

TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DO VASO SANITÁRIO DOMICILIAR

1- INTRODUÇÃO

O déficit das ações de saneamento ambiental no meio rural brasileiro ainda é elevado. Muitas políticas públicas e o modelo institucional da área de saneamento ambiental não contemplam a população residente no meio rural de forma satisfatória. Desta forma este trabalho busca analisar, por meio de referências bibliográficas, o uso da fossa ecológica (TEvap – Tanque de Evapotranspiração), como alternativa de tratamento de esgotos domésticos em localidades dispersas no meio rural. Procuramos ressaltar a viabilidade técnica e financeira desta alternativa tecnológica, bem como a facilidade operacional do sistema. Também buscamos evidenciar os efeitos prováveis decorrentes de um sistema de esgotamento sanitário, geralmente positivos, por constituir um serviço que assegure melhoria na qualidade de vida e bem-estar da população. As informações levantadas são para atendimento de comunidades rurais de Minas Gerais, assistidas pela EMATER-MG. Como estamos tratando de comunidades dispersas, esta situação, na maioria das vezes, inviabiliza financeiramente a construção de um sistema coletivo de tratamento e recolhimento dos esgotos domésticos. Tal situação faz da alternativa individual e estática uma opção com viabilidade técnica e financeira.

O que apresentaremos neste documento é o sistema de tanque de evapotranspiração, também conhecido como TEVAP. Considerando a distância geralmente existente entre as moradias, esta é uma solução individual para o tratamento e disposição final somente dos efluentes do vaso sanitário. Trata-se de uma solução funcionalmente simples, pois não faz o uso de processos mecanizados, e as estruturas são de fácil construção e operação, além de apresentam baixos custos para elaboração e implantação do projeto.

Para Moitta e Cynamon , citado por Kligerman (1995) , “É importante que se saiba que uma tecnologia não é apropriada por si mesma, mas pela sua aplicação e uso, e se chama tecnologia apropriada quando é tecnicamente correta, culturalmente aceitável e economicamente viável. É uma tecnologia baseada em conhecimentos e experiência técnica, visando trabalhar com a iniciativa local e os materiais que mais facilmente se obtenham, sempre em busca de aperfeiçoamento para melhor atender às comunidades e ao objetivo específico, que no caso é a promoção da saúde. A tecnologia apropriada pressupõe escolha das técnicas que melhor se adaptem e tenham melhor eficiência e eficácia na busca de objetivos. Nem sempre a tecnologia apropriada é a de mais baixo

custo; há um limite para o "barato", que é a possibilidade de alcançar o objetivo".

2 – DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA TEVAP

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes do efluente proveniente do vaso sanitário. Este sistema foi criado pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, com nome de "Watson Wick" e adaptado por vários permacultores brasileiros. É um sistema fechado, ou seja, estanque, e não há saída de água, seja para filtros ou sumidouros. Nele ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água, pelas raízes dos vegetais. Os nutrientes deixam o sistema incorporando-se a biomassa das plantas e a água é eliminada por evapotranspiração. Não há deflúvio. E dessa forma, não há como poluir o solo ou o risco de algum microrganismo patógeno sair do sistema.

Um pré-requisito para o uso do TEvap é a separação da água servida na casa. Apenas aquele efluente advindo dos sanitários deve ir para o Tanque. As demais, provenientes de pias e chuveiros, devem ir para outro sistema de tratamento, conforme recomendação da ABNT.

A introdução do conceito de separação na fonte da gestão dos esgotos municipais permite o adequado tratamento de diferentes tipos de efluentes de acordo com suas características. Esta é a chave de soluções técnicas para o reuso eficiente da água, energia e fertilizantes. A baixa diluição do efluente e separação na fonte é necessária para a obtenção de sistemas econômicos, assim como já feito em tratamento de esgotos industriais (OTTERPOHL, 2002).

Entre as vantagens de utilização de sistemas com plantas para tratamento de esgoto está a possibilidade de alta eficiência no tratamento, baixo custo, inclusive o custo de manutenção, que é mínimo, baixo consumo de energia, tolerância à variabilidade de carga, harmonia paisagística, a não utilização de produtos químicos, aplicação para polimento de efluentes de outros sistemas de tratamento e aplicação comunitária.

Há alguns estudos já feitos também no Brasil, os quais comprovam a eficácia da técnica do Tanque de Evapotranspiração. Adriana Farina Galbiati defendeu a dissertação de mestrado sobre "*Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração*", 2009. A pesquisa elaborada pela estudante testou cinco tanques construídos no Distrito Federal, cuja tabela a seguir mostra as seguintes características de cada sistema:

Tabela 1: Sistemas de TEvap

Principais características de alguns sistemas de TEvap instalados no Distrito Federal					
Identificação	1. Canário Verde	2. Junior e Maria	3. Sérgio Pamplona	4. Isabel e Alan	5. Sítio Geranium
Área x prof. (m)	12,5 x 1,0	9,0 x 1,0	16,0 x 1,0	4,0 x 1,0	17,5 x 2,0
Número de Usuários	3	4	Eventual	2	Uso Sazonal
Plantas	Bananeiras e taiobas	Bananeiras	Bananeiras e taiobas	Bananeiras	Diversas
Impermeabilização e material da câmara	Ferro-cimento e câmara de pneus	Ferro-cimento e manilhas perfuradas	Ferro-cimento e câmara de pneus	Sem impermeab. e câmara de pneus	Lona plástica e câmara de pneus.

Fonte: Galbiati, 2009.

Conforme a dissertação de Galbiati, todos eles foram preenchidos com entulho de obras, brita, areia e solo, em camadas, variando a profundidade e o material de impermeabilização e da câmara de fermentação. Abaixo um desenho esquemático de um TEvap.

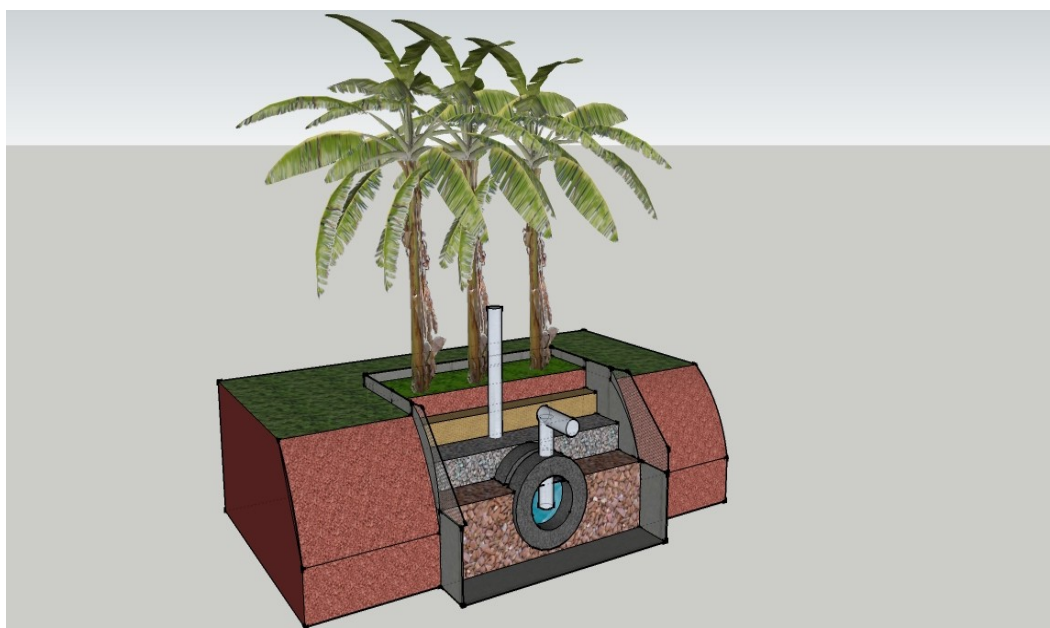


Ilustração 1: Corte transversal de um sistema TEvap

3 - ETAPAS DO TRATAMENTO

1. Fermentação

O efluente é decomposto pelo processo de fermentação (digestão anaeróbia) realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus (neste caso) e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

2. Segurança

Os microrganismos patogênicos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado visto que o Tanque é fechado, sem saídas. Ele necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia sendo, portanto, construído com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos, com auxílio e acompanhamento de um engenheiro ou técnico responsável, para garantir que seja uma unidade estanque.

3. Capilaridade

Como a água está presa no Tanque, ela se move por meio de capilaridade de baixo para cima e, com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas.

4. Evapotranspiração

É a partir desse processo que é possível o tratamento final da água, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas, como caetés, copo-de-leite, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia não encha.

Os principais processos físicos, químicos e biológicos envolvidos no funcionamento do TEvap são precipitação e sedimentação de sólidos, degradação microbiana anaeróbia, decomposição aeróbia, movimentação da água por capilaridade e absorção de água e nutrientes pelas plantas.

❖ Avaliação do dimensionamento do sistema (GALBIATI, Adriana. 2009)

Considerando que, em média, cada pessoa utilize o vaso sanitário cerca de 4 (quatro) vezes por dia e o volume de cada descarga varie entre 7 l e 20 l, dependendo do tipo de equipamento, pode-se estimar que o consumo de água médio por pessoa, relativo

ao uso do vaso sanitário, varie entre 28 ℓ e 80 ℓ.d-1. Adotando-se como base para o cálculo uma caixa de descarga com capacidade para 8 ℓ, estima-se um consumo *per capita* de 32 ℓ.d-1. Pode-se então propor a seguinte equação para o cálculo de dimensionamento do sistema:

Eq. (9)

$$A = \frac{n \cdot Q_d}{ET_0 \cdot k_{tevap} - P \cdot k_i}$$

Onde:

A = área superficial do tanque, em m²;

n = número médio de usuários do sistema;

Q_d = vazão diária por pessoa, em ℓ.d-1, de acordo com o tipo de descarga e o número de utilizações por pessoa;

k_{tevap} = coeficiente do tanque, adotado como 2,71, para as condições da realização da pesquisa (Galbiati, 2009);

ET_0 = evapotranspiração de referência média do local, em mm.d-1;

P = pluviosidade média do local, em mm.d-1;

k_i = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

O valor de $k_{tevap} = 2,71$ foi adotado para as condições da realização da pesquisa (Galbiati, 2009). Esse coeficiente pode variar de acordo com fatores como condições de insolação sobre o tanque e incidência de ventos.

Tabela 2: Construção do TEvap

Determinação da área necessária para a construção do TEvap, a partir da equação de dimensionamento Eq.(9)				
Entrada		A (m ²)		
n	consumo (ℓ.d ⁻¹)	ki = 1	ki = 0,5	ki = 0,2
2	64	8,1	6,5	5,8
3	96	12,1	9,7	8,7
4	128	16,1	13,0	11,6
5	160	20,1	16,2	14,5
6	192	24,2	19,4	17,4

❖ Análises qualitativas (GALBIATI, Adriana. 2009)

Os resultados das análises físico-químicas do efluente do tanque foram comparados com os resultados obtidos por Rebouças et al. (2007) para amostras de água negra bruta, cada uma composta por 6 l de água, papel higiênico, fezes e 250 ml de urina. Esses resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados das análises físico-químicas do efluente do interior e da saída do TEvap, comparados com dados encontrados na bibliografia

Parâmetro	Unidade	Interior do tanque		Saída		Rebouças et al (2007)
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
pH		7,84 (9)*	0,28	7,81 (10)	0,14	7,84
Condutividade	(mS/cm)	2,22 (9)	0,53	2,45 (10)	0,52	
Turbidez	NTU	481,04 (9)	291,35	88,01 (10)	44,22	
Coliformes totais	NMP /100 m l	$1,65 \times 10^7$ (3)	$1,47 \times 10^7$	$3,24 \times 10^7$ (5)	$6,91 \times 10^7$	$1,5 \times 10^9$
<i>E. coli</i>	NMP / 100 m l	$5,15 \times 10^6$ (3)	$4,72 \times 10^6$	$3,71 \times 10^6$ (6)	$5,27 \times 10^6$	
DQO	mg/ l	723,46 (9)	363,41	406,05	257,85	6619
PO ₄ ⁻³	mg/ l	54,46 (5)	20,27	43,18(6)	30,68	
NH ₃	mg/ l	326,85 (5)	81,04	46,21 (5)	96,74	
NO ₂ ⁻	mg/ l	0,03 (5)	0,02	0,44 (5)	0,66	
NO ₃ ⁻	mg/ l	0,17 (5)	0,04	0,17 (5)	0,08	
NTK	mg/ l	335,40 (5)	89,30	227,01 (5)	145,44	365
OD	mgO ₂ /l	0,00 (1)	0,00	0,00 (1)	0,00	
DBO	mgO ₂ /l	360,88 (5)	237,37	72,74 (5)	24,92	1893
ST	mg/ l	1137,58 (6)	249,34	746,75(6)	205,04	
SST	mg/ l	385,69 (9)	200,01	37,74 (9)	11,50	2365
Cloreto	mg/ l	141,38 (4)	83,31	154,01 (4)	88,86	
Alcalinidade	mg/ l	816,04 (5)	341,11	1061,56 (5)	251,10	
* (n° de amostras)		NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez				
		NMP = Número Mais Provável				

Fonte: Galbiati, 2009.

A passagem do efluente pelas camadas de areia e solo permite uma boa remoção da turbidez e dos sólidos totais, isso pode ocorrer também por apresentar fluxo ascendente. Neste contexto pode-se afirmar o mesmo em relação aos níveis de DBO e DQO.

De acordo com análises feitas em 2008, expostas no estudo de Galbiati, as análises parasitológicas realizadas em junho do mesmo ano, apontaram a presença de parasitos intestinais nas amostras de fezes dos membros da família usuária do sistema, como *Endolimax nana*, *Entamoeba coli*. Em amostra do efluente de saída do tanque também foram encontrados alguns tipos de parasitos, bem como em amostra da fase líquida do interior do tanque e em amostra de lodo do fundo do tanque. Em amostra de solo retirada de local distante cerca de 3 metros do tanque, foi detectada a presença de *Strongyloides stercoralis*. Apesar disso, em quatro amostras de solo retiradas de dentro do tanque, à profundidades de até 10 cm, não foi detectada a presença de nenhum tipo de parasito.

❖ Observação importante:

Para evitar extravasamentos, a parte superior do tanque deve ser abaulada, mais alta no centro, sendo acima do nível da borda, isso permite com que a água da chuva, se houver, possa escoar superficialmente, após a saturação da camada superficial do tanque. O tubo ladrão a ser instalado, deve ser posicionado a 10 cm abaixo da superfície do solo do tanque, para uma melhor eficácia no monitoramento do sistema.

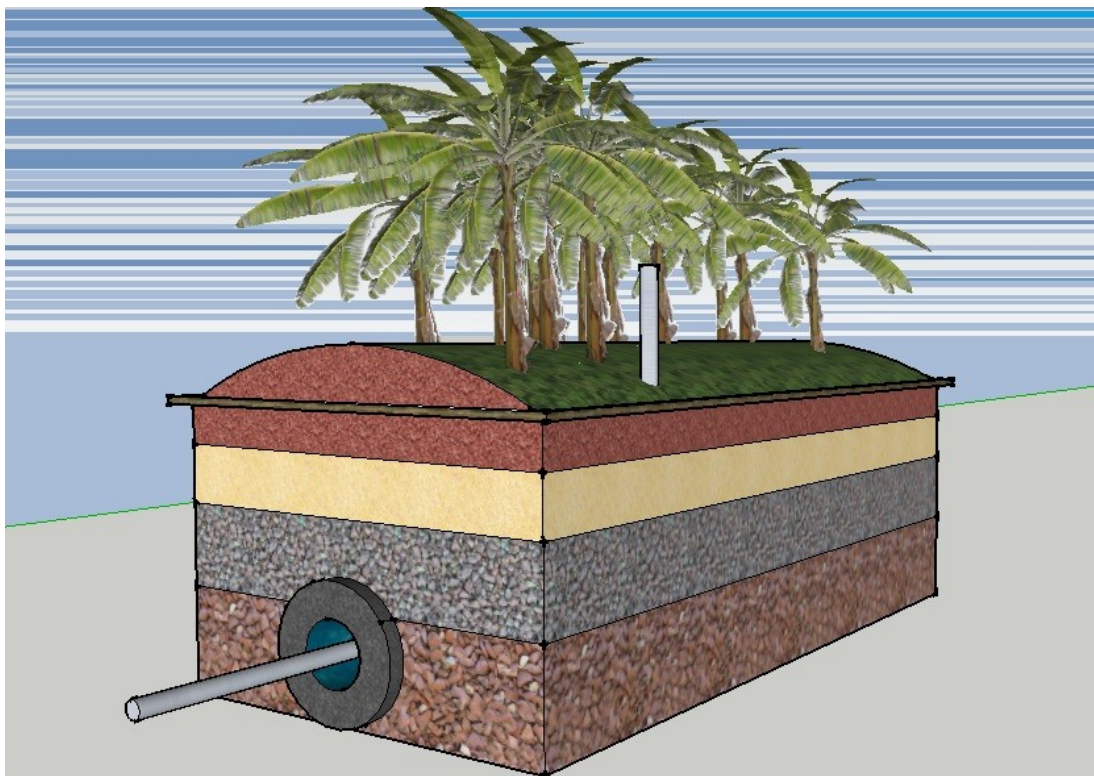


Tabela 3: Estrutura física e camadas do Tanque de Evapotranspiração

De acordo com depoimento dos usuários do estudo feito por Galbiati, apenas dois sistemas apresentaram extravasamento por ocasião de chuvas com formação de enxurradas. Isso ocorreu pela ausência de barreiras ao redor do TEvap, detalhe facilmente corrigível; e ainda foi observado que, mesmo em casos de subdimensionamento do sistema, o volume de efluentes extravasados do tanque é pequeno, se comparado ao volume que seria infiltrado no solo no uso de um sistema de fossa séptica e sumidouro. O que torna o sistema de extrema importância, já que os riscos de extravasamentos são mínimos, e quando os há, o volume é muito baixo.

A eficácia do tanque é comprovada a partir do momento em que o efluente analisado no solo está isento de patogenicidades e ainda que o extravasamento do mesmo é quase inexistente. Ambas as características puderam ser observadas e constatadas com o estudo já feito, mostrando a viabilidade do sistema. Portanto é recomendável a implantação do tanque de evapotranspiração em residências rurais de forma a reduzir o impacto ambiental causado pelo lançamento de esgotos em córregos e rios.

❖ Construindo um TEvap

A - Orientação em relação ao sol

Como a evapotranspiração depende em grande parte da incidência do sol, o Tanque deve ser orientado para o norte (no hemisfério sul) e sem obstáculos, como árvores altas próximas ao tanque, tanto para não fazer sombra, como para permitir ventilação.

B - Dimensionamento

Pela prática, observa-se que 2 m³ de tanque para cada morador é o suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos. A forma de dimensionamento da bacia, como já mencionado, é largura de 2 m e profundidade de 1 m. O comprimento, então, é igual ao número de moradores da casa.

C - Tanque

Pode-se construir o tanque de diversas maneiras, mas visando a economia o método mais indicado de construção das paredes e do fundo é o ferro-cimento. Isso

permite que as paredes fiquem mais leves, levando menor quantidade de material. O ferro-cimento é uma técnica de construção com grade de ferro e tela de “viveiro” - diâmetro de 15 mm - coberta com argamassa. A argamassa da parede deve ser de duas (2) partes de areia (lavada média) por uma (1) parte de cimento e a argamassa do piso deve ser de três (3) partes de areia (lavada) por uma (1) parte de cimento, com espessura de 2 cm . Pode-se usar uma camada de concreto sob (embaixo) o piso, caso o solo não seja muito firme.

D - Câmara anaeróbia

Depois de pronto o tanque e assegurada a sua impermeabilidade vem a construção da câmara fazendo o uso de pneus usados e entulho de obra. A câmara é composta do duto de pneus e de tijolos inteiros alinhados ou cacos de tijolos, telhas e pedras, colocados até a altura dos pneus. Isto cria um ambiente com espaço livre para a água e beneficia a proliferação de bactérias que quebrarão os sólidos em moléculas de nutrientes.

E - Tubo de inspeção e camadas porosas de materiais

Deve-se afixar o tubo de inspeção (100 mm de diâmetro), penetrando a câmara de pneus. São colocadas também as camadas de brita (10 cm), areia (10 cm) e solo (35 cm) até o limite superior do tanque. Procura-se utilizar um solo rico em matéria orgânica e de aspecto mais arenoso que argiloso.

F - Proteção e tubo de extravasamento

Como o tanque não tem tampa, para evitar o alagamento pela chuva, a superfície do solo do tanque deve ser abaulada, mais alta no centro, acima do nível da borda, coberto com palhas; todas as folhas que caem das plantas e as aparas de gramas e podas são colocadas sobre o tanque para formar um colchão por onde a água da chuva escorre para fora do sistema.

Para evitar o escoamento superficial da água da chuva para dentro do sistema, é aberta uma vala ao redor do tanque, com 25 cm de largura e 15 cm de profundidade ou é colocada uma borda (cerca de 10 cm de altura) de tijolos ou blocos de concreto ao redor do TEvap para que esta fique mais alta que o nível do terreno; impedindo que a água proveniente do terreno escorra para o interior do tanque.

O tubo ladrão deve ser posicionado 10 cm abaixo da superfície do solo do tanque.

G - Plantio

Algumas espécies recomendadas para introdução no TEvap são: ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia spp.*) e junco (*Zizanopsis bonariensis*) (Venturi, 2004; Mandai, 2006).

H – Disposição de deflúvio

O tubo de drenagem, de 50 mm de diâmetro, será conectada a um canteiro de infiltração e de evapotranspiração **ou** a uma vala de infiltração (**conforme NBR 13969/1997**) para disposição final do efluente extravasado.

LEMBRETES:

1 - O tanque de evapotranspiração deve ser construído em ferro-cimento, sobre uma trincheira feita no solo, com fundo nivelado, nas dimensões de 1m de profundidade, 2m de largura e comprimento variável - 1 m por pessoa - (2 m³ por pessoa)

2 - Deve-se chapiscar a parte interna do tanque, logo após deve ser colocada uma tela ao longo da cava e fazer o reboco (2cm) sobre a mesma. Uma câmara formada pelo alinhamento de pneus usados é posicionada longitudinalmente ao fundo do tanque, sem nenhum tipo de rejunte.

3 - A tubulação de entrada de esgoto é posicionada para dentro dessa câmara. Ao redor da mesma, será colocada uma camada de aproximadamente 45 cm de entulho cerâmico, cobrindo todo o fundo do tanque. Acima, devem ser colocadas camadas com as seguintes espessuras: 10 cm de brita, 10 cm de areia e 35 cm de solo.

4 - Na saída do tanque será colocado um tubo de drenagem de 50 mm de diâmetro, 10 cm abaixo da superfície do solo, para o caso de extravasamentos do tanque.

5 - Deverá ser instalado um piezômetro (tubo de visita), feito com tubo de PVC de 100 mm de diâmetro, com acesso ao túnel de pneus.

6 - Uma vala será aberta, ao redor do tanque, com 25 cm de largura e 15 cm de profundidade **ou** a borda do tanque será estendida a cerca de 10 cm acima da superfície do solo.

7 - Na superfície, deverão ser plantadas ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia spp.*), junco (*Zizanopsis bonariensis*) e beri

(diversas espécies do gênero *Canna*).

8 - O tubo de drenagem, de 50 mm de diâmetro, será conectada a um canteiro de infiltração e de evapotranspiração **ou** a uma vala de infiltração (**conforme NBR 13969/1997**) para disposição final do efluente extravasado.