



III-106 – BANHEIRO COMPOSTÁVEL: VANTAGENS E APLICAÇÕES

Maira Cristina de Sá ⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Superior de Educação Tecnológica da UNICAMP. Mestranda em Tecnologia e Inovação – CESET/UNICAMP.

Carmenlucia Santos ⁽²⁾

Engenheira Química formada pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos. Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, EESC-USP. Professora do curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Centro Superior de Educação Tecnológica da UNICAMP.

Lubienska Cristina Lucas Jaquiê Ribeiro ⁽³⁾

Engenheira Civil pela Fundação Paulista de Tecnologia e Educação – FPTE, na Escola de Engenharia de Lins – EEL. Mestrado e doutorado em recursos hídricos pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, na Faculdade de Engenharia Civil – FEC. Professora no Curso de Saneamento Ambiental no Centro Superior de Educação Tecnológica – CESET.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Reverendo Paulo Licio Rizzo, 244 - Jd Margarida - Campinas - SP - CEP: 13090-340 - Brasil - Tel: +55 (19) 9621-5939 - e-mail: mairacrisa@gmail.com

RESUMO

O banheiro seco compostável é um sistema que não emprega água para eliminar os dejetos, que sofrem um processo de compostagem em uma câmara, sendo biodegradados. Este sistema vem sendo difundido em diversos países, inclusive na Europa, como uma forma de saneamento sustentável; no Brasil o seu uso ainda é pouco difundido. Esta técnica se apresenta como uma boa alternativa para a solução dos problemas de saneamento básico, principalmente em comunidades que não têm acesso à rede coletora e ao tratamento de esgotos. Durante o desenvolvimento deste trabalho, evidenciou-se a necessidade de um melhor entendimento, aperfeiçoamento, avaliação e divulgação do uso correto dos sistemas de banheiros secos, para que estes possam ser efetivamente utilizados, sem ocasionar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Banheiro Compostável, Banheiro Seco, Saneamento Sustentável, Compostagem.

INTRODUÇÃO

A eliminação dos dejetos humanos sempre causou problemas de saúde pública e contaminação do meio ambiente. Antes da invenção do vaso sanitário eram utilizados recipientes para coletar estes dejetos que, em seguida, eram descartados nas ruas ou em rios e lagos. Em 1775, o inglês Alexander Cummings, inventou o primeiro vaso sanitário com sifão em forma de “S”, provido de água que afastava os odores. No final do século XVIII, esta invenção foi aperfeiçoada e instalada em diversas casas da Inglaterra. Mesmo assim os problemas de saúde pública e contaminação de cursos d’água continuaram, pois não havia nenhum tipo de tratamento para os resíduos gerados e a população mantinha contato com a água contaminada. Nesta época surgiram várias epidemias de doenças de veiculação hídrica como o tifo e a cólera (BRANCO, 1983; WENDT, 2001).

Para solucionar estes problemas, ao longo do tempo, foram desenvolvidos sistemas de tratamento de água e esgoto, mas em regiões mais pobres e afastadas dos grandes centros urbanos a população ainda sofre com a falta de saneamento.

O sanitário compostável é um sanitário que não utiliza água, os dejetos ficam armazenados em uma câmara, e passam por um processo de compostagem, onde o composto resultante pode ser utilizado em jardins ou como recurso agrícola. Esta alternativa respeita o ciclo natural dos elementos, devolvendo-os a terra na forma de adubo, e também contribui para a redução do consumo de água e evita a contaminação desta por dejetos humanos.

Este trabalho pretende apresentar e discutir as vantagens e limitações de banheiros secos, como alternativa sustentável para a prevenção da poluição decorrente do descarte de esgotos sanitários sem tratamento. Inicia-



se com a discussão da relação entre o saneamento e a saúde, para em seguida, serem apresentados os aspectos técnicos fundamentais no que se refere à construção do sistema, bem como na correta compostagem dos dejetos, com base em referenciais teóricos. A discussão final é realizada com base em experiências do uso de sistemas de banheiro compostável no Brasil e em uma ecovila na Suécia.

SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA

Segundo Tundisi (2005), embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas. A diversificação dos usos múltiplos, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas e a destruição das áreas alagadas e das matas ciliares têm produzido contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água.

A qualidade de vida das populações depende do acesso aos bens necessários à sua sobrevivência. Entre as ferramentas para a manutenção da saúde e qualidade de vida está o saneamento ambiental. A água potável, assim como a coleta de esgoto, tem fundamental importância para a diminuição do índice de mortalidade infantil, pois evitam a disseminação de doenças vinculadas às más condições sanitárias e de saúde. Esses itens são igualmente importantes quando nos referimos ao aumento da expectativa de vida da população. A baixa expectativa de vida também é um indicador da pobreza que atinge a população (EDUCAREDE, 2003).

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menos presença nos municípios brasileiros. Em 1989, somente 47,3% tinha algum tipo de serviço de esgotamento sanitário, em 2000 o número subiu para apenas 52,2%. A mesma pesquisa revela que 5,9% dos domicílios brasileiros lançam seus esgotos em valas, rios, lagos ou mar. Dessa proporção, a maior parte ocorre nas áreas rurais (10%) do que nas urbanas (5%). Já os domicílios que não possuem instalações sanitárias chegam a 8,3% do total do país, sendo mais frequentes nas regiões rurais (35,3%). Essa situação torna-se gritante na área rural da Região Nordeste (60,5%), num contraste brutal com áreas rurais da Região Sul (7,4%).

Segundo Filho et al. (2001) as condições sanitárias precárias aliadas à má disponibilidade de oferta de água (quantidade e qualidade), são fatores que contribuem de forma marcante para a permanência da cólera e outras doenças entéricas na região nordeste, uma vez que a maioria das infecções causadas por bactérias é decorrente da contaminação da água pelos dejetos.

Pimentel & Cordeiro Netto (1998) e Tchobanoglous & Schroeder (1985), citados por Soares, Bernardes e Cordeiro Netto (2002), lembram que no sistema de esgotamento sanitário, apesar dos benefícios à saúde pública, com o afastamento dos esgotos da proximidade das residências, existem significativos impactos negativos quando da sua implementação. O principal aspecto negativo desse tipo de sistema, além de possíveis vazamentos, é a concentração da poluição nas redes coletoras.

O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

A compostagem é por definição um processo biológico aeróbio e controlado de estabilização de resíduos orgânicos, para produção do composto orgânico. O processo é desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos que, nas fases principais apresentam degradação ativa (termófila) e posteriormente, maturação ou cura (PEREIRA NETO, 2007).

A decomposição da matéria orgânica por microrganismos ocorre pela incorporação de parte do C do tecido microbiano, enquanto o restante é liberado como CO_2 . O processo de decomposição também leva à conversão da forma orgânica de N a NH_4^+ e NO_3^- . Os microrganismos utilizam parte deste N para síntese de células novas. A transformação gradual do material orgânico em matéria orgânica estável (húmus) conduz à estabilização da relação entre C e N (LANDGRAF, MESSIAS e REZENDE, 2005).

Como destaca Kiehl (2004), a compostagem é um processo controlado, pelo fato estabelecer o controle e o monitoramento da temperatura - que deve permanecer na média ótima de 55°C , de modo a garantir a eliminação de microrganismos patogênicos e a degradação ativa da matéria orgânica; da aeração - deve-se garantir a presença de oxigênio, pois do contrário, organismos anaeróbios poderão se desenvolver, tornando o processo lento, produzindo chorume e maus odores característicos da decomposição anaeróbia; e da umidade -



deve ser mantida em torno de 60%, para suprir a necessidade de água para metabolismo microbiano e evitar a condição de anaerobiose, no caso de excesso.

A elevação da temperatura é o primeiro sintoma de que a compostagem se iniciou. A produção de calor e o desprendimento de CO_2 e vapor de água, são características relacionadas ao metabolismo exotérmico dos microrganismos, à respiração dos mesmos, e à evaporação da água favorecida pela elevada temperatura gerada no interior da massa de compostagem.

Outro parâmetro que deve ser controlado durante a compostagem, é a relação carbono/nitrogênio. A relação C/N ideal para a decomposição da matéria orgânica deve situar-se em torno de 30:1. Em geral, os resíduos palhosos são fontes de carbono; os legumes frescos e os resíduos fecais são fontes de nitrogênio. Deste modo, é importante que a relação C/N seja adequadamente balanceada, pois o excesso de carbono torna o processo lento, enquanto que o excesso de nitrogênio provocará a volatilização do mesmo na forma de amônia, resultando na emissão de odor desagradável (PEREIRA NETO, 2007).

A relação C/N constitui um parâmetro confiável para o acompanhamento da compostagem até se chegar ao composto humificado, na qual a relação C/N deve ter um valor médio de 10:1. No entanto, mesmo sendo um parâmetro confiável, sempre se deve utilizar dois ou mais parâmetros para confirmação da fase final da decomposição do composto, como por exemplo, o índice de pH e a ausência de nitrogênio amoniacal. A matéria orgânica crua, de origem animal ou vegetal é naturalmente ácida. A compostagem provoca a elevação do pH, logo, conduz à formação de um composto humificado com pH superior a 7,8. Através de medições periódicas de pH pode-se avaliar o desenvolvimento da decomposição (KIEHL, 1985).

Compostos imaturos ou sem cura podem produzir fitotoxinas, que inibem o metabolismo da planta e a germinação de sementes. Este composto também pode ocasionar a liberação de amônia no solo, o que poderá danificar as raízes das plantas; a alta relação carbono/nitrogênio, característica dos produtos imaturos, trará a redução bioquímica de nitrogênio do solo; e a contaminação por possíveis patógenos.

O processo é realizado sobrepondo resíduos orgânicos, formando-se pilhas ou leiras, sendo importante destacar que leiras menores que $1,0 \text{ m}^3$ dificultam a manutenção da temperatura ideal. A montagem da leira é realizada alternando-se diferentes tipos de resíduos em camadas. A primeira e a última camada devem ser de restos de capinas ou outro tipo de palhada, fontes de carbono. O tempo que o processo leva depende do tipo de resíduo utilizado. Ao intercalar camadas com esterco de qualquer animal o processo tende a ser muito mais rápido, pois este funciona como inóculo de microrganismos. A cada camada montada deve-se haver uma irrigação. A umidade é fundamental para dar condições ideais para os microrganismos transformarem e decomporem os resíduos orgânicos. Periodicamente, deve-se revirar o composto para promover oxigenação para os microrganismos (OLIVEIRA, AQUINO e CASTRO NETO, 2005).

Segundo Jenkins (2005), quando as culturas são produzidas a partir do solo, é aconselhável que os resíduos orgânicos resultantes dessas culturas, incluindo os dejetos dos animais, sejam devolvidos ao solo a partir do qual a cultura tenha originado. Esta reciclagem de resíduos orgânicos para fins agrícolas é fundamental para uma agricultura sustentável. Junto com os dejetos de animais como resíduo orgânico, pode-se considerar também os dejetos humanos que, apesar dos preconceitos quanto ao uso agrícola, se passarem por um processo correto de compostagem, não representam riscos à saúde.

O BANHEIRO COMPOSTÁVEL

O sanitário compostável não utiliza água, os dejetos ficam armazenados em uma câmara e passam por um processo de compostagem. O composto obtido pode ser usado em jardins, ou como recurso agrícola. Esta alternativa respeita o ciclo natural dos elementos, contribui para a redução do consumo de água, e evita a contaminação desta por dejetos humanos.

Segundo Jenkins (2005), técnicas de utilização dos dejetos humanos como adubo são utilizadas há milhares de anos pelos povos asiáticos; para eles os dejetos são vistos como um recurso natural, e não como um material residual. Em outros países, como os escandinavos, foram desenvolvidos sistemas de banheiros compostáveis mais complexos e de vários tipos, que se adaptam melhor a diferentes situações de uso, e estão disponíveis comercialmente (Figura 1). No Brasil esta técnica ainda é pouco conhecida e pouco utilizada.

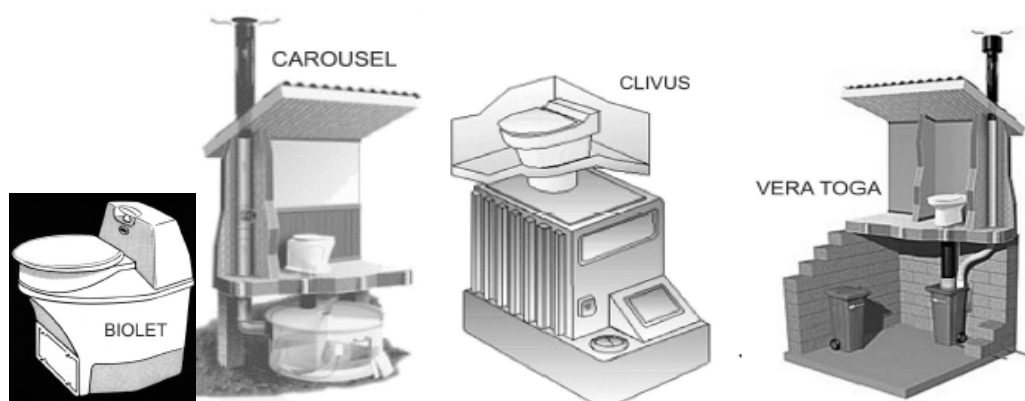


Figura 1: Modelos de sanitários compostáveis comercializados em outros países.

Fonte: JENKINS, 2005.

Segundo Zavala, Funamizu e Takakuwa (2004), o banheiro compostável de uma câmara (Figura 2) é utilizado no Japão em parques públicos, pontos turísticos e algumas casas. Consiste em um assento sanitário, um reator de compostagem, circulação de ar e mecanismos de mistura.

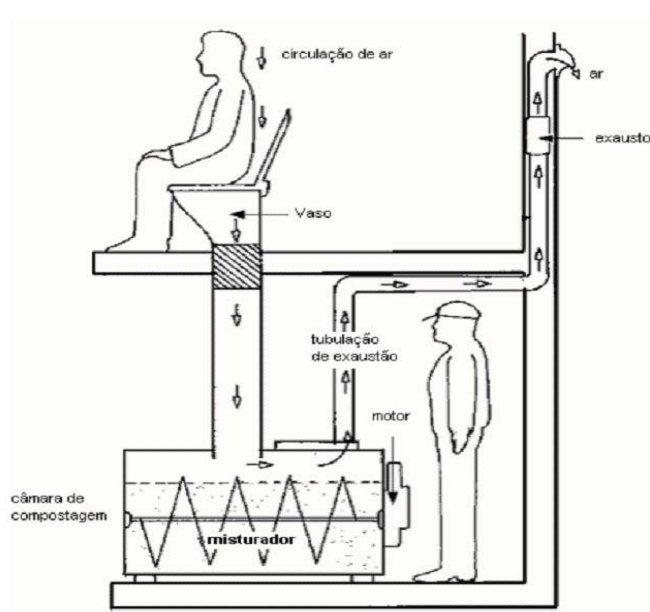


Figura 2: Banheiro compostável de uma câmara.

Fonte: ZAVALA, FUNAMIZU e TAKAKUWA, 2004.

O sistema com duas câmaras é indicado para terrenos com declividade, casas com dois pisos ou para ser construído separadamente da construção, devido à necessidade de ter a cabine com os vasos sanitários acima das câmaras de compostagem, e é mais indicado para áreas rurais (Figura 3).

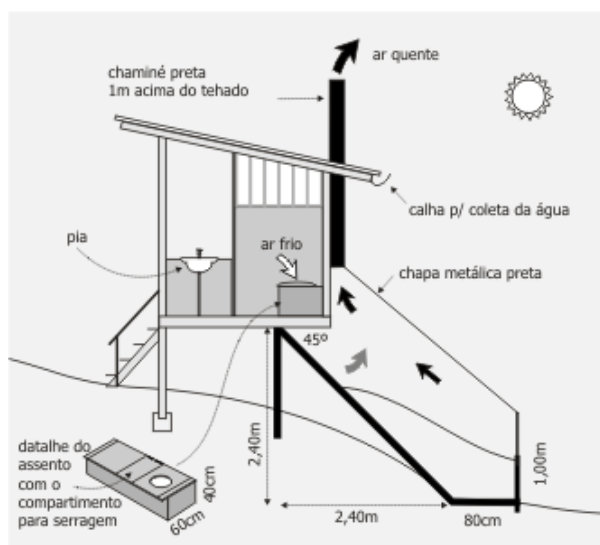


Figura 3: Banheiro compostável de duas câmaras.
Fonte: SETELOMBAS (2006).

Este sistema é o mais conhecido no Brasil, possui dois assentos sanitários que são alterados a cada seis meses, enquanto um está em uso o outro fica em repouso para concluir o processo de compostagem. Abaixo dos assentos sanitários existe uma rampa por onde os dejetos descem até a câmara de compostagem. Sempre após o uso são depositadas sobre os dejetos, serragem, folhas e podas de jardim, ou cinzas, que são fontes de carbono e irão auxiliar na relação carbono/nitrogênio. A circulação de ar, necessária para a oxigenação do processo de compostagem, é garantida pela instalação de uma chaminé, que permitirá a circulação de ar na câmara. A parte externa, da rampa e da câmara, deve ser pintada de preto para provocar o aquecimento do ar que entra pela cavidade do assento e sobe pela chaminé. Todos estes fatores contribuem para o bom funcionamento do banheiro pois influem no processo de compostagem.

Jenkins (2005) expõe que alguns banheiros compostáveis envolvem a separação da urina e das fezes, uma vez que a mistura urina/fezes contém demasiada quantidade de nitrogênio, e pode comprometer o processo de compostagem, além de resultar em um material muito úmido e com odor desagradável. Um método alternativo de atingir o mesmo resultado e que não exige separação de urina de fezes, consiste em adicionar mais fontes de carbono, como a serragem. O material adicionado absorve o excesso de líquido e evita odores.

Para a construção deste tipo de banheiro compostável, as medidas do sanitário devem ser definidas pelo tamanho das câmaras, da inclinação da rampa e da noção de conforto para as pessoas que irão usá-lo. As câmaras têm cerca de 1 m³ de espaço para o material a ser compostado. Como o sanitário possui duas câmaras, então, deve ter no mínimo 2 metros de largura. A rampa precisa de uma inclinação mínima de 45° que possibilita que os dejetos desçam envoltos em serragem até o final da câmara, onde irá ocorrer o processo de compostagem (SETELOMBAS, 2006).

Dois aspectos importantes devem ser considerados no projeto de um banheiro seco. O primeiro é a concepção de um sistema que permita que o material coletado na câmara permaneça em repouso por um determinado tempo, como um sistema de câmaras rotatórias, para que ocorra a degradação dos dejetos (Figura 4a). O segundo, é o aquecimento, um fator importante na desinfecção do material, que pode ser obtido por meios mecânicos ou através da instalação de chapas de aquecimento solar (Figura 4b).

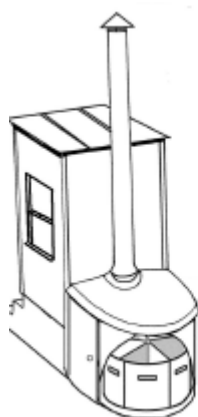


Figura 4a. Sistema de câmaras rotatórias.
Fonte: JENKINS, 2005.

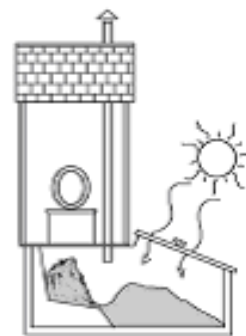


Figura 4b. Chapas de aquecimento solar.
Fonte: JENKINS, 2005.

A UTILIZAÇÃO DO BANHEIRO COMPOSTÁVEL: VANTAGENS E LIMITAÇÕES EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

Serão apresentados dois exemplos de implantação de banheiro compostável, ambos no estado de São Paulo, um em Piracicaba e outro em Botucatu. Em Piracicaba, o banheiro compostável foi implantado em 2004, durante esse tempo ele apresentou duas dificuldades, o acúmulo de dejetos na rampa e a não compostagem do papel higiênico. Já em Botucatu, o banheiro é utilizado desde 2003 e não apresenta nenhuma dificuldade.

Nestes exemplos notou-se que, inicialmente, é necessário o planejamento da construção. A atenção deve ser dada principalmente à rampa e às câmaras, que devem ser construídas com dimensões e materiais que ajudem no processo de compostagem. No caso de Piracicaba, a rampa tem uma inclinação menor, comparada à rampa do banheiro de Botucatu, além disso, neste, a rampa é revestida com azulejos; uma inclinação maior e um revestimento adequado da rampa impedem que os dejetos se acumulem.

Com relação às dimensões das câmaras, as de Botucatu são menores que as de Piracicaba, um espaço menor garante a formação de uma pilha maior de composto, conseqüentemente, facilita a ação dos microrganismos e aumenta a temperatura da compostagem, o que acelera o processo e contribui para a eliminação de patógenos. Este é um dos fatores que pode explicar a dificuldade da compostagem do papel higiênico em Piracicaba, outro, é a baixa utilização do banheiro, por ser um local de trabalho, nem todos os funcionários utilizam. A baixa quantidade de material orgânico interfere no processo de compostagem. Ainda há um terceiro fator, a baixa umidade do composto, que pode ser explicada pela deposição excessiva de serragem; a falta de umidade adequada dificulta a ação dos microrganismos.

Em ambos, a fonte de carbono utilizada para cobrir os dejetos é a serragem. As câmaras são alternadas a cada seis meses, no mínimo, dependendo da intensidade de uso e estas são pintadas de preto para reter mais calor e ajudar na elevação da temperatura em seu interior, beneficiando a compostagem (Figura 5a). Como não há nenhum acompanhamento dos fatores que influem no processo, no momento de abertura da câmara, é necessário verificar o aspecto visual do composto e examinar se há o cheiro característico de terra. Neste caso não há como garantir a qualidade do composto, por isso, antes de utilizá-lo como adubo, recomenda-se a passagem por um novo processo. Em Piracicaba o composto retirado da câmara é levado a uma outra composteira onde são adicionados os resíduos orgânicos da cozinha e jardim; em Botucatu, é levado a um minhocário. Nas duas localidades o composto produzido é utilizado em jardins.

Quando se fala no uso de banheiro seco, encontram-se alguns preconceitos relacionados, principalmente, com questões de odor e higiene, pela ausência da água. Mas estes problemas não são encontrados quando se tem uma correta manutenção do banheiro e, ao invés de gastar água para somente transportar os dejetos para longe, contaminando um corpo hídrico, ele transforma os dejetos em composto orgânico que volta para a terra



e fecha o ciclo dos nutrientes. Para evitar alguns preconceitos, fica evidente que antes da utilização são necessários alguns esclarecimentos de como utilizá-lo e de seus benefícios ao meio ambiente. Nos dois locais não há problemas com odores devido a correta utilização e a grande circulação de ar nas cabines. Em Piracicaba, as janelas são amplas e em Botucatu, a parte superior da cabine é aberta. A correta utilização consiste, basicamente, na deposição de serragem logo após o uso, que garante o balanceamento das concentrações C/N e absorve os líquidos, evitando o excesso de umidade do composto e a decomposição anaeróbia, responsável pela produção de CH_4 e maus odores, porém, não deve-se exagerar na quantidade para que o composto não fique muito seco; e no fechamento da tampa do assento sanitário quando não estiver em uso, para não atrair insetos. Outro detalhe, as câmaras são bem vedadas para impedir a infiltração de chuva.



Figura 5a: Banheiro compostável, Botucatu.



Figura 5b: Cabine com acabamento, Piracicaba.

Os exemplos mostram que o banheiro compostável pode ser adaptado a diferentes locais, um foi construído em área rural, em Botucatu e outro em área urbana, em Piracicaba. As formas de construção e acabamento podem variar de acordo com as necessidades locais, desde que não prejudiquem o processo de compostagem. O acabamento pode contribuir para uma maior utilização, já que o aspecto visual chama muita atenção do ser humano, e por se tratar de um banheiro, quanto mais cuidado e limpo, mais fácil de ser utilizado, principalmente um banheiro seco onde já existem preconceitos (Figura 5b).

EXPERIÊNCIAS COM BANHEIROS COMPOSTÁVEIS EM UMA ECOVILA NA SUÉCIA

Fittschen e Niemczynowicz (1997), realizaram um estudo sobre experiências com tecnologias de saneamento seco em Toarp, uma ecovila ao sul da Suécia. Na ecovila foram instalados três tipos de banheiros compostáveis:

- 1) Ekoloo (17 unidades), sistema sueco com três câmaras em utilização intermitente;
- 2) Snurredass (10 unidades), sistema norueguês com quatro câmaras rotativas;
- 3) Lindén (10 unidades), sistema sueco com uma câmara.

Os três são equipados com sistemas de aquecimento para evaporar parte da urina e para assegurar uma temperatura favorável ao processo de compostagem. Um exaustor garante a circulação do ar, mantendo o banheiro livre de odores e abastecendo o processo com oxigênio.



No momento da investigação, apenas algumas famílias tinham produzido composto, por isso não foram feitas análises do produto final. Foram coletadas informações sobre as experiências de uso e manutenção dos banheiros. As informações obtidas foram divididas quanto a:

- a) **Problemas operacionais:** foi relatado o alto teor de umidade do material em alguns casos mas, o maior problema encontrado foi a ocorrência de moscas, que podem trazer riscos a saúde.
- b) **Conforto em uso e manutenção:** o esvaziamento das câmaras foi considerado como sendo mais ou menos repugnante por quase todos os habitantes que tinham feito isso. Com relação a odores, a maioria concorda com a declaração “sem cheiro no banheiro depois da utilização”.
- c) **Manutenção e produto final:** 50% das famílias adicionaram resíduos orgânicos da cozinha para melhorar a compostagem. Algumas não conseguiram produzir composto, outras tiveram um material apresentando parte do papel higiênico não compostado, uma havia esvaziado antes do processo de compostagem ser concluído, ou não tinham esvaziado a primeira câmara ainda.
- d) **Demanda energética:** a demanda energética de banheiros compostáveis com cabo de aquecimento é elevada. A potência pode variar entre cerca de 100 e 200 W, resultando em uma demanda de 325 – 650 kWh por pessoa por ano. O valor é muito elevado em comparação com a demanda energética do tratamento tradicional de águas residuais na Suécia.

Os autores concluem que o projeto apresentou problemas técnicos e operacionais. Em primeiro lugar, no sistema com três câmaras, foi identificado o fornecimento insuficiente de oxigênio para o processo de compostagem. Em segundo lugar, está a escassez de informações dadas aos usuários sobre a forma de alcançar uma boa compostagem. Eles foram informados de forma muito geral sobre a necessidade de adicionar material rico em carbono, a fim de melhorar a proporção carbono/nitrogênio, e quando os primeiros problemas ocorreram, não tiveram ajuda de especialistas. Melhores resultados poderiam ter sido atingidos se os usuários fossem melhor instruídos sobre as condições de uso.

DISCUSSÃO

Estudos mostram que as fezes contêm aproximadamente 1010 microorganismos por grama de matéria seca e alguns deles podem ser patogênicos, por conseguinte, os materiais fecais têm que ser desinfetados antes da sua utilização como adubo ou condicionador do solo. Por esse motivo, Vinneras, Björklund e Jönsson (2003), realizaram um estudo em escala piloto para determinar a viabilidade de uso da compostagem como método de desinfecção de matéria fecal. Para determinar qual seria a melhor mistura para a compostagem, quatro diferentes combinações entre fezes, urina e resíduos alimentares foram utilizadas. Palhas secas foram usadas como corretor de umidade, para obter um teor de umidade ideal e boa estrutura para garantir a aeração. As misturas realizadas, além da palha para correção, foram: (1) apenas fezes; (2) fezes e resíduos alimentares; (3) fezes, urina e resíduos alimentares; e (4) fezes e urina.

Os resultados obtidos mostraram que nos substratos contendo urina, o teor de umidade foi muito elevado, tendo que se adicionar grandes quantidades de palha. Altas temperaturas foram alcançadas na compostagem do substrato contendo apenas fezes, no entanto, a temperatura ideal, de cerca de 65°C, foi alcançada com o substrato que continha fezes e resíduos alimentares, sendo esta, a mistura com melhor resultado para desinfecção de fezes através da compostagem.

Com relação à degradação da matéria orgânica, durante o tempo de compostagem de 18 dias, a maior taxa de degradação também foi obtida com a mistura de fezes e resíduos alimentares (53%), seguida da mistura de fezes, urina e resíduos alimentares (39%). A degradação das outras duas misturas foi menor, 21% e 11% para o substrato contendo somente fezes e para o substrato com urina e fezes, respectivamente. Quanto à margem de segurança calculada para a inativação de agentes patogênicos, o resultado foi positivo para todos os agentes submetidos ao estudo. Os agentes patogênicos foram: enterovírus, Salmonella, Shigella, Ascaris, Taenia, Schistosoma, Ent. hystolica e V. cholera.

O estudo concluiu que as elevadas margens de segurança obtidas mostram o bom funcionamento da compostagem como método para a desinfecção de materiais fecais, porém, o risco de rebrota deve ser considerado.



Esse estudo mostra a importância do controle de alguns fatores que influem na compostagem, sendo o mais importante a temperatura, que na faixa dos 65° C elimina grande parte dos agentes patogênicos.

Ao contrário do exemplo da ecovila da Suécia, os banheiros implantados em Piracicaba e Botucatu, preferem não adicionar resíduos alimentares às câmaras, mas a qualidade do composto pode ser garantida com outras técnicas de tratamento após este ser retirado da câmara, como já foi citado anteriormente.

A implantação deste tipo de banheiro elimina a geração de efluentes contribuindo para a qualidade ambiental e diminuição da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, sendo uma alternativa principalmente para áreas rurais onde são utilizadas fossas rudimentares que contaminam as águas subterrâneas e conseqüentemente os poços de água. Porém, também pode ser implantado na área urbana, tendo como exemplo o banheiro implantado em Piracicaba, por ser uma alternativa de baixo custo em relação aos tratamentos convencionais de esgoto, podendo atender a bairros carentes de rede coletora.

Mas quando se fala em banheiro seco compostável, inicialmente existe um preconceito em usar ou implantá-lo. Devido à falta de conhecimentos sobre seu funcionamento, tem-se a idéia de que o banheiro gera odores ou que é pouco higiênico.

CONCLUSÃO

Hoje, o costume é usar o banheiro convencional com água que remove facilmente os dejetos de dentro das casas e em seguida contamina um corpo hídrico. Não existe a percepção de responsabilidade sobre os resíduos, e como destaca Lotufo¹ (2008), existe ainda o problema da “fecofobia”, ou seja, o preconceito que as pessoas têm em assumir e falar das próprias fezes, que faz parte de uma necessidade fisiológica tão comum quanto se alimentar ou respirar.

Porém, aos poucos, com uma crescente utilização do sistema e com demonstrações de bons exemplos de implantação, o banheiro seco compostável pode ser uma alternativa para eliminação destes problemas e suas conseqüências.

O banheiro compostável se mostra como uma boa alternativa para implantação em pequenas comunidades onde não há rede coletora de esgotos, principalmente em áreas rurais, devido a não utilização de água e conseqüente eliminação do efluente sanitário. Ele reduz o consumo de água, um bem escasso em muitas localidades, que é utilizado somente para remoção dos dejetos e não os elimina, além de contribuir para a diminuição de doenças de veiculação hídrica.

No banheiro compostável é garantido o fechamento do ciclo dos nutrientes, que retornam ao solo depois do processo de compostagem, ajudando na fertilidade do solo e reduzindo o uso de fertilizantes químicos. Porém, são necessários o controle do processo de compostagem, e a realização de mais estudos sobre o composto produzido que comprovem a eliminação dos agentes patogênicos e a qualidade do composto, principalmente no Brasil, onde não há registros de experimentos e trabalhos sobre o assunto. Já em outros países, o banheiro compostável é mais difundido, são encontrados vários modelos disponíveis para comercialização, bem como, vários estudos. Isso demonstra que, em países onde essa técnica é mais utilizada, as pessoas devam ter uma outra visão das fezes humanas, não apresentando a fecofobia.

No planejamento da construção de um banheiro compostável devem ser levados em conta principalmente, quantas pessoas e com que freqüência o banheiro será utilizado, os materiais para construção e as dimensões das câmaras, esses fatores irão contribuir para um melhor funcionamento e redução de possíveis problemas. A manutenção também deve ser respeitada, adicionando sempre uma fonte de carbono após o uso e fazendo a alteração das câmaras após o período de compostagem.

¹ Lotufo, T. Comunicação verbal. 2008.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANCO, S. M. Poluição: a morte de nossos rios. 2ª ed. São Paulo, ASCETESB, 1983. 166 p.
2. EDUCAREDE. Desafios para o século XXI. 2003. Disponível em: http://www.educarede.org.br/educa/index.cfm?pg=oassuntoe.interna&id_tema=6&id_subtema=5. Acesso em: 31 mar. 2008.
3. FILHO, A. A. M.; JÚNIOR, C. D. G.; CÂNCIO, J. A.; HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; CARNEIRO, M. L.; COSTA, S. S. Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública. 2001. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/interfaces.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2008.
4. FITTSCHEN, I.; NIEMCZYNOWICZ, J. Experiences with dry sanitation and greywater treatment in the ecovillage Toarp, Sweden. *Water Science and Technology*, v. 35, n. 6, p. 161 – 170, 1997.
5. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/psnb/psnb.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2008.
6. JENKINS, J. C.. The Humanure Handbook: a guide to composting human manure. 3ª ed. Jenkins Publishing, 2005.
7. KIEHL, E.J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1985. 492p.
8. KIEHL, E.J. Manual de Compostagem. Maturação e Qualidade do Composto. Piracicaba, 2004.
9. LANDGRAF, M.D; MESSIAS, R.A; REZENDE, M.A.O. A Importância Ambiental da Vermicompostagem: Vantagens e Aplicações. São Carlos: RiMa, 2005. 106p.
10. OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico. EMBRAPA, Circular Técnica 76, Bahia, 2005.
11. PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem. Processo de Baixo Custo. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007.
12. SETELOMBAS. Sanitário Compostável. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br/2006/04/20/sanitario-compostavel/>. Acesso em: 13 jan. 2008.
13. SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v18n6/13268.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2008.
14. TUNDISI, J. G. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. São Carlos. RiMa, IIE, 2005. 248p.
15. VINNERAS, B.; BJORKLUND, A.; JONSSON, H. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method—laboratory-scale and pilot-scale studies. *Biosource Technology*, v 88, p. 47-54, 2002.
16. WENDT, D. Uso e dimensionamento de produtos: o caso do vaso sanitário. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
17. ZAVALA, M. A. L.; FUNAMIZU, N.; TAKAKUWA, T. Biological activity in the composting reactor of the bio-toilet system. *Biosource Technology*, v. 96, p. 805-812, 2004.