetro, devido à diluição, não conseguiu ler na curva valores tão baixos.

A caracterização do líquido percolado indicou que sem a interferência da chuva este tem pH entre 8 e 9 e coloração negra (alta coloração), com poucos sólidos em suspensão (baixa turbidez) devido a filtração prévia com o bidim, como pode ser observado na figura 08. Além disso, tem um aporte de nutrientes utilizável para a agricultura.



Figura 07 – Líquido percolado gerado na leira de compostagem.

## 6.2. Manual de capacitação com passos para implantação do banheiro seco modelo

### **MANUAL DE CAPACITAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE BANHEIRO SECO COM COMPOSTAGEM**

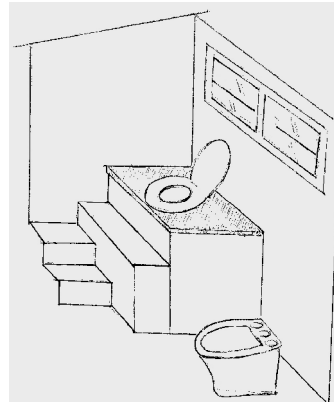
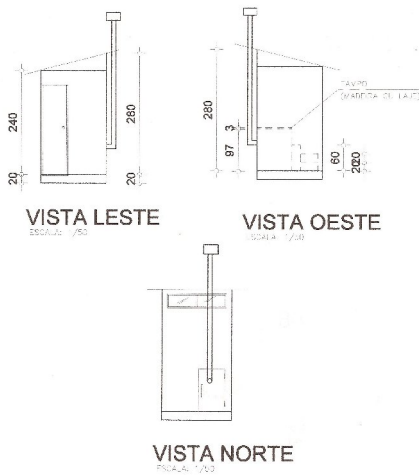
#### **Instruções para o banheiro seco em alvenaria ou madeira (Fonte: CEPAGRO)**

Abaixo se encontra a planta para fazer o banheiro seco em alvenaria ou madeira. As medidas estão todas cotadas na planta e fizemos um pequeno esboço em perspectiva (abaixo) para facilitar o entendimento. Só para salientar, a medida interna dele tem 1,20 m x 1,30 m e colocamos uma espessura de parede de 15 cm que corresponde a um tijolo simples mais rebocos. Sugerimos que o acabamento interno seja azulejado pelo menos até a altura de 1,20 m ou algum outro acabamento que possa ser lavado.

A escada de acesso ao tampo onde fica o assento sanitário pode ser feita de alvenaria ou de madeira. Gostaríamos que o tampo (70x60cm) com o buraco fosse feito de madeira para facilitar a conexão da peça que liga ele à chaminé e à bombona plástica. O espaço abaixo do tampo foi dimensionado para uma bombona de 50 litros com no máximo 60 cm de altura e a pequena porta colocada na planta no lado norte é por onde retiramos a bombona. Neste mesmo lado colocamos uma janela para criar iluminação e ventilação. Porém dependendo da disponibilidade de janelas e avaliando a privacidade do usuário do banheiro podem ser colocadas outras janelas nas outras paredes.

Com relação à chaminé o tamanho mínimo é de 2m de tubo mais uma curva em 90 graus e um chapéu (saída da coluna de ventilação). É interessante que seja em metal (ferro galvanizado, por exemplo), pois quando pintada de preto ela aquece mais, porém, se não houver disponibilidade, ela pode ser feita com canos de PVC. Aqui no sul do Brasil é muito importante que a chaminé fique voltada para o norte, pois nos meses de inverno a trajetória do sol inclina-se bastante nesta direção, porém o mesmo não ocorre aí no nordeste logo existe a possibilidade, se for interessante por outros motivos, de trocar a orientação do banheiro seco. É importante que a saída da coluna de ventilação, seja telado, para evitar a entrada de moscas e outros insetos.

Ao lado do assento reservamos espaço para um bidê ou alguma outra peça para urinar cuja saída é direcionada para um círculo de bananeiras. Logo, neste ponto, precisamos de abastecimento de água e existe a possibilidade (não desenhada) de aproveitar a tubulação e colocar um lavatório para as mãos em alguma parede externa com o beiral do telhado acompanhando. Só para esclarecer, pequenas quantidades de urina junto com as fezes e a serragem não afetam o funcionamento do banheiro seco, mas grandes quantidades criam odores e dificultam o manuseio da bombona bem como a compostagem.



### 6.2.1. Manual de capacitação com instruções para implantação da leira de compostagem e manutenção

Este resultado será apresentado na forma que estará disponível no blog. Neste manual estão as instruções para construção e manutenção de leira controlada para compostagem dos resíduos orgânicos do banheiro seco ecológico (fezes, papel higiênico e serragem) e doméstico (restos de alimentos e jardinagem).

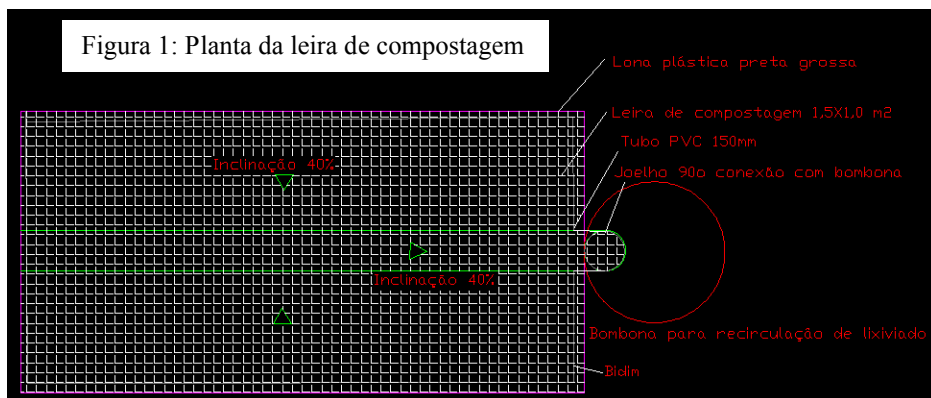
## MANUAL DE CAPACITAÇÃO PARA IMPLANTACAO DA LEIRA DE COMPOSTAGEM E MANUTENCAO DO BANHEIRO SECO

O modelo de implantação apresentado aqui foi executado no município de Florianópolis, para compostagem dos resíduos orgânicos do banheiro ecológico (fezes, papel higiênico e serragem) e doméstico (restos de alimentos e jardinagem) de quatro (4) residentes de um domicílio com um (1) banheiro ecológico de bombona de 50 litros. A troca de bombona tem uma frequência, aproximadamente, quinzenal. São 4 moradores nesta residência e foi construído uma leira de 1,5 m<sup>2</sup> no jardim.

Para melhor compreensão este guia de compostagem controlada trará instruções junto com fotografias, ele será dividido em três partes:

- Equipamentos utilizados;
- Instruções para construção da leira;
- Os cuidados de operação e monitoramento para garantir higienicidade e estabilização do composto.

Antes de iniciar a construção desenhou-se a planta e o corte do sistema a ser implantado como ilustrado na figura 1.



## Equipamentos utilizados

Primeiramente vamos descrever os equipamentos necessários na construção e operação da leira. É importante observar que alguns dos equipamentos aqui descritos foram reutilizados. Abaixo será disposto uma tabela com as descrições, os valores e as quantidades de cada item.

Descrição do Material	Função	Quantidade	Valor
Trena*	Medição da leira e dos materiais	1	-
Tesoura*	Corte da lona e bidim	1	-
Serra copo*	Corte do PVC	1	-
Pá*	Construção e escavação	1	-
Garfo para agricultura	Remexer a leira	1	99,00
Solo arenoso ou argiloso	Aterrar e construir a inclinação requerida para drenagem	75 kg	9,00
Lona plástica preta grossa (4 metros de largura)	Impermeabilizar o solo e drenar o lixiviado da leira	1,5 x 2,0 m <sup>2</sup>	7,76
Bidim - geotêxtil não tecido 100% poliéster	Permite livre passagem do lixiviado, com retenção eficiente dos sólidos	1,5 x 2,0 m <sup>2</sup>	8,00
Tubo PVC 150 mm	Calha para escoar o lixiviado da área drenada até o ponto de coleta	0,8 m	4,50
Joelho PVC 150 mm	Passagem da calha para coleta	1	2,50
Balde/bombona 20L	Coleta e armazena o lixiviado escoado para posterior recirculação	1	3,50
Palha/Resto de Jardinagem	Aeração de fundo da leira	1 carrinho de mão	0,00
Serragem	Cobertura do resíduo para aeração e evitar mau cheiro e insetos	1 carrinho de mão	0,00
Lona plástica estufa média transparente UV	Cobertura para proteção das chuvas sobre a leira	3 x 4 m <sup>2</sup>	34,00
Armação de bambu	Cobertura para proteção das chuvas sobre a leira	3 x 4 m <sup>2</sup>	30,00
EPI (botas e luvas)	Proteção da saúde dos operadores	1	-

Tabela 01: Descrição dos materiais utilizados para construção e operação da leira de compostagem.

\*Estes materiais são necessários somente no momento de construção da leira.

## 1. Instruções para construção da leira

A construção da leira de 1,5 x 1,0 m<sup>2</sup> se deu durante um dia de trabalho realizado com a mão de obra de duas pessoas. Os passos junto com as imagens estão descritos abaixo.



1) Escolhe-se no terreno um local de fácil acesso, com boa ventilação e iluminação natural. Devido as chuvas deve-se evitar locais úmidos e muito baixos, para não ocorrer escoamento do líquido percolado e acúmulo de água.

2) Medir o comprimento (1,5 m), a largura (1,0 m) e a altura máxima de inclinação (20 cm) da leira com a trena. Posicionar os marcadores e se houver tijolos disponíveis usa-los para indicar as medidas.



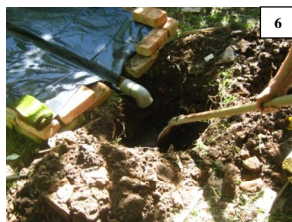
3) Após a marcação colocar a terra na altura dos tijolos (20 cm) e ir descendo até o centro da leira.

4) Cortar o tubo de PVC 150 mm ao meio e deixar o joelho 90 já embutido e cortar 10 cm acima da conexão.



5) Posicionar o tubo de PVC de tal forma que não há espaços para empoçamento

6) Colocar a lona sob o tubo de PVC assentado para impermeabilização e cavar um buraco para colocar o baldinho ou bombona utilizada.



7) Cortar a tampa do baldinho de modo a encaixar o joelho PVC.

8) Colocar o bidim para filtrar o líquido percolado, inclusive na entrada da tubulação.







9) Colocar folhas de bananeira para permitir aeração abaixo do composto.

10) Fazer em volta da leira um limite/barreira com restos de jardim (palhada).



11) Colocar serragem e então a leira está pronta para receber os resíduos.

12) Então coloca-se as luvas e as botas para pegar os resíduos do sanitário seco e os restos de alimentos e lançar no centro da leira.



O lixo orgânico é mexido com o garfo. Estes passos serão melhores descritos no item 3 deste guia.

13) Uma dica importante para que a compostagem inicie seu



processo é no primeiro lançamento de matéria orgânica deve-se misturar 1 balde de terra preta (rica em matéria orgânica e microorganismos) e até mesmo, se houver, composto junto com o resíduo e misturá-lo para .

14) Cobre-se todo o resíduo com serragem para evitar mau cheiro e insetos e depois fecha-se com restos de jardinagem (palhada).



## 2. Os cuidados de operação e monitoramento para garantir higiene e estabilização do composto.

Fotografias do banheiro seco e do processo de compostagem:

Sanitário compostável e mictório.





Retirada da bombona cheia



Leira de compostagem e recipientes dos resíduos que serão lançados



É retirado a palha que estava cobrindo a leira e colocada para os lados com o auxílio do garfô. E então o composto em processamento é remexido para aeração e recebimento do novo resíduo.



Abertura de um espaço no centro da leira. Neste espaço são lançados o resíduo orgânico de alimentos e sobre este o resíduo do sanitário compostável.



Sobre os resíduos é lançado a água de higienização da bombona e dos recipientes



Cobertura do resíduo novo com o que já está sendo processado para evitar mau cheiro e insetos



Leira totalmente coberta, finalização do processo.



Composto pronto para ser utilizado nas hortas, retirado da parte de baixo da leira.



Após higienização do sanitário e da bombona, é colocado na bombona já encaixada serragem para iniciar o uso

### 6.2.2. Manual de capacitação com instruções para utilização dos dejetos humanos na agricultura

#### **Orientações para utilização de dejetos humanos na agricultura**

Recomendações para uso agrícola do excreto estão baseado no conhecimento de conteúdo nutricional dos excretas, as quantidades excretadas, a composição e a disponibilidade de fertilizante das plantas e o tratamento de excreto, o que influencia os seus conteúdos. Relações e dados que possam formar a base para adaptação das orientações nas condições locais estão apresentados neste texto. Urina e fezes são fertilizantes completos de alta qualidade com níveis mínimos de contaminadores, tais como metais pesados. Urina é rico em nitrogênio, enquanto fezes são ricos em fósforo, potássio, e material orgânico. A quantidade de nutrientes excretados depende da quantidade de alimentação consumida.

As excretas devem ser manuseadas e tratadas de acordo com as orientações de higiene (Schöning & Stenström, 2004) antes de ser utilizada para cultivar plantas. Recomendações específicas locais para o uso da urina e fezes no cultivo devem estar baseadas nas

recomendações locais sobre as taxas de aplicação de fertilizantes comerciais.

Taxas de aplicação para fertilizantes comerciais mineral nitrogénio (ureia e amónia), se estiverem disponíveis, podem ser utilizados como a base para recomendações no uso de urina. Pode calcular-se em 3-7 g N por litro. Se toda urina for colecionada, será suficiente para fertilizar 300-400m<sup>2</sup> de plantas por pessoa por ano com uma taxa de N razoável. Para muitas plantas a taxa máxima de aplicação, antes de arriscar com efeitos tóxicos, é pelo menos quatro vezes esta dosagem. Se a taxa específica para a planta não é conhecida, então aplicação de urina de uma pessoa durante o dia por cada metro quadrado (aproximadamente 1.5 litros de urina/m<sup>2</sup>). N disponível podem também afetar a qualidade da colheita tanto positivamente como negativamente. Por exemplo, a qualidade de trigo é geralmente melhorada pela alta dosagem de N, enquanto a qualidade de batata pode diminuir, uma vez que os tubérculos podem ficar aguados. Portanto, a escolha de momento de aplicação é importante, já que o consumo de nutrientes pelas plantas diminui depois da planta entrar na fase generativa. Mesmo se a área for limitada, a taxa média não pode exceder onde quantidades adicionais de N (por exemplo urina) tornam-se tóxicos. A quantidade de urina que não pode ser utilizada como fertilizante deve ser utilizada de uma outra forma, isto é, como agente acelerador na produção de adubo (por exemplo, como insumo na compostagem). Cabe ressaltar que quando for utilizada desta forma, a maioria do N é perdido, mas outros nutrientes permanecem no adubo e portanto tornam-se disponível para as plantas. Também a urina contém muito fósforo, e será suficiente para fertilizar até 600m<sup>2</sup> de plantas por pessoa e campanha agrícola. A urina pode ser aplicada pura ou diluída. Portanto, a sua taxa de aplicação deve sempre ser baseada na aplicação das taxas de nutrientes desejados. Para evitar cheiro, perda de amônia e queima das folhas, a urina deve ser aplicada perto do solo e incorporada o mais breve possível. A urina é um fertilizante que atua rapidamente, cujo seus nutrientes são melhor utilizados se a urina for aplicada antes de semear até dois terços entre o período sementeação e colheita. A quantidade de urina a ser espalhada pode ser numa dose única grande ou em muitas doses pequenas, e em muitas circunstâncias a colheita total é a mesma para a mesma taxa de aplicação.

O melhor efeito da fertilização é alcançado se urina e fezes forem utilizados em combinação. Para fezes, a taxa de aplicação poderia ser baseada nas recomendações locais para o uso de fertilizante baseado no fósforo. No entanto, isto dá uma taxa de aplicação baixa, e o

melhoramento devido ao material orgânico adicionado é difícil de distinguir. Já quando as fezes são aplicadas a uma taxa mais alta, em que a estrutura e a capacidade de manutenção de água do solo são visivelmente melhoradas com o efeito do aumento de material orgânico. Ambos, material orgânico (serragem, restos de jardinagem e de alimentação) e cinzas, são muitas vezes acrescentados a fezes e aumentam a capacidade de enchimento e o pH do solo, o que é especialmente importante nos solos com baixo pH. Contudo, dependendo de estratégia de aplicação, as fezes de uma pessoa podem ser suficiente para fertilizar 1.5-300 m<sup>2</sup>, dependendo, se estão sendo aplicados de acordo com o conteúdo orgânico ou fósforo. Fezes devem ser aplicadas e, misturadas com solo antes do início da campanha. Aplicação local, em furos ou regos próximo de plantas, é uma maneira de economizar este bem valioso.

A disponibilidade de nitrogênio da urina para plantas é a mesma da urea química ou fertilizante amônia. Isto é esperado, como 90-100% de nitrogênio na urina é encontrado como urea e amônia e tem sido verificado nas experiências de fertilizantes (Kirchman & Petterson, 1995; Richert Stintzing et al, 2001)

O P na urina é quase (95-100%) inteiramente inorgânico e é excretados em forma de íonios de fosfato (Lentener e outros., 1981). Esses íons são directamente disponíveis para as plantas e isto não é nenhuma surpresa que a sua disponibilidade tem sido como do fosfato químico (Kirchmann & Petterson, 1995)

O K é excretado na urina como íons, que são directamente disponível para as plantas. Esta é a mesma forma como fornecido pelo fertilizantes químicos, portanto o seu efeito deve ser o mesmo. O S é principalmente excretado em forma de íons sulfatos livres (Lentner, 1981: Kirchmann & Petterson, 1995), que são directamente disponíveis para as plantas. Esta é a mesma forma como S em muitos fertilizantes químicos e por isso o efeito de fertilizante de S na urina e o fertilizante químico S deve ser o mesmo.

A disponibilidade de nutrientes nas plantas no material fecal é mais baixo e vagaroso do que os nutrientes na urina. Isto é devido ao fato de que a proporção principal do P e uma grande proporção do N vem do material não digerido e este material precisa de ser degradado no solo para tornar disponível as plantas. As concentrações altas do P, K e material orgânico no material fecal podem também aumentar a colheita substancialmente, especialmente em solos fracos. O material orgânico contribui em muitas maneiras: no melhoramento da estrutura do solo, aumenta a capacidade de manutenção de água e capacidade de

enchimento, e apoiando os microrganismos do solo servindo como fonte energética.

### 6.3. Criação do blog.

No blog estão disponíveis todas estas informações, junto com os materiais didáticos agrupados neste trabalho. O blog é: [www.banheirosecoecologico.blogspot.com](http://www.banheirosecoecologico.blogspot.com).

## 7. Conclusões e considerações

Os banheiros secos são uma das alternativas promissoras no tratamento dos excretas humanos, para o combate de doenças infecciosas e parasitárias e para a utilização racional da água. Este sistema pode ser a única solução para comunidades que habitam 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.

O uso desta tecnologia já existe no Oriente há milhares de anos e sempre se mostrou benéfico na agricultura. Há ainda muito para se pesquisar, principalmente quanto a garantia de higienização e o aproveitamento agrícola das fezes e urina. Para ações de capacitação é importante ter informações claras como: os parâmetros de temperatura e tempo de compostagem, bem como umidade, pH e taxa de oxigênio para garantir a higienização nas compostagens em banheiros secos. É importante saber também os parâmetros adequados de diluição e modos de higienização, com ou sem recirculação, do líquido percolado proveniente da leira para seu uso na agricultura.

A questão das leiras de compostagem e a sua utilização na higienização de material fecal mostrou-se adequado quando bem manejado. Também avaliou-se o quanto é importante o tratamento por desidratação, que elimina os patógenos pela alcalinidade e desidratação do material, pois é possível e benéfico para comunidades que não realizam a compostagem e vivem em locais muito secos, como o semi-árido pernambucano. Apesar da desidratação exigir menos manutenção, os locais que já tem hábito de compostar seu resíduo de alimentação, ou de estrume animal, mostram-se mais pertinente o tratamento por compostagem, com armazenamento móvel. É bom deixar claro que o



processo de higienização também deve ser compatível com os materiais que a comunidade disponibiliza, por exemplo, a desidratação requer cinza, terra ou pó de calcáreo; já a compostagem requer serragem, restos de jardinagem ou palha.

Uma das grandes vantagens de banheiro seco em comunidades é a motivação de seu uso para utilização do composto final na agricultura. Para que isto possa ocorrer com as devidas condições de saúde se mostra necessário a capacitação de usuários para construção do banheiro seco, da manutenção da leira de compostagem e da utilização do composto na agricultura.

O processo de compostagem como um todo, apesar de ganhar cada vez mais visibilidade, ainda é realizado com dificuldades para as pessoas que não possuem experiência com este tipo de técnica. Uma das conclusões é a importância da capacitação e controle na realização da compostagem e que diversas condições devem ser observadas, pois vários riscos biológicos de contaminação e dispersão de doenças podem ser praticados inconscientemente. A observação de cada etapa do processo, o constante monitoramento e o controle das condições físico-químicas são atitudes fundamentais para a eficácia do sistema. E ainda é importante o incentivo para a implantação do equipamento de controle de poluição da leira de compostagem para o líquido percolado, com impermeabilização do solo, filtragem e coleta do líquido, para controle de poluição dos solos e das águas subterrâneas.

Atualmente mais técnicas, modelos, acessórios e suplementos a esta tecnologia são desenvolvidos por todo o mundo. A tendência é a criação de modelos que sejam igualmente confortáveis aos modelos convencionais e de cada vez menos manutenção, com baixo custo e segurança sanitária.

Além da importância da disponibilização de artigos relativos as pesquisas científicas, também é importante um intercâmbio entre os projetos que estão sendo realizados nas comunidades. Principalmente no Brasil, pois ainda é muito escasso as informações sobre este assunto e é grande a necessidade de sanear diversas comunidades. A mídia, como o blog, se mostrou um bom instrumento para este intercâmbio de informações, pois além de trazer informações de cunho científico, também é a chance de troca de experiências entre os responsáveis por projetos de banheiros secos, e a possibilidade de obter informações claras sobre o assunto para todos os interessados.

As consequências da utilização deste sistema como: redução do volume dos resíduos sólidos, redução de doenças parasitárias causadas por falta de saneamento, a utilização direta da urina e do composto das

fezes como fertilizante agrícola e a não poluição da água são os motivos para que as agências de saúde e os governos dediquem mais atenção e destinem mais recursos para a aplicação e aprimoramento desta tecnologia nas comunidades necessitadas.

Durante o decorrer deste trabalho, foram realizadas entrevistas em comunidades indígenas e rurais e percebeu-se a grande necessidade de criar banheiros que se adequem a estas comunidades, e o banheiro seco se mostra uma resposta. Acredita-se que as agências internacionais e organizações não governamentais 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. Muitos locais no mundo o poder público também assume esta responsabilidade. Cabe agora ao poder público brasileiro também se responsabilizar pela implantação desta tecnologia nas comunidades que não possuem saneamento, ou nem sequer, sanitários.

As ações de educação sanitária e ambiental para comunidades que recebem banheiros secos é nova e, portanto, ainda tem muitos assuntos como metodologias e materiais didáticos motivacionais para serem estudados e elaborados. É importante o interesse de técnicos envolvidos em saneamento no seu estudo e divulgação.

Com o novo modelo de vida mais ecológico, há uma mudança na percepção das pessoas, que quando conscientes das vantagens ambientais do banheiro seco, optam por ele. As comunidades passam a tê-lo como um instrumento de saneamento que atende suas necessidades e melhoram sua relação com a natureza, assegurando: saúde pública, empoderamento comunitário e preservação ambiental.

## 8. APÊNDICE

### 8.1 Entrevista sobre a utilização de banheiro seco em Florianópolis

Entrevista sobre a utilização de banheiro seco com sanitário compostável situado em Florianópolis/SC.

1. Quanto tempo está sendo utilizado o banheiro seco?

R.: 5 anos

2. Em quais exemplos ou métodos foi contruído o banheiro seco?

R.: Primeiro por estarem morando num terreno com frequentes alagamentos, uma fossa séptica convencional seria um problema, segundo por pesquisar sobre banheiros secos e já conhecer um em funcionamento bem sucedido, desta forma refletimos que o ideal seria construirmos uma banheiro seco pelo baixo custo, e por se adaptar melhor as condições locais de alagamento do terreno e possíveis problemas de encher a fossa séptica convencional.

3. Há segregação da urina e das fezes? Como se dá esta segregação?

R.: Sim. Há um mictório separado do sanitário compostável utilizado para fezes, porém não é em todos os casos que ocorre a segregação, pois esta não é feita diretamente na mesma peça sanitária.

4. Há aproveitamento da urina?

R.: Sim, a urina misturada com água da lavação do mictório vai para o ciclo de bananeiras.

5. Qual o material despejado sobre as fezes após utilização do sanitário compostável?

R.: Serragem e o papel higiênico utilizado. Poucas vezes também é utilizado cinza, porém em pouca quantidade quando comparada a utilização da serragem.

6. Qual a quantidade de serragem despejada sobre as fezes a cada utilização do sanitário compostável?

R.: O volume é aproximadamente de 1 litro e meio de serragem sobre as fezes após utilização do sanitário, são dispostos 3 recipientes de serragem após utilização.

7. Quantas leiras possui ?

R.: Uma.

8. Quanto tempo tem a leira?

R.: Dois anos.

9. Qual o volume da bombona utilizada para o armazenamento no sanitário compostável?

R.: 50 litros.

10. Qual a frequência da retirada do sanitário compostável para despejo nas leiras de compostagem?

R.: A bombona é retirada do sanitário compostável e despejada na leira aproximadamente a cada quinzena.

11. Qual a frequência da revirada (para aeração) no composto que está sendo estabilizado?

R.: A revirada acontece a cada despejo dos dejetos do banheiro seco, ou seja, quinzenalmente.

12. Na compostagem do material do sanitário compostável é também utilizado resíduo orgânico da alimentação?

R.: Sim, os resíduos orgânicos de alimentação são despejados na leira juntamente com os resíduos do banheiro seco. Aproximadamente 10 litros de resíduos orgânicos em cada despejo quinzenal dos resíduos do banheiro seco.

13. Qual a frequência do despejo dos resíduos orgânicos da alimentação na leira?

R.: Os resíduos orgânicos de alimentação são despejados na leira juntamente com os do banheiro seco, ou seja, estes resíduos são colocados para o processo de compostagem também quinzenalmente.

14. Qual a interferência que o resíduo orgânico da alimentação dá ao processo de compostagem?

R.: Os resíduos orgânicos de alimentação garantem um processo de compostagem mais adequado. Pois contribuem para a relação carbono nitrogênio bem como para a umidade da leira, criando um ambiente adequado para a proliferação dos fungos e bactérias termofílicas que elevam a temperatura no interior da leira.

15. Quais foram os problemas encontrados ao longo dos processos de compostagem e como foram solucionados?

R.: Foram detectados no início do processo de compostagem muitas larvas, o problema foi solucionado adequando a proporção de carbono:nitrogênio, o que garantiu um aumento de temperatura do resíduo e eliminou as larvas. Esta proporção foi adequada quando se colocou os resíduos orgânicos da alimentação junto com o resíduo do sanitário. Outra mudança para garantir o processo de compostagem adequado foi aumentar a quantidade de serragem despejada sobre as fezes após utilização do sanitário compostável .

16. Como se deu o início da preparação das leiras? Como funciona a disposição do material (resíduos do banheiro seco e/ou resíduos orgânicos da alimentação) nas leiras compostagem? Em quanto tempo se dá o processo de retirada da bombona e preparação do material para compostagem?

R.: Foi colocado palha, depois os resíduos do sanitário e da alimentação, e então sobre este resíduo é colocado serragem e depois coberto com palha/resto de jardinagem. Em cada nova colocação é remexido a leira, coloca-se o resíduo orgânico, abre-se um espaço no centro da leira para despejo do resíduo do sanitário e cobre toda a leira com palha/resto de jardinagem. Em torno de quinze minutos é retirada a bombona e alimentado a leira de compostagem com o material do sanitário compostável e do resíduo orgânico.

17. Qual a frequência de retirada do composto já estabilizado para utilização como adubo?

R.: 1 ano

18. Como é retirado o composto já estabilizado para adubo?

R.: O composto é retirado da parte de baixo da leira, ou seja, o material que já foi estabilizado devido ao aumento de temperatura dado pelo processo de compostagem.

19. Onde é utilizado o adubo orgânico da compostagem?

R.: Este adubo é utilizado nas hortas e plantações.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B. S. Q. Banheiro Seco: Análise da Eficiência de Protótipos em Funcionamento. Florianópolis – SC. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRASIL. Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico.

BOMSUCCESSO, L. *Formação e capacitação em educação sanitária e ambiental na gestão dos resíduos da suinocultura: a experiência de braço do norte, sc – Brasil.* 2009

BUTTENBENDER, S. E. Avaliação da Compostagem da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos Provenientes da Coleta Seletiva Realizada no Município de Angelina/SC. Florianópolis – SC. 2004. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.

CAPORAL, F. R., COSTABEBER, J. A. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.* Perspectivas para uma nova extensão rural. 2000

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

CLARKE, R.; KING, J. Atlas da Água. Publifolha. São Paulo -SP, 2005.

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.

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. 2004

ESREY, S. A. [et al.]. *Closing the Loop: Ecological Sanitation for Food Security*. Water Resources n<sup>o</sup> 18, SIDA. México: 2001.

ESREY, S. A. *Saneamiento Ecológico*. SIDA. Estocolmo, Suécia: 1999.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. (orgs.). Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos (PROSAB – Tema 4). Rio de Janeiro: ABES, 1999.

FUNASA. Manual de Saneamento. (Ministério da Saúde). Brasília, 2006.

GONÇALVES, R. F. (org.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

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.

HOLMQVIST, A.; MOLLER, J.; DALSGAARD, A. Thermophilic composting – a hygienization method of source-separated faecal toilet waste. The Royal veterinary and Agricultural University, Denmark, 2009.

HOTTA, S.; FUNAMIZU, N. *Biodegradability of fecal nitrogen in composting process*. *Bioresource Technology* n.98. Japão, 2007.



JÖNSSON, H.; STINTZING, A. R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. Orientações de Uso de Urina e Fezes na Produção Agrícola. Estocolmo, Ecosanres, 2004.

JENKINS, J. *The Humanure Handbook*. 3<sup>o</sup> ed. USA. 2009.

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

KUTZNER, H.J. - Biotechnology: a multi-volume comprehensive treatise, 2000. Disponível em [www.coe.uncc.edu](http://www.coe.uncc.edu). Acessado em Junho de 2009.

LUEBECK. Second International Symposium on Ecological Sanitation. 7-11 April, 2003. Luebeck, Germany. IWA and GTZ.

MARQUES, J. L. Estudo de Caso: Diagnóstico do Uso E Manejo de Sanitário Compostável Localizado Em Ratores, Florianópolis. Florianópolis – SC. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.

MORGAN, P. *Toilets That Make Compost: low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context*. *Stolckhome Enviromental Institute*, Estocolmo, Suíça. 2007.

MUSSAK, E. Capacitação. Jornal o Estado de São Paulo. São Paulo, 2002.

NANNING. First International Conference on Ecological Sanitation, 5-8 November, 2001. Nanning, China.

NOVICKI, Victor. *Diagnóstico SocioCulturalAmbiental*. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.educacaoambiental.pro.br>>. Acesso em: 02 de setembro de 2010.

OTTERPOHL, R. *Innovative Technologies for Decentralised Wastewater Management in Urban and Peri-Urban Areas. Keynote presentation at IWA Small2002, Istanbul, 2002.*

PRONEA – Programa Nacional de Educação Ambiental. 3º Edição. Brasília, 2005.

PHILIPPI, L. S.; OLIJNYK, D. P.; MAGRI, M. E. Arranjos tecnológicos para o tratamento descentralizado de esgotos sanitários. *In: Anais da Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina, 2007, Fortaleza. 8 p, 1 CD-ROM, 2007.*

PHILIPPI Jr., A.; PELICIONE, M. C. F. Bases Políticas, Conceituais, Filosóficas e Ideológicas da Educação Ambiental, *in: Educação Ambiental e Sustentabilidade. Manole (Ed.), 2005.*

ROCKSTRÖM, J. *A safe operating space for humanity. Nature, nº461. Estocolmo, Suécia. 2009.*

SCHÖNNING, C., STENSTRÖM, T.A. *Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces em Sistemas de Saneamiento Ecológico. EcoSanRes 2004-1, Instituto Ambiental de Estocolmo, Estocolmo, Suécia, 2004.*

SOUZA, A. C. A., *Por uma Política de Saneamento Básico: a evolução do setor no Brasil. UFRJ, Rio de Janeiro-RJ. 2007.*

UNESCO. *Agua para Todos, Agua para la Vida- Informe de Las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hidricos en el mundo. UNESCO-WWAP, Paris, França. 2003.*

UNESCO. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world. Paris: UNESCO, Londres: Earthscan, 2009.*

VENHUIZEN, D. *Smaller Scale, Bigger Concept. North Carolina Water Resources Research Institute newsletter, USA, 2001.*

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

WINBLAD, U. [et al.]. *Ecological Sanitation: revised and enlarged edition*. SEI. Stocolmo, Suécia: 2004.

WINBLAD, U. [et al.]. *Ecological Alternatives in Sanitation*. Water Resources n.9, SIDA. Stocolmo, Suécia: 1997.

Internet:

<http://www.eumed.net/libros/2008c/447/CARACTERISTICAS%20DO%20SERVICO%20DE%20SANEAMENTO%20NO%20BRASIL.htm>  
(acesso em: 02/02/2010)

<http://tratabr.wordpress.com/2009/10/14/diarreia-mata-15-milhoes-de-criancas-por-ano/> (acesso em 17/02/2010)

<http://tratabr.wordpress.com/2009/10/14/diarreia-mata-15-milhoes-de-criancas-por-ano/> (acesso em 20/08/2010)

[http://www.tratabrasil.org.br/novo\\_site/?id=13255](http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/?id=13255) (acesso em 20/08/2010)

[www.cepagro.org.br/banheiroseco](http://www.cepagro.org.br/banheiroseco) (acesso em 20/08/2010)