

Eixo Temático ET-07-015 - Tratamento de Efluentes Sanitários e Industriais

## **SISTEMAS DE TRATAMENTOS DE ESGOTO NÃO CONVENCIONAIS PARA COMUNIDADES RURAIS**

Adna Lúcia Rodrigues de Menezes<sup>1</sup>, Narawilka Cardoso<sup>1</sup>, Maria Aparecida Bezerra Oliveira<sup>1</sup>, Carla Mabel Medeiros de Albuquerque e Silva<sup>1</sup>, Gabrielly de Lucena Tiburtino<sup>2</sup>, Cibele Gouveia Costa Chianca<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Civil, UFERSA, Caraúbas-RN; <sup>2</sup>Estudante de Engenharia Mecânica, UFERSA, Caraúbas-RN; <sup>3</sup>Mestra. Professora de Engenharia Civil, UFERSA, Caraúbas-RN. E-mail: cibeledchianca@ufersa.edu.br.

### **RESUMO**

O avanço da humanidade trouxe vários benefícios aos homens, mas, à medida que a população aumentava, a aglomeração nos centros urbanos era cada vez maior marcando um estilo de vida consumista e explorador dos recursos naturais. No começo, os impactos ambientais eram desprezados, porém, com o seguimento deste desenvolvimento, ficou evidente a necessidade de intervenção a fim de preservar o meio ambiente. A falta de tratamento dos esgotos sanitários está atualmente entre os maiores problemas ambientais enfrentados pelos habitantes brasileiros. O esgoto lançado in natura nos solos promovem contaminação das águas e conseqüentemente sérios problemas de saúde pública e os que mais sofrem com esse problema são a população pobre e a rural, pouca atenção é dada ao tratamento de efluentes líquidos formados nas propriedades rurais. Perante essa falta de esgotamento sanitário nas comunidades rurais, essa pesquisa tem como objetivo apresentar tecnologias simplificadas de tratamento de esgoto para área rural. A metodologia utilizada neste trabalho compreendeu-se no levantamento bibliográfico de textos científicos e sites pertinentes ao tema. A partir da revisão bibliográfica pode-se afirmar que os sistemas de tratamento de esgotos não convencionais são indicados pelo baixo custo, materiais acessíveis e por serem de fácil instalação. Se destacando por se apresentarem mais viáveis entre os sistemas apresentados, o Círculo de Bananeira e o Escoamento Superficial no Solo, sendo que o último possui uma vantagem a mais que é a possibilidade de reuso da água que pode ser aplicada na irrigação.

**Palavras-chave:** Saneamento rural; Tratamento de efluentes; Tecnologias sustentáveis.

### **INTRODUÇÃO**

O avanço da humanidade trouxe vários benefícios aos homens, mas, à medida que a população aumentava, a aglomeração nos centros urbanos era cada vez maior. E isso acarretou o surgimento de indústrias, marcando um estilo de vida consumista e explorador dos recursos naturais. No começo, os impactos ambientais eram tenuíssimos e desprezados, porém, com o seguimento deste modelo de desenvolvimento, ficou evidente a necessidade de intervenção a fim de preservar o meio ambiente. Nos dias de hoje, a questão ambiental é um dos assuntos mais debatidos em todo o mundo (ALMEIDA et al., 2010).

A falta de tratamento dos esgotos sanitários está atualmente entre os maiores problemas ambientais enfrentados pelos habitantes brasileiros. O esgoto lançado in natura nos solos promovem contaminação das águas e conseqüentemente sérios problemas de saúde pública, como cólera, hepatites, verminoses e diarreias. Os que mais sofrem com esse problema, são a população pobre e a rural, em virtude da inexistência de conscientização e de investimentos governamentais (NAVA e LIMA, 2012).

Segundo o IBGE (2010), 39% da população brasileira não possui rede coletora de esgoto nem fossa séptica. E o problema se agrava nas comunidades rurais e de baixa renda, pois para a rede de esgoto atingir as áreas afastadas, o custo é alto e o interesse é pouco. Na zona rural, o déficit de coleta de esgoto é de 96% dos 29.829.995 brasileiros, além disto, 38% não possuem sanitários em suas residências (IBGE, 2010 *apud* COSTA, 2014).

Pouca atenção é dada ao tratamento de efluentes líquidos formados nas propriedades rurais, que, individualmente não produzem grande quantidade de compostos poluidores, mas ao se considerar a sua totalidade exibem um montante relevante, e são lançados de forma dispersa e sem o devido tratamento (SILVA e NOUR, 2005 *apud* TONETTI et al., 2010).

Perante essa falta de esgotamento sanitário nas comunidades rurais, devido à distância e elevado custo para implantação e manutenção de redes coletoras de esgoto, a busca por desenvolvimento e implementação de tecnologias viáveis para essa carência intensificou-se (JORDÃO e PESSOA, 1995).

A maior parte dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto das cidades utiliza uma grande quantidade de água para transportar os dejetos até um centro de tratamento no final da rede coletora. Notada a escassez deste recurso, autores têm apostado em tecnologias inovadoras e simplificadas de tratamento próximo a fonte geradora dos resíduos (ALMEIDA et al., 2010).

Frente à situação socioeconômica brasileira é necessário se investir na evolução de técnicas alternativas de baixo custo e boa eficiência para o tratamento das águas residuárias. Uma solução é a instalação do tratamento do efluente no próprio local onde o mesmo é produzido, pois o processo de tratamento usa sistemas naturais na interação, apresenta baixo custo energético e não exige mão de obra especializada.

Estão sendo efetuados inúmeros trabalhos científicos com tratamento de efluentes descentralizado, dentre os sistemas estão: banheiro seco, círculo de bananeiras, fossa séptica biogestora, zona de raízes, escoamento superficial no solo, entre outros.

Visto que o esgotamento sanitário adequado se constitui como um dos maiores desafios postos às políticas públicas governamentais, tendo em vista suas implicações sobre a saúde da população e o meio ambiente, a realização desse estudo, busca levantar um aparato bibliográfico, evidenciando a importância do saneamento para a população que mora em comunidades rurais.

## **OBJETIVOS**

Essa pesquisa tem como objetivo apresentar uma revisão bibliográfica de tecnologias simplificadas de tratamento de esgoto para área rural.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste trabalho compreendeu-se no levantamento bibliográfico de textos científicos e sites pertinentes ao tema.

A sequência de desenvolvimento do trabalho foi a seguinte: coleta de dados na literatura sobre sistemas de tratamento de efluentes em propriedades rurais e saneamento rural e apresentação das possíveis formas de reutilização do esgoto tratado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da pesquisa bibliográfica, constataram-se as seguintes alternativas sustentáveis:

- **Círculo de Bananeira**

O sistema de tratamento para efluentes utilizando o círculo de bananeira necessita de um tratamento primário de esgoto, para remoção de parte dos sólidos existentes, podendo ser realizado através de uma fossa séptica. As fossas sépticas são unidades de tratamento primário de esgoto doméstico nas quais consistem na sedimentação da matéria sólida e estabilização da mesma por bactérias anaeróbias. O seu uso é essencial para a melhoria das condições de higiene das populações rurais. Após passar pelo tanque séptico, o efluente deve ser destinado a outra unidade de tratamento ou para a disposição final. No caso, o círculo de bananeiras é uma unidade de disposição final do efluente (MARTINETTI, 2008).

A fossa séptica com círculo de bananeiras consiste em despejar o efluente em uma vala circular com britas ao fundo, cobertas por gravetos e restos de vegetais (2 m de diâmetros e 1 m de profundidade), rodeado de bananeiras espaçadas de 60 cm. De acordo com Martinetti (2008), as bananeiras se adaptam a solos úmidos e ricos em matéria orgânica. Entre as bananeiras podem ser plantados lírios e mamoeiros para ajudar no tratamento e reuso do efluente.

Silveira et al. (2002) afirma que outras variedades podem ser plantadas no círculo para aproveitar as diferentes condições de umidade, insolação e de estrutura. Ao receber água cinza normalmente rica em nutrientes, as plantas crescem com mais vigor, produzindo frutos.

O tratamento de efluentes domésticos com tanque séptico e círculo de bananeira é considerado sustentável, pois de acordo com Ercole (2003), esse sistema trata as águas servidas no local, permitindo o aproveitamento dos poluentes da mesma na forma de insumos para a produção vegetal, devolvendo as águas purificadas para o ciclo. A principal manutenção desse tipo de sistema é a colheita dos frutos e evitar crescimento excessivo de vegetação no local, além de ser uma solução de baixo custo.

Em seu trabalho Martinetti (2008) faz um estudo de alternativas diferentes para tratamento do esgoto doméstico, dentre os tipos de tratamentos estudados estão a fossa séptica com o círculo de bananeira. Ele afirma que esse tipo de tratamento é muito eficiente e econômico, pois não tem gasto com destinação final do efluente, uma vez que se tem a unidade de tratamento (fossa séptica) e a unidade de destinação do efluente (círculo de bananeiras) em um mesmo sistema.

Outro ponto importante nesse tipo de tratamento é que não há contato humano com o efluente, não sendo necessário manejá-lo para chegar às bananeiras, a tubulação faz esse trabalho e o usuário tem apenas que colher os frutos e adicionar restos de

vegetais ao círculo, o que evita risco de contaminação das pessoas. A desvantagem do sistema fossa com círculo de bananeiras é com relação à presença de odor, insetos e vermes. O odor ocorre pela liberação de gases, principalmente o sulfídrico, que ocorre nos sistemas anaeróbios e o controle de vermes e insetos são feito com a correta manutenção e uso do sistema, ou seja, é preciso sempre adicionar restos de vegetais ao sistema para evitar esse problema.

O círculo de bananeira apresenta-se como uma ótima alternativa de tratamento de esgoto doméstico, pois mantém os nutrientes no local, promovendo o crescimento das plantas. Diferente de outras alternativas, esta necessita de uma área menor para implantação, entre 1 a 3 m<sup>2</sup> e utiliza apenas de brita, terra e bananeira. O custo de implantação varia de R\$ 130,00 a R\$ 700,00, não tem nenhum custo de operação, possui uma produção média de odores e a presença de insetos e vermes é baixa, em comparação a outros tratamentos, como vala de infiltração por exemplo. De acordo com IPEMA (2006), tem uma eficiência na remoção de DBO de 50% a 70%, DQO efluente 40% - 70%, remoção de sólidos suspensos 70% - 95%, presença de patógenos baixa, coliformes totais 99%, nitrogênio 30% - 70%, fósforo 30% - 70% e o tempo de detenção hidráulica, de um dia.

- Filtro Anaeróbio

O filtro anaeróbio consiste, inicialmente, de um tanque contendo material de enchimento, que forma um leito fixo, alimentado com esgoto ou efluente de outra unidade de tratamento. Na superfície do material de enchimento ocorre a fixação e o desenvolvimento de microrganismos, que também se agrupam, na forma de flocos ou grânulos, nos interstícios deste material. O fluxo através do meio filtrante, e do lodo ativo, é que confere alta eficiência aos filtros anaeróbios (ANDRADE NETO, 2006).

O filtro anaeróbio é na verdade um tanque cheio de pedras britadas ou outro material inerte, que seja resistente, leve, que facilite a distribuição do fluxo e dificulte a obstrução, tenham preço baixo e sejam de fácil aquisição. Este material serve de suporte para aderência e desenvolvimento de microrganismos e proporcionar o acúmulo de lodo ativo, que é o meio filtrante do sistema. Este tipo de sistema realiza o tratamento primário (ERCOLE, 2003).

Durante seis anos a UFRN realizou pesquisas, que dentre outras conclusões, viram que os filtros anaeróbios podem ser utilizados com eficácia para tratamento de esgotos sanitários diluídos, ou efluentes de outros reatores anaeróbios, podendo produzir efluentes com DBO média menor que 30 mg/L e menos de 20 mg/L de sólidos suspensos, e que é possível obter alto rendimento (tempo de detenção de 5 horas e remoção de DQO maior que 85%) operando-os com carga orgânica elevada (ANDRADE NETO, 2003).

Os filtros anaeróbios podem ser de fluxo ascendente, descendente ou horizontal. Os filtros com fluxo ascendente apresentam maior retenção de lodo e os maiores riscos de entupimento dos interstícios, mas, devido aos lodos em suspensão hidráulica e ao bom tempo de contato, podem gerar eficiência com a grande quantidade de bactérias e baixa perda de sólidos que são arrastados no efluente, os filtros com fluxos descendentes apresentam menor risco de entupimento porque parte do lodo em excesso é gradativamente arrastado pelo efluente. Os filtros de fluxo horizontal têm características intermediárias entre os dois outros tipos, apresenta maior dificuldade na distribuição do fluxo e desempenho diferenciado ao longo do leito. Como a concentração do lodo em excesso é mal distribuída no leito, a remoção é mais difícil,

devendo ser usado com baixas taxas de carregamento orgânicas (ANDRADE NETO et al., 1999).

De acordo com Andrade Neto (1999), o filtro anaeróbio deixa o efluente bastante clarificado e tem relativamente baixa concentração de matéria orgânica, inclusive dissolvida, porém é rico em sais minerais, é muito indicado para disposição no solo, não somente por infiltração, mas, também para irrigação, revitalizando o solo e proporcionando a produção vegetal.

Ercole (2003) em seu trabalho diz que a eficiência de redução de DBO pode variar de 70% a 95%, infelizmente o grau de aceitação não é alto, mesmo não apresentando grande risco a saúde.

Os filtros anaeróbios apresentam efluentes clarificados e com baixa concentração de matéria orgânica. Não consomem energia, removem matéria orgânica dissolvida, tem baixa produção de lodo, a água tratada presta-se para disposição no solo, resistem bem às variações de vazão afluente, a construção e operação são simples, não necessitam de lodo inoculador nem recirculação de lodo (TRATAMENTO... 2015). Para vários pesquisadores essa tecnologia é facilmente adaptável e pode ser aplicado a nível familiar ou de um pequeno bairro.

- **Escoamento Superficial no Solo**

O escoamento superficial é um método de tratamento que consiste na disposição do efluente líquido na parte superior de terrenos planos construídos que tenham uma pequena declividade e baixa permeabilidade. O efluente percorre por gravidade todo o terreno, que é recoberto por uma vegetação. Uma pequena parcela de seu fluxo é perdida por evapotranspiração e a maior parte é coletada na base do declive. É um sistema que é mais indicado para solos com baixa permeabilidade, como solos argilosos e argila/calcário, sendo a percolação insignificante (TONETTI et al., 2009).

Segundo Chernicharo (2005), o processo de depuração dá-se à medida que o efluente escoar no terreno recoberto pela vegetação, onde os sólidos em suspensão são “filtrados” e a matéria orgânica é oxidada pelos microrganismos que se estabelecem na cobertura das plantas e no solo.

Para as áreas rurais este sistema trás como grande benefício, além do adequado tratamento dos esgotos, a possibilidade geração de uma água de reuso, que pode ser empregada no cultivo de diversos produtos. Possui custos de implantação, operação e manutenção mínimos. Outro ponto a ser destacado seria a grande quantidade de biomassa produzida, aplicável na alimentação de animais ou no enriquecimento de solo agrícola (SABEI e BASSETTI, 2013).

Entre os elementos que caracterizam esse sistema estão: requer terreno amplo, demanda espaços, recomendando para solos com baixa capacidade de infiltração como os argilosos, utilizar plantas resistentes à umidade e com sistema radicular, sua técnica de construção e operação são de baixo custo, não necessita de energia, faz reuso da água, gera grande quantidade de biomassa e não apresenta odores. Destaca-se que na aplicação desta técnica existe a necessidade de um tratamento preliminar, que remova os sólidos grosseiros, evitando o rápido entupimento das tubulações e a danificação dos equipamentos da estação de tratamento (CHERNICHARO, 1997).

Quando comparado com outros métodos de tratamento, o escoamento superficial apresenta as seguintes vantagens: é apropriado para o tratamento de esgotos de pequenas comunidades; proporciona tratamento avançado, com operação relativamente simples e barata; a cobertura vegetal pode ser utilizada em atividades agrícolas; não

gera lodo e não produz maus odores; e os efluentes apresentam qualidade semelhante aos de lodos ativados, tendo custo de operação e manutenção 40% menor (OVERCASH, 1978).

Resultados obtidos por alguns pesquisadores brasileiros, em seus estudos ou em projetos operando em escala real, mostra que o nível de remoção de matéria orgânica medido por meio da DBO está compreendido entre 51% e 83% o que demonstra o bom desempenho do sistema, mesmo com características de construção e operação distintas. Cabe salientar que onde os valores foram menores, próximos a 50%, o escoamento superficial estava operando como pós-tratamento de alguma unidade (TONETTI et al., 2009).

Quanto ao nitrogênio, o principal mecanismo de sua remoção no escoamento superficial ocorre devido à nitrificação seguida de absorção pela vegetação e também pela desnitrificação, além da volatilização da amônia (ARAÚJO, 1998). Esta remoção é inversamente proporcional à taxa de aplicação (SMITH e SCHROEDER, 1985 e PAGANINI, 1997). Tal característica leva a valores de NTK (nitrogênio total Kjeldahl, que é a soma do nitrogênio amoniacal e orgânico) decrescentes ao longo do percurso do líquido sobre a rampa, tal como o encontrado por CORAUCCI et al., (2000). Quanto à contaminação do lençol freático pelo nitrato gerado durante o processo de tratamento que ocorre nas rampas. CORAUCCI FILHO (1992), constatou que não houve elevada infiltração deste composto.

A remoção de fósforo envolve diversos mecanismos como adsorção, precipitação química, imobilização na forma de compostos orgânicos na camada de lodo biológico e remoção pela vegetação em seu metabolismo (TONETTI et al., 2009).

PAYER e WEIL (1987) observaram que uma maior frequência de corte na vegetação aumentava a remoção deste composto. Neste caso, tem-se que o fósforo passa a ser utilizado no metabolismo da planta durante seu crescimento, indicando que a remoção deste nutriente está ligada diretamente com a remoção da massa vegetal do sistema de tratamento.

Nos sistemas de escoamento superficial os principais mecanismos de remoção de microrganismos ocorrem devido à sedimentação e a filtração através do biofilme formado na vegetação e na camada superficial do solo, além da adsorção pelas partículas de solo, predação e irradiação solar (TONETTI et al., 2009).

ARAÚJO (1998), encontrou no afluente anaeróbico que era aplicado em uma rampa a média geral de 13 ovos.L<sup>-1</sup>, identificados como Nematodas e de Cestóides, os quais foram completamente eliminados no processo de tratamento. Quanto aos coliformes totais, houve uma remoção de 1 a 2 unidades logarítmicas em relação ao afluente. Todavia a qualidade bacteriológica do efluente final ainda não era satisfatória para a sua utilização na irrigação irrestrita, uma vez que foi superior ao valor máximo recomendado pela Organização Mundial de Saúde, que estabelece o máximo de 1.000 UFC.100mL<sup>-1</sup>.

Quanto ao lençol freático, PAGANINI (1997) realizou análises da água colhida do campo experimental de ARAÚJO (1998), e após 12 anos de atividades do projeto, constatou que havia a inexistência de coliformes totais e fecais nas amostras coletadas.

- Filtros de Areia

Os filtros de areia são sistemas utilizados desde há antiguidade, onde desempenhava como principal função a retirada da turbidez da água potável, a partir do século XIX começou a ser usado para tratamento de esgotos. Para Testezlaf (2008 *apud*

Dasberg e Bressler, 1985) os filtros de areia são efetivos para a retenção de materiais sólidos em suspensão, como algas, outros materiais orgânicos, areias finas e partículas de silte. Os filtros de areia são considerados sistemas de tratamento simples, eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis. Servindo de solução para tratamento de esgotos sanitários, em que a falta de tratamento acarreta sérios problemas para a sociedade em geral e meio ambiente. Tais filtros consistem na retirada de partículas sólidas em suspensão.

Para Testezlaf (2008 *apud* Vermerein e Jobling, 1985) esses filtros podem remover quantidades significativas de sólidos suspensos com diâmetros equivalentes de até 20  $\mu\text{m}$ , sendo o seu uso também recomendado para o tratamento de águas residuárias que contêm materiais orgânicos em suspensão. Esses filtros consistem basicamente em tanques ou reservatórios cilíndricos, cujo em seu interior se coloca espessa camada de areia e outros meios filtrantes, os tanques possuem fundo drenante, o fluxo de esgoto se caracteriza como sendo um fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.

Para operação dos filtros é necessário que a condição aeróbica no seu interior seja mantida, portanto, a aplicação do efluente deve ser realizada de maneira intermitente, para tal fato utiliza uma pequena bomba ou dispositivo dosador, cuja função é permitir o ingresso de ar. É necessária uma caixa de conservação do efluente para funcionamento do filtro, esta caixa será preferencialmente utilizada em duas situações, à primeira é quando o nível previsto do filtro de areia está acima do nível de tubulação de efluente do tanque e a segunda adequada onde o filtro de areia está em nível inferior à saída do tanque.

É necessário utilizar os filtros de areia de maneira alternada para atingir a remoção dos sólidos da superfície e permitir a digestão do material retido no meio filtrante. Para tal alternância é essencial a utilização de mais de um filtro de areia. Deve observar constantemente a capacidade de filtração dos filtros, acompanhando a velocidade de filtração, quando esta velocidade apresentar um retardamento o filtro deve ser trocado.

E necessários equipamentos mínimos para o funcionamento dos filtros, que são eles: o distribuidor rotativo, raspadores de lodo, elevatória para recirculação, misturador para digestor, equipamento de gás.

A limpeza e manutenção dos filtros devem ocorrer durante o período de repouso, é necessário realizar uma secagem na superfície dos filtros, após esta secagem é realizado a raspagem e remoção de todo o material depositado na superfície, para esse processo é utilizado uma pequena camada de areia. A camada removida de areia deve ser repostada imediatamente com areia limpa com características idênticas àquela removida. É importante analisar a vazão de projeto, pois, a área de filtração do filtro será determinada a partir desta vazão. A perda de carga e a pressão são fatores importantes também a serem analisados para o dimensionamento dos filtros.

Em resumo, os filtros constituem alternativas de baixo custo, principalmente no que se refere aos equipamentos e ao consumo energético. Contudo, geralmente, apresentam baixa eficiência de remoção da carga orgânica, devendo ser utilizados em serie com outros filtros ou até mesmo com outros sistemas aeróbios mais eficientes.

- Wetlands

Wetlands são áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático. Esse sistema é o tipo de Tratamento de Esgoto Sanitário por Zona de Raízes. As *wetlands*

construídas (WC) são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias (SOUSA et al., 2000 e SOUSA et al., 2003 *apud* ALMEIDA et al., 2010).

Para Cowardin (1979) citado por Santiago (2005 *apud* Almeida et al., 2010), as *wetlands* devem ter: periodicamente, predominância de macrófitas; ter como substrato dominante um solo hidromórfico não-drenado; e, ou, ter um substrato inorgânico, saturado ou encoberto pelo lençol freático por algum tempo durante a época de germinação a cada ano.

Van Kaick (2002 *apud* Schirmer et al., 2009) descreve a ETE por Zona de raízes da seguinte forma: o sistema passa pela fossa séptica e caixa de gordura, em seguida, entre as tubulações para a estação de raízes. São plantadas sobre um filtro físico as plantas que formam zona de raízes, o filtro deve ser estruturado por uma camada de brita nº 2 ou conchas, de 50 cm de profundidade. Depois desta camada, encontra-se outra camada do filtro, constituído de areia que ocupa o espaço de 40 cm de altura entre o fundo do filtro e a camada de brita. Após isso, ficam as tubulações que captam o efluente tratado, no fundo, por onde ele move-se para fora da estação.

De acordo com o fluxo proporcionado às águas residuárias, os WCs podem ser classificados como escoamento superficial e subsuperficial. O escoamento subsuperficial subdivide em fluxo vertical e fluxo horizontal (ORMONDE, 2012).

Nos wetlands de fluxo superficial, o efluente flui acima da superfície do meio filtrante, por entre os caules e as folhas da vegetação (MANNARINO, 2003, p.22 *apud* ORMONDE, 2012). Nos wetlands de fluxo subsuperficial o resíduo líquido escoar por gravidade horizontalmente ou verticalmente através do meio filtrante. Nos wetlands de fluxo horizontal subsuperficial o efluente é disposto na zona de entrada (parte inicial do leito) e percola até a zona de saída (parte final do leito) impulsionada por uma declividade de fundo definida no projeto, e nos wetlands de fluxo vertical subsuperficial o efluente é distribuído sob a superfície do módulo, inundando-o e percolando verticalmente ao longo de todo perfil vertical (ORMONDE, 2012).

Essa tecnologia se destaca por apresentar uma alta capacidade de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos, assim como de nutrientes e de organismos indicadores de contaminação (CALIJURI et al., 2009).

A remoção de matéria orgânica suspensa, sedimentável ou solúvel é, em geral, muito elevada em WC e se dá por processos físicos e biológicos, como a sedimentação, que ocorre em razão da baixa velocidade de escoamento, a filtração, pela presença de raízes e rizomas, além do crescimento de bactérias que se desenvolvem dispersas no meio líquido e aderidas ao biofilme formado, promovendo a degradação desses poluentes (USEPA, 1988 *apud* CALIJURI et al., 2009).

Com relação à remoção de coliformes fecais os autores observaram que a remoção de microrganismos nos wetlands depende de alguns fatores, são eles, temperatura, retenção nas raízes das plantas e no biofilme, adsorção à matéria orgânica, predação, competição e morte natural, efeito biocida resultante do material excretado por algumas macrófitas e radiação solar (CALIJURI et al., 2009).

Para Chernicharo (2001) citado por Naime e Garcia p. 10 (2005, *apud* NAVA e LIMA, 2012) respalda as vantagens de baixo custo, fácil operação e alta eficiência das enraizadas na remoção de sólidos suspensos, e destaca como desvantagens a

necessidade de áreas para implantação de lagoas e a necessidade de substratos não suscetíveis a entupimentos.

Apresenta as vantagens de oferecer flexibilidade quanto à escolha do local de implantação, às condições de otimização da eficiência de remoção de matéria orgânica, ao maior controle sobre as variáveis hidráulicas e à maior facilidade quanto ao manejo da vegetação (KADLEC & KNIGHT, 1996; KIVAISI, 2001; LIM *et al.*, 2001 e SOLANO *et al.*, 2004 citado por SANTIAGO, 2005). Van Kaick (2002, p.48) cita outra vantagem deste sistema que é a ausência de produção de lodo, um subproduto comum nos sistemas convencionais de tratamento de esgoto.

## CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica pode-se afirmar que o sistema de tratamento de esgoto é de suma importância para melhores qualidades da sociedade e comunidade em geral. Os sistemas de tratamento de esgotos não convencionais são indicados pelo baixo custo, materiais acessíveis e por serem de fácil instalação.

Dentre os sistemas revisados, se distinguiram por se apresentarem mais viáveis o Círculo de Bananeira e o Escoamento Superficial no Solo. O primeiro se destaca por ser eficiente e econômico, pois não tem gasto com destinação final do efluente, além da ausência de contato humano com o efluente, porém seu ponto fraco é a presença de odor. O segundo também se destaca por ser eficiente e econômico, produz uma grande quantidade de biomassa, todavia esse sistema demanda espaços e um tratamento preliminar, mas apresenta um ponto benéfico para as comunidades rurais que é a possibilidade de reuso da água que pode ser aplicada na irrigação.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido - *Campus* Caraúbas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. B.; LEITE, H. C. M.; SILVA, J.R. **Banheiro seco: uma alternativa ao saneamento em comunidades rurais e tradicionais**. Viçosa: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, 2010. (Projeto Final de Curso II).

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R.; ALÉM SOBRINHO, P.; CHERNICHARO, C. A. L.; NOUR, E. Filtros Anaeróbios. In: CAMPOS, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.139-154.

ANDRADE NETO, C. O. O uso do filtro anaeróbio para tratamento de esgoto sanitário. **Revista e Portal Meio Filtrante**, v. 19, n. 4, 2006. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=207>>. Acesso em: 17 out. 2015.

ARAÚJO, G. C. **Avaliação do pós-tratamento de efluentes de reatores UASB através de um sistema de aplicação superficial de esgotos no solo**. Belo Horizonte: UFMG, 1998. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil).

CALIJURI, M. L.; BASTOS, R. K. X.; MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIAS, E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.14, n. 3, p. 421-430, 2009.

CHERNICHARO, C. **Reatores anaeróbios**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento do esgoto doméstico no solo pelo método do escoamento superficial**. São Paulo: USP, 1992. (Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil).

CORAUCCI FILHO, B.; NOUR, E. A. A.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R.; KLÜSENER FILHO, L. C.; BROLEZE, S. T. Estudo do pós-tratamento de efluente com aplicação do método do escoamento superficial no solo: polimento de efluentes de filtros anaeróbios. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. In: CHERNICHARO, C. (Coord.). **Coletânea de trabalhos técnicos**. Belo Horizonte, 2000. v. 1.

COSTA, A. P. **Estudo de Tecnologias sociais visando o tratamento do esgoto doméstico de unidade unifamiliar - Assentamento Nova São Carlos - São Carlos/SP**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2014. (Monografia de conclusão de curso).

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

IPEMA. Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica. Disponível em <<http://www.ipemabrasil.org.br/institutoweb13.htm>>. Acesso em: 17 out. 2015.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro, 1995.

MARTINETTI, T.; SHIMBO, I.; TEIXEIRA, B. Análise de alternativas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Anais do IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/acervos/resumo/codigoAutor/28031/codigo\\_biblio/51022/cod/1](http://www.infohab.org.br/acervos/resumo/codigoAutor/28031/codigo_biblio/51022/cod/1)>. Acesso em: 29 maio 2008.

NAVA, L.; LIMA, C. Avaliação da eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes (Etezt) instalada no Horto Florestal de Caçador-SC. **Ignis**, Caçador, v. 1, n. 1, 2012.

ORMONDE, V. S. S. **Avaliação de 'Wetlands' Construídos no pós-tratamento de efluente de Lagoa de Maturação**. Cuiabá: UFMT, 2012. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental).

OVERCASH, M. R. Implications of Overland flow for municipal waste management. **Journal WPCF**, v. 50, n. 10, p. 2337-2347, 1978.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgoto no solo, através de escoamento à superfície, com utilização de gramíneas**: avaliação do processo quanto aos aspectos sanitários, operacionais, construtivos e de manutenção. São Paulo: USP, 1997. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil).

PAYER, F. S.; WEIL, R. R. Phosphorus renovation of wastewater by overland flow land application. **Journal of Environmental Quality**, v. 16, n. 4, p. 391-397, 1987.

SABEI, T. R.; BASSETTI, F. J. Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais. Anais do IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 487-503, 2013.

SANTIAGO, A. F.; CALIJURI, M. L.; LUÍS, P. G. Potencial para a utilização de sistemas de Wetlands no tratamento de águas residuárias: uma contribuição à sustentabilidade dos recursos hídricos no Brasil. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 29-39, 2005. Disponível em: <[http://www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_potencial\\_brasil\\_774793278.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_potencial_brasil_774793278.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2015.

SILVEIRA, A. L. R. C.; LIMA, F. K. G. M.; PEREIRA, K.V.V. **A sustentabilidade ambiental aplica em ecovilas no município de Teresina**. São Paulo: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo (NUTAU), Universidade Estadual de São Paulo, 2002.

SMITH, R. G.; SCHROEDER, E. D. Field studies of the overland flow process for the treatment of raw and primary treated municipal wastewater. **Journal WPCF**, v. 57, n. 7, p. 785-794, 1985.

TESTEZLAF, R. Filtros de areia aplicados à irrigação localizada: teoria e prática. **Jaboticabal**, Campinas, v. 3, n. 28, p.604-613, 2008.

TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHO, B.; BERTONCINI, E. I.; OLIVEIRA, R. A.; STEFANUTTI, R. Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando à utilização em áreas rurais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 227-234, 2010.

TONETTI, A. L.; CERQUEIRA, R. S.; CORAUCCI FILHO, B.; SPERLING, M. V.; FIGUEIREDO, R. F. Tratamento de esgoto de pequenas comunidades pelo método de escoamento superficial no solo. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 13, p. 69-79, 2009.

SCHIRMER, W. N.; MACHADO, G. O.; STUMPF, G.; LEMES, J. L. V. B.; AGASSI, J. D.; KAICK, T. V. Tratamento de esgoto por zona de raízes em comunidade rural - Parte 2: avaliação. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 165-173, 2009.

TRATAMENTO Preliminar. Fossa e Filtro Anaeróbio. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Tratamento-Agua-Fossa-Filtro.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.