



Alternativas sustentáveis para esgotamento sanitário de residências e Assentamentos Rurais

Nemésio Neves Batista Salvador¹

Fernando Frigo²

RESUMO: Os esgotos sanitários gerados na zona rural podem causar a poluição do solo e das águas, colocando em risco a saúde das comunidades locais. Este trabalho tem por objetivo apresentar e discutir soluções práticas e simples para o esgotamento sanitário de residências e assentamentos rurais. As soluções propostas são sanitária e ambientalmente adequadas, seguindo técnicas e normas apropriadas, e são compatíveis com a realidade socioeconômica dessas comunidades. Podem ser executadas utilizando mão-de-obra local, em regime de autoconstrução, com materiais acessíveis e de baixo custo, além de demandar operação e manutenção simples, com baixa ou nenhuma utilização de energia elétrica. Tais soluções, portanto, podem ser consideradas como sustentáveis e envolvem a coleta dos esgotos sanitários através de sistemas alternativos - coletores simplificados e ramais condominiais, e o seu tratamento, empregando técnicas não sofisticadas e econômicas - fossas sépticas, filtros anaeróbios, poços absorventes, valas de infiltração, lagoas de estabilização e terras úmidas (*wetlands*). São discutidas também o manejo e a disposição dos resíduos sólidos (lodos) provenientes do tratamento dos esgotos, que podem ser usados como fonte de matéria orgânica (esterco) para o solo em determinadas culturas.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento; Tratamento de Esgoto; Comunidades Rurais; Sustentabilidade.

SUSTAINABLE ALTERNATIVES FOR SANATION OF RURAL HOUSES AND RURAL SETTLEMENTS

ABSTRACT: Sewage generated in rural areas can cause soil and water pollution, endangering the health of local communities. This work aims to present and discuss practical and simple solutions for sanitation of houses and rural settlements. Proposed solutions are sanitary and environmentally adequate, following appropriate techniques and standards, and are compatible with the socio-economic reality of these communities. They may be executed using local labor, by self-construction, and using accessible and low cost materials, in addition to demand simple operation and maintenance, with low or no use of electricity. Therefore, such solutions can be considered sustainable, involving the collection of sewage through alternative systems - simplified collectors and condominium sewage networks, and the sewage treatment employing not sophisticated and economic techniques - septic tanks, anaerobic filters, absorbent wells, infiltration ditches, stabilization ponds and wetlands. In this work are also discussed the management and disposal of solid waste (sludge) resulting from the sewage treatment, which can be used as a source of organic matter (manure) to the soil in some determined cultures.

KEYWORDS: Sanitation; Wastewater Treatment; Rural Communities; Sustainability.

¹ Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- UNIARA. E-mail: nemesio.salvador@gmail.com

² Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- UNIARA. E-mail: fernandofrigo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo com Velleda (2017), a agricultura familiar e os assentamentos de reforma agrária são os maiores produtores de orgânicos no Brasil atualmente.

Os agricultores familiares representavam em 2001, 85,2% do total de estabelecimentos rurais, ocupando 30,5% da área total e sendo responsáveis por 37,9% do valor bruto da produção agropecuária nacional. Quando considerado o valor da renda total agropecuária de todo o Brasil, os estabelecimentos familiares respondiam por 50,9% do mesmo (BUAINAIN; ROMEIRO; GUANZIROLI, 2003).

Os agricultores familiares e os assentados geram diversos tipos de resíduos, dentre os quais esgotos sanitários que, se não forem objeto de medidas de saneamento adequadas, podem causar significativos problemas ambientais, como a poluição hídrica.

Segundo Lopes, Borges e Lopes (2012), a qualidade do saneamento ambiental rural é, em conjunto com outros aspectos, um fator relevante para o desenvolvimento de práticas agroecológicas. Para estes autores, a adequação de sistemas de esgotos sanitários também é um processo fundamental para a garantia da qualidade de vida das populações rurais.

Os esgotos sanitários se constituem em significativa fonte de poluição ambiental, principalmente pelo seu conteúdo de matéria orgânica biodegradável representada pela Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), de nutrientes (Nitrogênio e Fósforo) e de organismos patógenos.

Quando os esgotos são lançados brutos nos corpos d'água, sem o devido tratamento prévio, a DBO promove a sua poluição pelo consumo do Oxigênio Dissolvido para a sua degradação, podendo tornar esses corpos d'água "mortos", sem vida aquática aeróbia, como é o caso dos rios Tietê e Pinheiros, na cidade de São Paulo. No interior paulista vários rios estão também na mesma situação ou, então, se encontram ameaçados.

Os nutrientes presentes nos esgotos promovem a fertilização das águas, resultando na sua eutrofização, desenvolvimento excessivo de plantas macrófitas aquáticas e algas, com a conseqüente poluição dos corpos d'água.

Os organismos patógenos presentes nas fezes humanas e nos esgotos – bactérias, vírus, vermes, protozoários e fungos, contaminam o solo e as águas, podendo causar inúmeras doenças, como gastroenterites, verminoses, micoses etc. A presença de patógenos é indicada pela presença de bactérias Coliformes Fecais, que vivem no intestino dos animais de sangue quente e estão presentes em suas fezes.

Todos esses problemas podem ser prevenidos ou evitados com soluções práticas adequadas de saneamento básico - coleta, tratamento e disposição dos esgotos, mesmo quando realizadas na zona rural, pela própria comunidade local.

A zona rural e mesmo algumas regiões da periferia das cidades não costumam ser atendidas pelos prestadores públicos de serviços de saneamento básico, como as autarquias municipais e companhias estaduais de saneamento. Daí a importância de se realizar as referidas soluções localmente, de forma autônoma, em que comunidade possa participar e mesmo implementar e gerenciar este processo.

Isto só é possível com o emprego de sistemas alternativos de saneamento viáveis, não só técnica e ambientalmente, mas principalmente em termos econômicos e de facilidade e praticidade de construção, operação e manutenção, tendo em vista que as comunidades de assentamentos rurais normalmente possuem limitações financeiras e de tempo.

Há que se ressaltar que, para viabilizar tais soluções, se faz necessário a conscientização, união e mobilização das comunidades, bem como a sua educação sanitária e ambiental e o treinamento de alguns de seus membros que irão trabalhar nos sistemas de saneamento a serem implementados.

A seguir, são apresentadas e discutidas soluções alternativas adequadas e sustentáveis de esgotamento sanitário envolvendo a coleta, tratamento e disposição dos esgotos e lodos, e que podem ser aplicadas para casas isoladas e para grupos de casas ou vilas rurais. São exemplificadas soluções para comunidades de 12 e de 200 pessoas.

Este trabalho utiliza linguagem técnica simples, compreensível para as pessoas leigas, sem formação específica em saneamento sendo, portanto, útil para profissionais que trabalham com infraestrutura de assentamentos rurais. As alternativas ou soluções propostas são baseadas principalmente em Salvador (2014) e FUNASA (2019).

COLETA DOS ESGOTOS

Na coleta dos esgotos são empregados coletores simplificados ou ramais condominiais, que podem ser construídos em regime de autoconstrução, com materiais e técnicas simples e de baixo custo, se constituindo em soluções interessantes para o saneamento rural.

COLETORES SIMPLIFICADOS

O uso de coletores simplificados e de redes simplificadas de esgotos no Brasil vem ocorrendo desde o início da década de 1980, sendo sua implantação bem mais barata do que a dos coletores e redes convencionais (FERREIRA, 2003; FUNASA, 2019; SANTORO; FERNANDES; SALVADOR, 1984).

Os coletores simplificados podem ser de tubos e conexões de PVC, próprios para esgoto, com diâmetro de 100mm, para uma casa (unifamiliar) ou para um grupo

de casas (multifamiliar), dependendo da população a ser atendida e da declividade da tubulação.

Não se deve ter coletores aparentes, sobre o solo, pois a luz solar deteriora o PVC. Eles podem ser rasos, com profundidade variando de 30 a 50cm na geratriz inferior, o que faz com que as valas para o seu assentamento sejam também rasas e possam ser executadas manualmente, com o emprego de enxadas, enxadões, pás, picaretas e outros.

Coletores rasos, no entanto, não devem ser localizados em locais onde passam veículos como carros, carroças, caminhões, tratores etc., pois o peso desses veículos pode danificá-los ou mesmo rompê-los.

A declividade dos coletores vai depender da topografia do terreno, devendo ser no mínimo de 0,5%, valor este que resulta para terrenos planos em um desnível da tubulação de 5 cm para cada 10m. Nestas condições, um coletor de 100mm de diâmetro tem capacidade para atender ou esgotar até cerca de 1.600 pessoas. Mesmo no caso de se esgotar apenas uma casa não devem ser usados diâmetros menores que 100mm porque o risco de obstrução dos coletores é grande.

Em terrenos planos ou com declividades inferiores a 0,5% os coletores podem ter uma declividade padrão de 0,5% e para terrenos com declividades iguais ou superiores a 0,5% os coletores devem ter a mesma declividade do terreno, sendo então assentados paralelos ao mesmo. Desta forma, isto torna mais fácil o posicionamento dos tubos no fundo das valas.

Nas mudanças de direção, na união de coletores ou a cada 50m devem ser instaladas caixas de inspeção de seção quadrada de 40x40cm ou seção circular de 50cm de diâmetro e profundidade igual à da vala. Essas caixas podem ser construídas de alvenaria de tijolos ou com tubos de concreto, sendo que existem também caixas de PVC a venda no mercado.

A caixas de inspeção substituem os poços de visita tradicionais (PVs), bem mais caros, e a sua função é permitir a limpeza ou eventual desobstrução dos coletores.

A utilização de coletores simplificados, mais ainda do que a dos coletores convencionais, requer cuidados e educação sanitária por parte dos usuários, a fim de que não lancem no esgoto objetos ou resíduos que possam causar danos ou obstruções das tubulações.

As Figuras 1 e 2 ilustram a implantação de coletores simplificados.

Pode-se observar nas Figuras 1 e 2, à direita, que os coletores passam de um terreno para outro, o que caracteriza um ramal condominial (ver Figura 3). Notar a simplicidade das construções.

Figura 1 - Abertura manual de vala para coletor simplificado e vala pronta.



Fonte: Santiago (2008).

Figura 2 - Detalhe da construção de uma caixa de passagem, caixa pronta e coletor assentado na vala.



Fonte: Santiago (2008).

RAMAIS CONDOMINIAIS

Os ramais condominiais são coletivos, multifamiliares, compostos por conjuntos de coletores simplificados que atendem a grupos de casas. Sua utilização foi praticamente simultânea à dos coletores simplificados, na década de 1980 (FUNASA, 2019; SANTORO; FERNANDES; SALVADOR, 1984).

Os sistemas de ramais condominiais vem sendo bastante empregados no saneamento de favelas e áreas periféricas das cidades, locais não servidos por esgotamento sanitário, onde não existe arruamento definido e nos quais os órgãos oficiais de saneamento não atuam, geralmente porque esses locais não têm regularização imobiliária, sendo considerados como clandestinos. Portanto, estes sistemas se constituem em uma solução interessante e apropriada para os pequenos assenta-

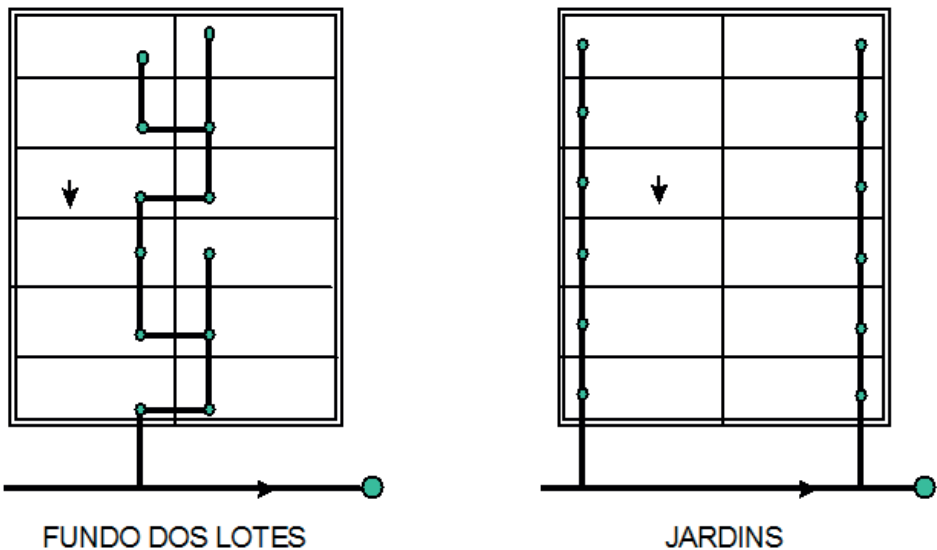
mentos rurais em que existe proximidade entre as casas. Os ramais condominiais, como o próprio nome indica, são implantados e operados/ gerenciados na forma de condomínio, pelas próprias comunidades locais (RISSOLI, 2011).

Os esgotos dos ramais podem ser encaminhados a uma rede pública convencional, no caso de cidades (sob permissão do órgão de saneamento), ou então dispostos no solo ou em corpos d'água, mediante tratamento prévio adequado.

Do ponto de vista técnico, construtivo e operacional, valem as mesmas considerações e indicados para os coletores simplificados, mas tendo-se em mente que numa escala maior. Isto implica em maior responsabilidade e maiores cuidados por parte dos usuários, pois o mau uso do sistema podem causar problemas para muitas pessoas.

A Figura 3 apresenta dois esquemas de ramais condominiais de esgotos sanitários.

Figura 3 - Esquemas de ramais condominiais.



Fonte: FUNASA (2019).

TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS ESGOTOS

Existem atualmente no Brasil inúmeras técnicas ou alternativas para tratamento e disposição dos esgotos sanitários, em pequena, média e grande escala. Em seguida, são apresentadas as principais alternativas apropriadas para assentamentos rurais, em pequena escala, simples, práticas e econômicas, e aplicáveis a soluções unifamiliares ou multifamiliares.

FOSSA SÉPTICA

De acordo com Salvador (2014), a fossa séptica, também denominada tanque séptico, é um processo simples e econômico de tratamento, em grau primário, visando atender a poucos usuários (máximo de cerca de 200 pessoas/ fossa) em unidades unifamiliares, grupos de residências, prédios e pequenas comunidades. Ela é bastante empregada em locais sem redes de esgotos, na zona rural, em áreas litorâneas, em condomínios, chácaras, pousadas, alojamentos provisórios, pequenos hotéis e, inclusive, em situações de saneamento de emergência.

Campolim, Soares e Feiden (2010) realizaram uma pesquisa por meio de entrevistas com 17 pessoas envolvidas nas atividades de um assentamento de reforma agrária na região do Pantanal do Mato Grosso do Sul, sobre a utilização de fossa séptica. Todos os entrevistados responderam que esta tecnologia é adequada às necessidades das famílias assentadas.

Na fossa ocorrem os processos de sedimentação e digestão anaeróbia da matéria orgânica biodegradável do esgoto, com a remoção de cerca de 50 a 60% da sua DBO, portanto insuficiente para que o efluente da fossa seja disposto no meio ambiente sem um tratamento complementar. Outro motivo para isto é que a remoção de nutrientes e de patógenos na fossa também é baixa.

A matéria orgânica sedimentada no fundo da fossa forma o lodo, o qual é digerido por um período prolongado, permanecendo na fossa por um tempo, que no caso de zonas rurais, recomenda-se um ano, período de limpeza da fossa. A produção de lodo não é muita, mas as fossas liberam maus odores, principalmente devido ao gás sulfídrico produzido no processo anaeróbio.

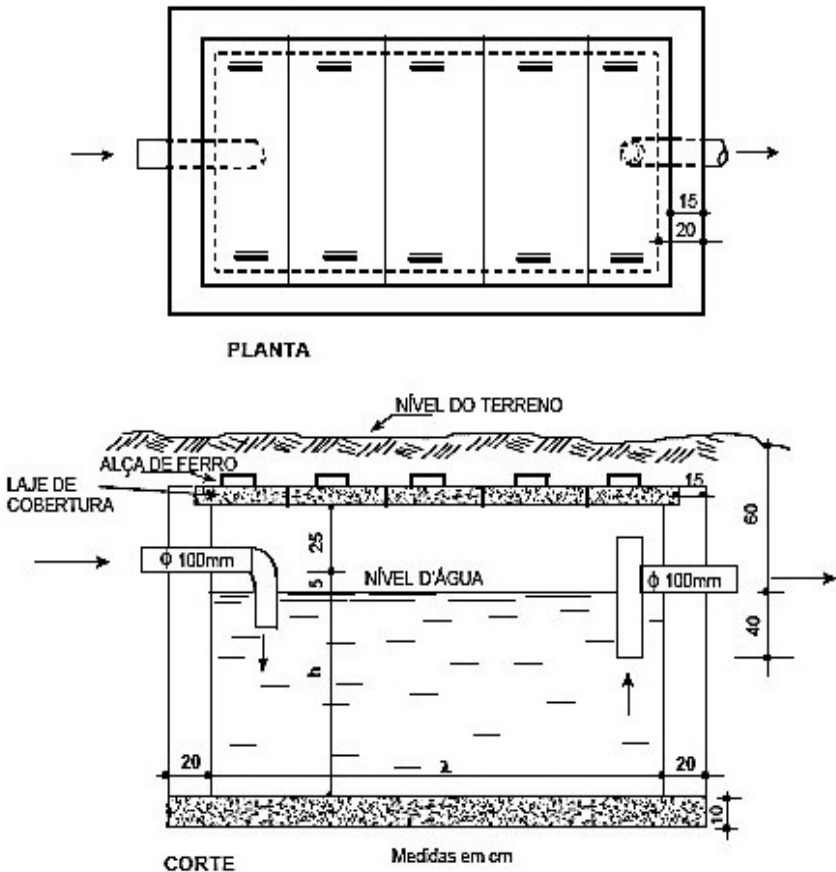
Os gases produzidos nas fossas são liberados junto com seus efluentes, mas por segurança, recomenda-se que elas sejam ventiladas, a fim de evitar incômodos pelos maus odores e riscos de explosão, em eventuais casos de obstrução/ entupimento. O lodo das fossas já é estabilizado (“curtido”) pode ser encaminhado diretamente para a secagem e disposto no solo, tomadas as devidas precauções sanitárias e ambientais.

O projeto, a construção e a operação de fossas sépticas é normatizado pela NBR 7229 de 1993 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993).

As fossas podem ser prismáticas retangulares (Figura 4) ou circulares, construídas em alvenaria revestida internamente com argamassa de cimento de forma a garantir a sua estanqueidade. Podem também serem feitas de anéis de concreto pré-moldado ou mesmo de caixas de fibrocimento. Elas devem ser fechadas, providas de tubos de ventilação e de inspeções (tampões de fechamento hermético) para a manutenção e a retirada do lodo.

No esquema da Figura 4 não está indicado o tubo de ventilação, mas que deve ser instalado. Uma fossa prismática retangular como a da Figura 4 para atender a 12 pessoas teria um volume total de 3.800L, com as seguintes dimensões internas: largura de 1,1m, comprimento de 2,3m e profundidade total de 1,5m. Já para 200 pessoas a fossa precisaria ter um volume total de 28.750L, com largura de 2,3m, comprimento de 5,0m e profundidade total de 2,5m. Com estas dimensões a construção da fossa já se torna mais difícil, principalmente pela sua grande profundidade, o que torna esta alternativa não recomendável para mais de 200 usuários.

Figura 4 - Vista em planta e corte de uma fossa séptica prismática retangular.



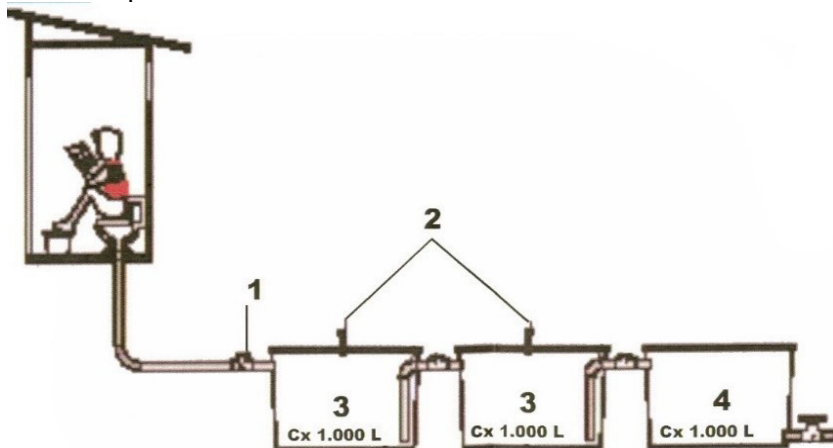
Fonte: Quimilab (2008).

Conforme mencionado, as fossas devem ser seguidas de outras unidades para a complementação do tratamento, podendo ser utilizados para tanto, filtros biológi-

cos anaeróbios, sistemas de infiltração no solo (sumidouros, valas de infiltração), lagoas de estabilização, ou *wetlands*.

As Figuras 5 e 6 ilustram um sistema simples, composto por duas fossas em série seguidas de um filtro biológico e feito com caixas de fibrocimento de 1.000L, proposto pela EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária para uso em zonas rurais (EMBRAPA, 2002).

Figura 5 - Esquema de um sistema de fossas e filtro de caixas de fibrocimento.



Fonte: EMBRAPA (2002).

Figura 6 - Vista do sistema de fossas e filtro de fibrocimento já implantado.



Fonte: EMBRAPA (2002).

Notar nas fossas mostradas nas Figuras 5 e 6 que os tubos de ventilação, que podem ser mais elevados em relação ao nível do solo, para dissipar os maus odores.

As fossas não necessitam energia elétrica em sua operação, exigem pouca área, requerem pouca movimentação de terra e possuem estrutura relativamente leve. Sua operação é simples e pode ser efetuada pela própria comunidade local, sendo que a retirada anual do lodo pode ser feita também por caminhões limpa-fossa, autônomos ou de pequenas empresas costumam prestar esse tipo de serviço nas periferias das cidades e mesmo na zona rural (SALVADOR, 2014).

FOSSA VERDE

A fossa verde é um sistema bastante simples e que apresenta boa remoção de DBO e, conforme a FUNASA (2019), a ela consiste na construção de uma vala de alvenaria impermeabilizada, com dimensões variáveis, dotada de uma câmara construída de tijolos furados e que funciona como um tanque séptico. (Figura 7).

O esgoto é direcionado para dentro da câmara e a seguir escoar para a vala através dos furos dos tijolos, sendo esta vala preenchida por materiais porosos que servem como filtro, tais como brita (pedra-de-mão), entulho, casca de coco etc., os quais são cobertos por material terroso em que são cultivadas plantas, como bananeiras (Figura 8) e outras. A digestão anaeróbia na câmara (tanque séptico), consome a matéria orgânica proveniente do esgoto, em conjunto com a ação de micro-organismos aeróbios na zona de raízes das plantas (FUNASA, 2019).

Figura 7- Etapas de construção de uma fossa verde.



a) Construção da vala e da câmara.

b) Preenchimento da vala com material filtrante poroso (brita).



c) Cobertura do filtro com material terroso.

d) Conclusão da fossa verde.

Fonte: FUNASA (2019).

Figura 8 - Fossa verde com plantação de bananeiras.



Fonte: Fleury; Gregório (2017).

FILTRO ANAERÓBIO

O filtro biológico anaeróbio é considerado um tratamento em grau primário, com remoção de DBO em torno de 60 % e onde ocorre a digestão anaeróbia do esgoto e a sedimentação do lodo produzido, que sofre o mesmo processo.

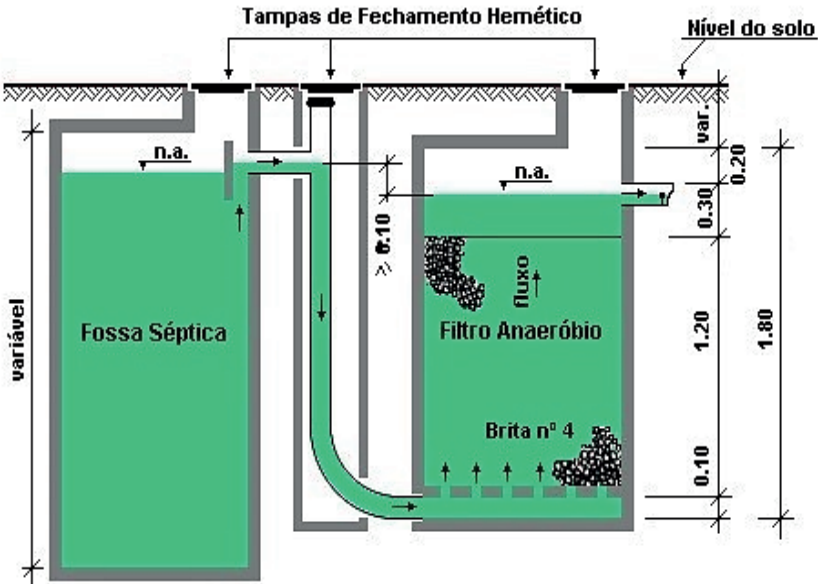
O filtro é composto de um tanque de seção retangular ou circular, contendo um leito fixo submerso no qual se fixam bactérias formando um biofilme, responsável pela degradação do esgoto. Nos interstícios do leito existem ainda flocos de bactérias que contribuem também para o processo.

Ele geralmente tem fluxo ascendente, sendo que afluente adentra pela sua parte inferior e o efluente é recolhido na parte superior, junto à superfície líquida, por meio de canaletas ou tubos perfurados. Embora menos comuns, existem também filtros com fluxo descendente.

O filtro não deve tratar esgoto sanitário bruto, sob pena de sofrer obstrução e por isso, geralmente ele é precedido por uma fossa séptica, servindo como complementação ao tratamento efetuado por ela. No caso, o conjunto fossa-filtro pode resultar em uma remoção de DBO adequada, em torno de 80%, mas se faz necessário uma complementação do tratamento porque a remoção de nutrientes e de patógenos neste sistema ainda é baixa.

Nas Figuras 5 e 6 anteriores e na Figura 9 seguinte são ilustrados sistemas de fossa-filtro anaeróbio. O filtro da Figura 7 é de fluxo ascendente.

Figura 9 - Corte esquemático longitudinal de um sistema fossa-filtro.



Fonte: adaptado de ALPHA GV (s/d).

A complementação do tratamento pelo sistema fossa-filtro pode ser feita com sistemas de infiltração de esgotos no solo, lagoas de estabilização, ou *wetlands*. Somente em casos especiais e, assim mesmo, para sistemas de fossa-filtro de pequeno porte, deve ser feita a disposição de seus efluentes diretamente em corpos d'água. No caso, o corpo receptor não deve ser poluído a ponto de comprometer os usos que são feitos de suas águas.

O lodo formado no filtro é oriundo em sua maior parte do desprendimento do biofilme do leito e se sedimenta no seu fundo, em um poço, de onde é removido periodicamente, em intervalos de tempo similares aos da fossa séptica ou se necessário, inferiores.

Sendo um processo anaeróbio, o filtro não consome energia elétrica, tem construção e operação simples e barata, requer pouca área, demanda pouca movimentação de terra, mas utiliza estrutura mais pesada que a da fossa, devido ao peso do leito filtrante.

Um filtro para atender a 12 pessoas teria um volume total de 2.640L, podendo ser adotadas as seguintes dimensões internas: largura de 1,1m (mesma da fossa), comprimento de 1,6m e profundidade total de 1,5m. Para 200 pessoas teria um volume de 28.175L, com largura de 2,3m, comprimento de 3,5m e profundidade de 2,5m (SALVADOR, 2014).

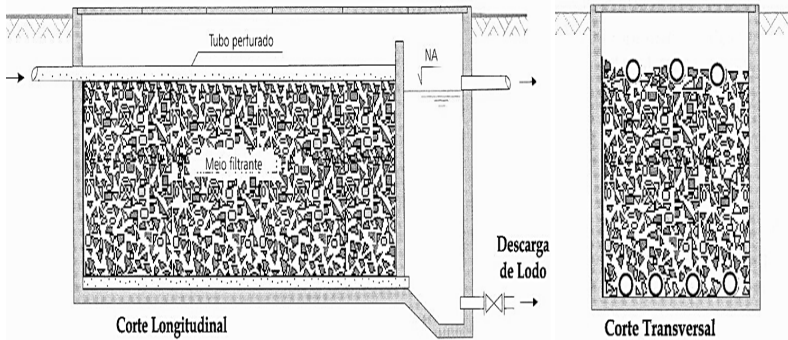
O filtro pode ser executado com mão-de-obra local, em alvenaria cintada ou concreto. Ele pode ser acoplado à fossa, utilizando a mesma laje de fundo, o que simplifica a sua construção.

O leito filtrante é feito de pedras (brita no. 4), peças cerâmicas ou material plástico, sendo que experiências com leitos de pequenos cilindros de bambu realizadas por Couto e Figueiredo (1993) e por Figueiredo *et al.* (2000) obtiveram sucesso.

A produção de lodo, que já é estabilizado, é bastante baixa, mas o filtro liberara maus odores, problema que pode ser resolvido com a cobertura hermética do filtro, possibilitando então o armazenamento e o recolhimento dos gases que podem ser tratados ou dispersados na atmosfera, em uma altura adequada.

A Figura 10 mostra os cortes transversal e longitudinal de um filtro biológico anaeróbio de fluxo descendente.

Figura 10 - Cortes longitudinal e transversal de um filtro anaeróbico de fluxo descendente.



Fonte: Campos (1999).

SISTEMAS DE INFILTRAÇÃO DE ESGOTOS NO SOLO

A) SUMIDOUROS

Sumidouros ou poços absorventes se constituem numa forma de infiltração subsuperficial, por meio da qual efluentes primários, principalmente de fossas sépticas e de filtro anaeróbios são dispostos no solo. Eles costumam ser profundos (de 2 a 8m), desde que não haja o comprometimento do lençol freático. Para tanto, o nível do fundo do sumidouro deve estar pelo menos a 1,5 m acima do nível máximo do lençol, condição prevalente no final do período de chuvas (março - abril). Os sumidouros devem também manter uma distância de no mínimo 20m dos poços próximos, principalmente dos poços rasos freáticos, a fim de não contaminar as suas águas devido à percolação horizontal do esgoto infiltrado.

Os sumidouros são geralmente escavados manualmente e têm suas paredes laterais revestidas de tijolos sem rejunte ou de anéis de concreto perfurado, a fim de promover a infiltração de forma homogênea. O fundo do sumidouro é revestido com uma camada de brita 1. Geralmente os sumidouros têm área circular, mas podem ser quadradas ou retangulares. Devem ser construídos sempre dois ou mais sumidouros, operando em paralelo.

O sumidouro é considerado tratamento secundário, mas pode atingir eficiências compatíveis com o tratamento terciário, pois no solo ocorre elevada remoção de nutrientes, principalmente de fósforo, superior a 90 % e de coliformes fecais, superior a 99,99 % (SALVADOR, 2014).

Para o projeto e construção de sumidouros deve-se fazer previamente ensaios de infiltração no solo, seguindo as disposições das normas NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) e NBR 13969/1997 (ABNT, 1997). Os sumidouros são empregados

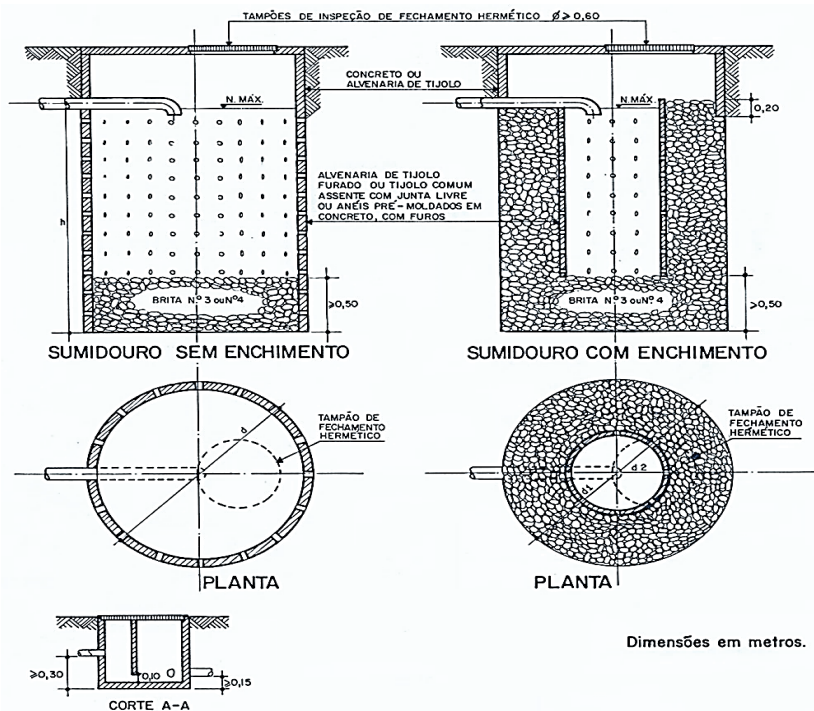
para solos permeáveis, com altos coeficientes de permeabilidade e lençol freático profundo.

O sumidouro atende a poucos usuários, sendo recomendado para unidades uni-familiares, grupos de residências, prédios e pequenas comunidades. Não demanda energia elétrica, requer muito pouca área, demanda escavações mais profundas, provoca pouca movimentação de terra, depende do nível do lençol freático, utiliza muito pouca estrutura, não produz lodo nem maus odores, exige muito pouca operação e manutenção. Porém, é de suma importância que se faça a limpeza da fossa que precede o sumidouro, para se evitar o entupimento do mesmo (SALVADOR, 2014).

Visando atender a 12 pessoas, seriam empregados, conforme Salvador (2014), dois sumidouros funcionando em paralelo, cada um com as seguintes dimensões: diâmetro de 1,3m, profundidade total de 3,5m, com lâmina d'água de 3,0m. Para 200 pessoas seriam 4 sumidouros em paralelo, com diâmetro de 4,6m, profundidade de 7,5m e lâmina d'água de 7,0m.

A Figura 11 ilustra dois tipos de sumidouro, com os respectivos detalhes.

Figura 11 - Vistas de dois tipos de sumidouros.



Fonte: CETESB (1989).

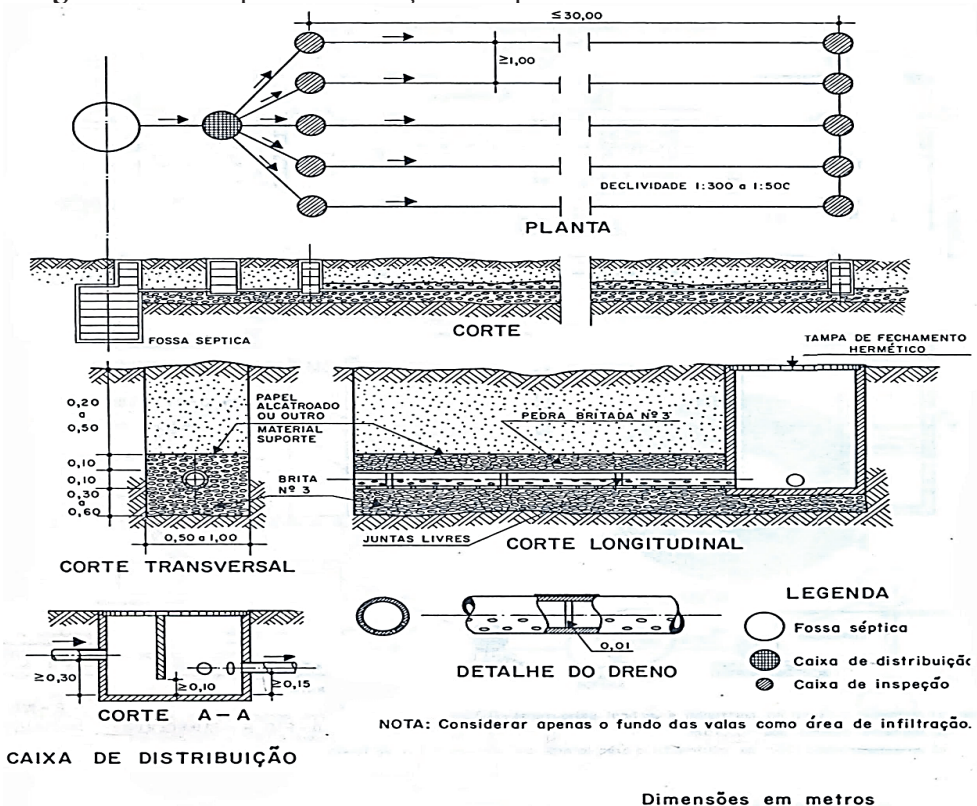
B) VALAS/ CAMPOS DE INFILTRAÇÃO

As valas de infiltração são também uma forma de disposição subsuperficial ou infiltração de esgotos pré-tratados no solo, sendo empregadas como alternativa aos sumidouros, para casos de solos menos permeáveis ou de lençol freático raso.

As valas têm geralmente profundidade entre 0,7 e 1,2m, largura de 0,5 a 1,0m e comprimento de no máximo 30m. A exemplo dos sumidouros, o fundo das valas deve estar pelo menos 1,5m acima do nível máximo do lençol freático e elas devem guardar uma distância mínima de 20m do poço mais próximo (CETESB, 1989).

Elas são compostas de tubos drenantes envoltos em leito de brita, sobre o qual é colocado papel alcatroado, lona plástica ou manta geotêxtil para posterior reat-erro, conforme pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 - Campo de infiltração e respectivas valas e cortes de uma vala.



Fonte: CETESB (1989).

Um campo de infiltração é formado por um conjunto de valas paralelas, espaçadas de 1,0m, sendo possível fazer o aproveitamento do mesmo como área de lazer - jardim gramado, campo de futebol etc. O projeto e a execução de valas de infiltração devem seguir também as disposições das normas NBR 7.229/1993 (ABNT,1993) e NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997).

As valas de infiltração são consideradas tratamento secundário, com eficiências similares ou mesmo superiores às dos sumidouros para a remoção de nutrientes. As valas atendem a poucos usuários, não demandam energia elétrica, possuem requisito médio em termos de área, não demandam escavações profundas, provocam pouca movimentação de terra, dependem do nível freático, não utilizam estruturas, não produzem lodo nem maus odores, podem ser executadas pela própria comunidade local e exigem um nível muito baixo de operação e de manutenção. Como os sumidouros, as valas requerem a limpeza da fossa que as precedem, para não sofrerem obstrução.

Para atender a 12 pessoas seria necessário um campo de infiltração de área total de 86,0m², com largura de 8,6m, comprimento de 10,0m e composto de 6 valas, cada uma com 0,6m de largura, comprimento de 10,0m, profundidade de 0,80m e espaçadas 1,0m umas das outras. Para 200 pessoas, seriam 2 campos de infiltração de 570,0m² cada um, com largura de 19,0m, comprimento de 30,0m, sendo 10 valas por campo, cada uma com 1,0m de largura, comprimento de 30,0m, profundidade de 0,80m e espaçamento de 1,0m entre elas (CETESB, 1989; SALVADOR, 2014).

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização são classificadas em anaeróbias, facultativas e de maturação. As lagoas anaeróbias não são objeto deste trabalho, por não serem totalmente apropriadas para assentamentos rurais, tendo em vista produzirem maus odores que não podem ser controlados, uma vez que são ambientes abertos. Por este motivo, a CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo determina que lagoas anaeróbias devem ficar no mínimo 1000m afastadas do perímetro urbano, o que deve ser também adotado para os assentamentos rurais, praticamente inviabilizando então a sua utilização. Além disso, dado que os sistemas apresentados são para pequenas comunidades, não se justifica a utilização em assentamentos, tendo em vista serem utilizadas para reduzir a área das lagoas facultativas, que geralmente as sucedem.

A) LAGOA FACULTATIVA

A lagoa facultativa é uma solução multifamiliar, para atender a uma população maior do que as alternativas de tratamento apresentados anteriormente. É o mais

simples e sustentável dos tratamentos secundários, onde ocorrem fundamentalmente quatro fenômenos:

- Sedimentação de matéria orgânica formando lodo;
- Decomposição anaeróbia do lodo do fundo e do esgoto na região inferior da lagoa;
- Decomposição aeróbia do esgoto na região superior da lagoa;
- Fotossíntese na região superior da lagoa.

Na região superior da lagoa, as bactérias decompondo aerobiamente o esgoto produzem gás carbônico e nutrientes, que são aproveitados pelas algas na realização da fotossíntese, liberando oxigênio a ser usado pelas bactérias na decomposição do esgoto, fechando assim um ciclo simbiótico que permite um tratamento aeróbio natural, sem a necessidade de introduzir artificialmente oxigênio no processo.

Na região intermediária da lagoa, onde a penetração da luz não ocorre o dia todo, existem bactérias chamadas facultativas, por terem metabolismo duplo: aeróbio quando há fotossíntese e oxigênio disponível e anaeróbio, quando não há fotossíntese nem oxigênio; daí a denominação de lagoa facultativa. A aerobiose na região superior evita que esse tipo de lagoa produza maus odores, devido principalmente à oxidação do gás sulfídrico.

A lagoa facultativa é relativamente eficiente, removendo de 70 a 90% da DBO, de 30 a 50% do nitrogênio total, de 20 a 60% do fósforo total e em até 99% os coliformes fecais, o que permite que na maioria dos casos seu efluente possa ser lançado diretamente nos corpos d'água (SALVADOR, 2014).

Podem ser colocados na lagoa peixes mais resistentes a baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido, como a tilápia comum; porém ela não deve ser destinada ao consumo humano. Os efluentes das lagoas podem ser reusados para irrigação de plantas arbóreas, não por aspersão e tomando-se os cuidados para que as pessoas não tenham contato com os mesmos, que ainda contém elevado número de Coliformes Fecais e de patógenos.

A produção de lodo na lagoa facultativa é praticamente desprezível; ela não requer escavações profundas, mas exige muita área e grande movimentação de terra; não demanda estruturas e nem energia elétrica. Devido à movimentação de terra a execução tem de ser feita por equipamentos de terraplenagem, o que não permite então a sua autoconstrução pela comunidade local.

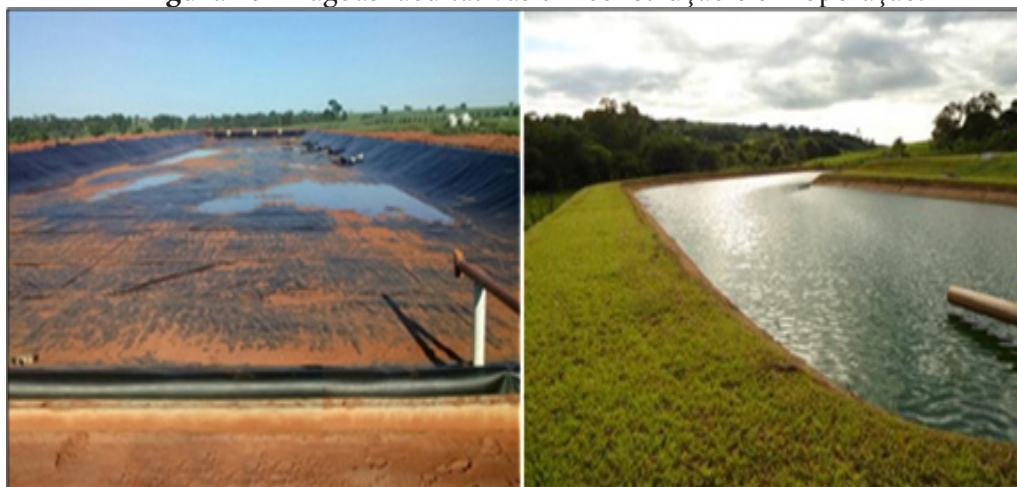
A lagoa tem geralmente o formato retangular e profundidade entre 1,5 e 2,0m sendo de construção simples, em terra, e impermeabilizada internamente com argila compactada e/ou manta plástica. A operação e a manutenção são relativamente

simples, dispensando mão de obra qualificada, podendo ser, portanto, realizadas pela própria comunidade local.

Uma lagoa para atender a 200 pessoas ocuparia, conforme Mendonça e Mendonça (2016); Salvador (2014), uma área de 1.716m², incluindo o coroamento e os taludes externos, com as seguintes dimensões internas: largura de 19,0m, comprimento de 38,0m e profundidade total de 2,0m, com 1,5m de lâmina d'água. No caso, foram consideradas condições climáticas do Estado de São Paulo.

A Figura 13 mostra respectivamente imagens de uma lagoa facultativa em construção e outra em operação.

Figura 13 - Lagoas facultativas em construção e em operação.



Fonte: construção - GEOSYNTHETICA (2016); operação - Vasconcelos (2016).

B) LAGOA DE MATURAÇÃO

A lagoa de maturação é um sistema simples e natural de polimento e desinfecção de efluentes, onde ocorrem basicamente três processos: decomposição aeróbia da matéria orgânica residual, remoção (morte) de coliformes e patógenos por decaimento no tempo e pela ação da radiação ultravioleta.

A exemplo das lagoas facultativas, as lagoas de maturação são uma alternativa multifamiliar. Possuem grande volume e área, sendo sua profundidade pequena, em torno de 80cm, de modo a permitir maior aproveitamento da luz e eficiência da radiação ultravioleta.

As lagoas de maturação possuem baixo custo e são construídas de forma similar à das lagoas facultativas; não demandam escavações profundas, mas produzem grande movimentação de terra. São de operação e manutenção simples, sem ne-

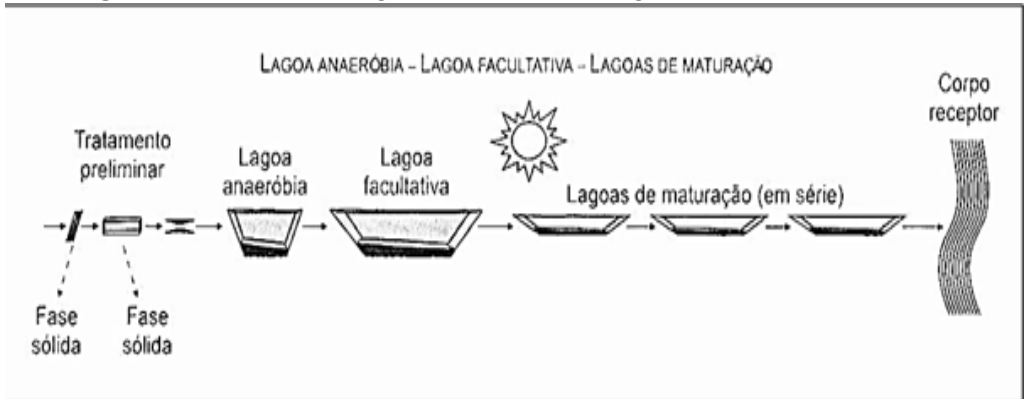
cessidade de mão de obra qualificada; não requerem energia elétrica; não geram lodo nem maus odores.

Para atender a 200 pessoas, conforme Mendonça e Mendonça (2016); Salvador (2014), uma lagoa de maturação ocuparia uma área de 2.139m², incluindo o coroa-mento e os taludes externos, com as seguintes dimensões internas: largura de 19,0m, comprimento de 31,0m e profundidade total de 1,5m, com lâmina d'água de 1,0m.

Nas lagoas de maturação podem ser criados peixes e, dependendo da redução de coliformes, eles podem ser destinados para o consumo humano. Os efluentes das lagoas podem ser utilizados para irrigação de culturas e hortaliças, devendo-se, no entanto, não irrigar aquelas que são consumidas cruas.

A Figura 14 apresenta esquematicamente um sistema composto por lagoa facultativa e lagoas de maturação operando em série.

Figura 14 - Sistema de lagoa facultativa e de lagoas de maturação em série.



Fonte: modificado de Gonçalves (2003).

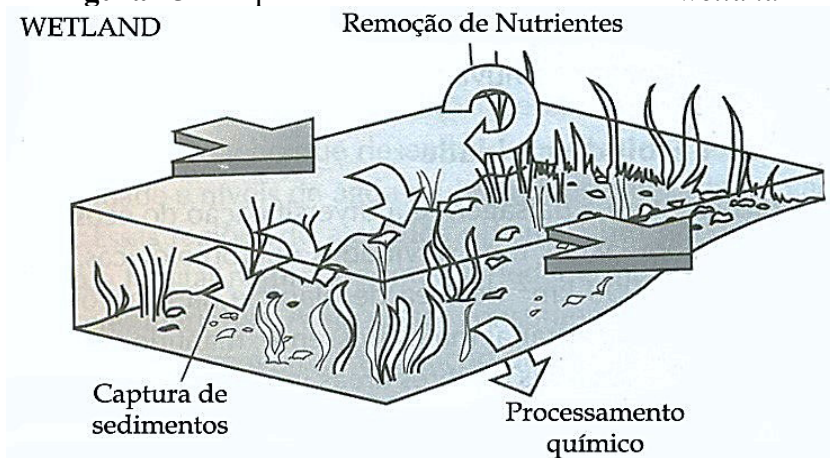
WETLANDS (TERRAS ÚMIDAS)

As *wetlands* são alagados construídos e se constituem num ótimo sistema de tratamento e retenção de poluentes, por diversos processos: precipitação e filtração de sedimentos, absorção e adsorção de nutrientes, decomposição de matéria orgânica por microrganismos do solo e das raízes das plantas, nitrificação e desnitrificação (Figura 15). Além disso, as plantas aquáticas macrófitas que se desenvolvem nesse ecossistema promovem a aeração do meio, pela transferência de oxigênio através de suas raízes e rizomas.

As *wetlands* podem ser de fluxo superficial ou subsuperficial; com fluxo horizontal ou vertical (ascendente ou descendente); de superfície líquida livre ou confinada; e com macrófitas aquáticas flutuantes, emergentes ou submersas.

As *wetlands* de fluxo superficial são bacias ou canais povoados com macrófitas, de fluxo horizontal, geralmente longos e estreitos para se evitar curtos-circuitos. Essas *wetlands* podem conter um leito de 20 a 50cm de altura, situado abaixo da superfície do esgoto a ser tratado, e que serve de substrato para macrófitas emergentes e/ou submersas. No caso de não haver leito, são utilizadas macrófitas flutuantes. Nas *wetlands* de fluxo superficial a superfície líquida é sempre livre e pode ocorrer a produção de maus odores e a proliferação de insetos/ mosquitos, havendo conforme o caso, a necessidade de seu controle (CHERNICHARO, 2014).

Figura 15 - Esquema de funcionamento de uma *wetland*.
 WETLAND Remoção de Nutrientes



Fonte: Chernicharo (2001).

As *wetlands* de fluxo subsuperficial podem ter a superfície livre ou confinada, sendo dotadas obrigatoriamente de leito ou substrato de 30 a 80cm de altura, com macrófitas emergentes e/ou submersas, e através do qual o esgoto percola, sofrendo o tratamento. Desta forma, o leito funciona também como elemento filtrante. No caso de a superfície do esgoto ser livre, acima do leito, podem ser cultivadas também macrófitas flutuantes.

O fluxo subsuperficial pode ser descendente, com sistema de drenagem de fundo, e ascendente, com alimentação pelo fundo e sistema coletor de superfície. Neste segundo caso, se a superfície líquida for livre, o esgoto exposto já se encontra tratado, o que pode minimizar o problema de odores e de insetos/ mosquitos.

As plantas têm de ser constantemente manejadas e as mais comumente utilizadas em *wetlands* são:

- Flutuantes: *Eichornia crassipes* (popularmente conhecida como aguapé), *Salvinia molesta* (salvínea), *Sperrodela* (erva de pato);

- Emergentes: *Typha latifolia* (taboa); *Juncus* (junco); arroz;
- Submersas: *Isoetes lacustris*, *Elodea canadensis*.

As espécies submersas são menos utilizadas. Também já foram empregadas em WL gramíneas (braquiária), sendo que se pode utilizar sequencias de diferentes espécies ou mesmo sistemas combinados, com várias espécies misturadas.

As *wetlands* devem receber esgoto tratado em grau primário, de fossa ou de fossa-filtro anaeróbio, recebendo também efluente secundário de lagoa facultativa. Elas possuem boa eficiência de remoção de poluentes, sendo registrados até os seguintes valores, conforme Salvador (2014): DBO (95%), sólidos suspensos (95%), nitrogênio total (70%), fósforo total (90%) e coliformes fecais (99,9%).

Os efluentes das *wetlands* também podem ser utilizados para irrigação de culturas e hortaliças devendo-se, porém, não irrigar aquelas que são consumidas cruas.

Do ponto de vista construtivo, as *wetlands* são relativamente simples, podendo ser construídas em terra ou alvenaria em terrenos relativamente planos, de declividade até 3%. As *wetlands* em terra devem ser impermeabilizadas com argila compactada e/ou manta plástica, a fim de se proteger o lençol freático. Geralmente elas possuem sistemas de distribuição e de coleta de efluente compostos de trincheiras de pedras (brita no. 1 a 4) ou de tubos de PVC perfurados.

Para o leito costumam ser utilizados os seguintes materiais: cascalho, brita (no. 1 a 4), pedrisco, areia, solo, ou mesmo resíduos orgânicos (palha de arroz, cascas de árvores).

Para atender a 12 pessoas uma *wetland* necessitaria de uma área de cerca de 32,0m², largura de 4,0m, comprimento de 8,0m e profundidade total de 1,0m, com lâmina d'água variável, de 0,6m a 0,8m. Para 200 pessoas, a área necessária seria de 450,0m², com largura de 15,0m, comprimento de 30,0m e profundidade total de 1,0m, com lâmina d'água variável, de 0,6 a 0,8m (SALVADOR, 2014).

As Figuras seguintes mostram sistemas de *wetlands*. Pela sua simplicidade, elas podem ser construídas e operadas por integrantes da comunidade local.

Figura 16 - *Wetlands* experimentais.



Fonte: Chemistry and Environment Institute (2008).

Figura 17 - Vista de um sistema de *wetlands* operando em Staverton, Reino Unido.



Fonte: YMAZAL (2010).

LEITOS DE SECAGEM DE LODO

Leitos de secagem são tanques a céu aberto onde ocorre a fase sólida do tratamento, com a desidratação do lodo, basicamente devido a dois fenômenos: evaporação e drenagem através de um sistema drenante no fundo dos leitos. A evaporação e, conseqüentemente, a performance da secagem, dependem fundamentalmente

das condições climáticas - climas frios e úmidos não são recomendados para o emprego de leitos de secagem.

Os leitos de secagem são sistemas simples e de baixo custo de tratamento de lodo, não requerendo o uso de energia elétrica nem de produtos químicos; entretanto, demandam relativamente áreas grandes.

Normalmente são construídos três ou mais leitos, em alvenaria, de área retangular e profundidade variando de 0,5 a 0,8m, com lâmina d'água de 30 a 80cm. O fundo dos leitos é revestido de tijolos sem rejunte, assentados sobre uma camada de areia grossa, por onde percola a água.

Para atender a 12 pessoas, conforme Salvador (2014), seriam empregados 2 leitos de secagem com uma área total de 104,0m² e as seguintes dimensões para cada leito: largura de 4,0m, comprimento de 13,0m e profundidade total de 0,6m, com lâmina d'água de 0,3m. Para 200 pessoas seriam 4 leitos com área total de 1.312,0m² e as seguintes dimensões para cada leito: largura 8,0m, comprimento 41,0m e profundidade de 0,8m, com lâmina d'água de 0,4m.

O lodo, pré-estabilizado, permanece nos leitos entre 15 e 30 dias até a sua secagem, dependendo das condições climáticas, quando então é removido manualmente com rodos e pás ou em ETES maiores, mecanicamente.

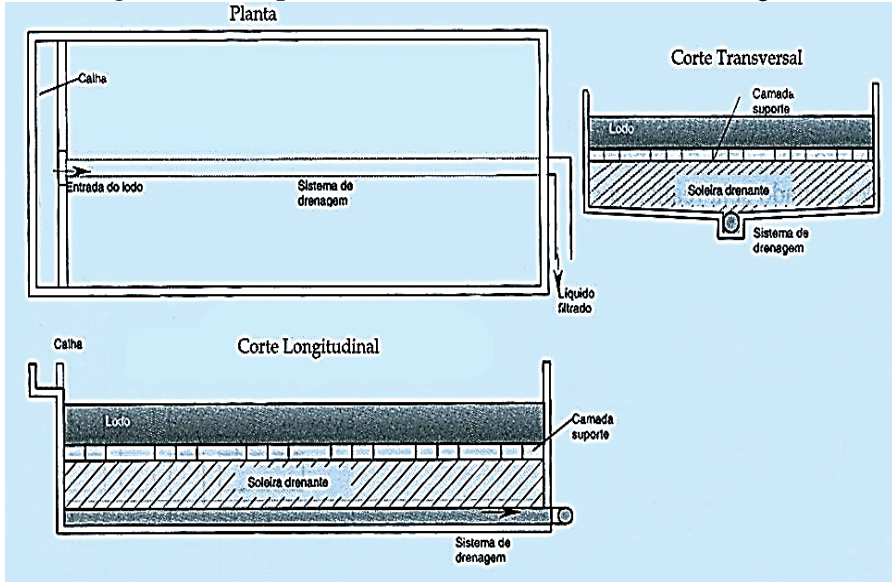
A desidratação é complementada pelo sistema de drenagem, composto da camada de areia e de camadas de pedrisco e brita com transição granulométrica, além de tubos drenantes sob a camada de brita, para escoar a água drenada. Entre as camadas de areia e de brita pode ser usada uma manta geotêxtil, dispensando a camada de pedrisco e a transição granulométrica. Vem sendo pesquisado ainda o uso da manta diretamente sobre a camada de brita, dispensando no caso, também as camadas de areia e de tijolos.

A água drenada, dependendo de sua qualidade, é geralmente descartada com o efluente final da ETE, mas em função do seu grau de poluição, deve ser retornada para o início do tratamento da fase líquida.

O lodo seco, com teor de sólidos variando de 30 a 40%, possui consistência de terra úmida e pode ser retirado em caçambas ou caminhões. Ele é ainda patogênico, contendo principalmente ovos e cistos de vermes, mas tomando-se os devidos cuidados de manuseio/ proteção para os empregados, ele pode ser utilizado para fins agrícolas como fonte de matéria orgânica para o solo, em plantações de espécies de maior porte (milho) ou arbóreas (café, eucaliptos), não devendo ser empregado em horticultura.

A Figura 18 ilustra um sistema de leitos de secagem composto por dois leitos operando em paralelo, com vistas em planta, corte longitudinal e corte transversal.

Figura 18 - Esquema de um sistema de leitos de secagem.



Fonte: Cleverson; Von Sperling; Fernandes (2001).

A Figura 19 mostra uma foto de um leito de secagem, com a remoção manual do lodo seco, podendo-se notar que é um processo bastante simples.

Figura 19 - Remoção manual de lodo de um leito de secagem.



Fonte: Tratamento de Resíduos Agroindustriais (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista as diversas alternativas de tratamento apresentadas, fica uma questão – qual a melhor? Não existe em princípio uma melhor alternativa e a sua definição vai depender, segundo Salvador (2002), de vários fatores: número de usuários atendidos, porte (vazão) e qualidade da água do corpo receptor, usos de sua água, área disponível, tipo de solo, profundidade do lençol freático etc. Portanto, a escolha de alternativas deve ser feita mediante uma análise prévia das opções disponíveis (SALVADOR, 2014).

Para poucos usuários, uma casa ou um pequeno grupo de casas, a opção recomendada é a fossa séptica e sistemas de infiltração no solo. Caso não seja possível a infiltração, pode-se empregar a fossa ou o sistema fossa-filtro anaeróbio seguidos de uma pequena *wetland*. Neste caso, a disposição do esgoto tratado pode ser em corpo d'água ou no solo (irrigação superficial).

No caso de um número maior de usuários a serem atendidos, possíveis alternativas seriam lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação ou de *wetlands*, com posterior disposição no corpo receptor ou no solo.

Quando forem gerados lodos, a alternativa para o seu tratamento será sempre leitões de secagem, independente do porte da população atendida.

De qualquer modo, reitera-se a necessidade da análise de alternativas, a ser feita com embasamento técnico e econômico e, sobretudo, bom senso. Maiores detalhes podem ser vistos em Salvador (20014).

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229/1993**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, ABNT, 1993.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969/1997**: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

ALPHA GV – Desentupidora. **Sistema fossa – filtro anaeróbio**. Cotia, SP, ALPHA GV s/d. Disponível em: classiwebgratis.com.br/70/51053/fossa-e-filtro-anaerobio-construcao-recuperacao-sp.html. Acesso em: 28 abr. 2021.

BUAINAIN, A. M.; ROMEIRO, A. R.; GUANZIROLI, C. Agricultura Familiar e o Novo Mundo Rural. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 5, n.10, p. 312-347, 2003.

CAMPOLIM, A. I.; SOARES, M. T. S.; FEIDEN, A. Fossa séptica biodigestora: participação e apropriação de tecnologias na reforma agrária. **Cadernos de Agroecologia**. v. 5, n. 1, 2010.

CAMPOS, J. R. (Org.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro, PROSAB/FINEP/ABES, p. 464, 1999.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Opções para tratamento de esgotos de pequenas comunidades**. São Paulo, CETESB, p. 36, 1989.

CHEMISTRY AND ENVIRONMENT INSTITUTE. **Vertical subsurface flow constructed wetland**. Turkey, Training and Demonstration Centers, 2008. Disponível em: athene.geo.univie.ac.at/pucher/gallery/view_photo.php?set_album-Name=album07&id=DSCF0406. Acesso em: 28 abr. 2021.

CHERNICHARO, C. A. L. (Org.). **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Belo Horizonte, PROSAB/FINEP, p. 544, 2001.

CLEVERSON, V. A.; VON SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - volume 6: lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte, DESA/UFMG, p. 484, 2001.

COUTO, L. C. C.; FIGUEIREDO, R. F. Filtro anaeróbio com bambu para tratamento de esgotos domésticos. In: XXIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, La Habana, Cuba. **Anais... XXIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, v. 2. p. 329-340, 1993.

EMBRAPA Instrumentação. **Saneamento básico para a zona rural: fossa séptica biodigestora**. São Carlos, EMBRAPA, p. 6, 2002.

FERREIRA, C. W. S. **Avaliação dos Aspectos Técnicos e Operacionais do Sistema Condominial da Mangueira** (Dissertação de Mestrado). Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, 2003.

FIGUEIREDO, R. F.; CAMARGO, S. A. R.; NOUR, E. A. A.; CORAUCCI FILHO, B.; STEFANUTTI, R.; BROLEZE, S. T. **Tratamento de esgoto sanitário por filtro anaeróbio utilizando o bambu como meio suporte: partida do sistema**. In: IX

SILUBESA - Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Seguro, BA. Anais do IX Silubesa, v. III-08. p. 1171-1176, 2000.

FLEURY, M.; GREGÓRIO, G. **Fossa alternativa usa até bananeira**. Jornal Debate, Santa Cruz do Rio Pardo, dezembro de 2017. Disponível em: <https://www.debatenews.com.br/2017/12/21/fossa-alternativa-usa-ate-bananeira/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**, 5ª. ed, 2019. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica>. Acesso em: 28 abr. 2021.

GEOSYNTHETICA. **Caso de obra – revestimento de lagoas de estação de tratamento de esgoto**, 2016. Disponível em: geosynthetic.net.br/caso-de-obra-revestimento-de-lagoas-de-estacao-de-tratamento-de-esgoto/. Acesso em: 28 abr. 2021.

GONÇALVES, R. F. (Org.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória, PROS-AB/ABES, p. 438, 2003.

LOPES, K. C. S. A.; BORGES, J. R. P.; LOPES, P. R. Condições de vida e qualidade do saneamento ambiental rural como fator para o desenvolvimento de práticas agroecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 7, n.1, p. 39-50, 2012.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. **Sistemas sustentáveis de esgotos**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, p. 346, 2016.

QUIMILAB - Produtos de Química Fina Ltda. **Manual de esgotamento sanitário**, 2008. Disponível em: quimLab.com.br/PDF-A/Manual%20de%20Esgotamento%20Sanitario.pdf. Acesso em: 28 abr. 2021.

RISSOLI, C. A. *et al.* **Sistemas condominiais de esgotamento sanitário – uma visão geral do processo**. Brasília, CAESB, p. 72, 2011.

SALVADOR, N. N. B. Componentes e fatores do meio ambiente físico que influenciam ou condicionam alternativas de tratamento de esgotos sanitários. In: POMPEU, P. F. & BRAGA, R. (Org.). **Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias**. Rio Claro, Laboratório de Planejamento Municipal/UNESP, p. 67-85, 2002.

SALVADOR, N. N. B. **Alternativas de tratamento de esgotos sanitários** (Notas de aula). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, p. 159, 2014.

SANTIAGO, A. F. **Sistema condominial de coleta de esgoto e tratamento em decanto-digestor seguido de alagados construídos. Estudo de caso: Município de Nova Redenção- BA** (Dissertação de Mestrado). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 2008.

SANTORO, C. E. M.; FERNANDES, A.; SALVADOR, N. N. B. **Aspectos tecnológicos e econômicos de redes de esgotos não convencionais**. In: 2o. Concurso Nacional de Tecnologias Apropriadas - Saneamento Básico, 1984, Brasília. Anais do 2o. Concurso Nacional de Tecnologias Apropriadas - Saneamento Básico, v. 1. Brasília, POS/CNPq, 1984.

TRATAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. **Leitos de secagem de lodos**, 2015. Disponível em: <http://residuosagroindustriais.blogspot.com.br/2015/12/o-lodo-contem-microrganismospatogenicos.html>. Acesso em: 28 abr. 2021.

VASCONCELOS, E. **Lagoas facultativas**. LogicAmbiental, maio, 2016. Disponível em: <https://www.logicambiental.com.br/lagoa-facultativa/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

VELLEDA, L. **Agricultura familiar e reforma agrária são os maiores produtores de orgânicos no Brasil**. São Paulo, ESPAÇO, 2017. Disponível em: <https://www.espaco.org.br/single-post/2017/03/25/Agricultura-familiar-e-reforma-agraria-sao-os-maiores-produtores-de-orgânicos-no-Brasil>. Acesso em: 28 abr. 2021.

VYMAZAL, J. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. **Water**, v.2, n.3, p. 530-549, 2010.