

## II-065 - A EMISSÃO SUPERFICIAL ZERO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM CONDOMÍNIOS LITORÂNEOS

### Gino Roberto Gehling

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pelotas. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya – Espanha.

**Endereço:** Av. Bento Gonçalves 9.500, Porto Alegre – RS, Brasil. CEP 91.501-970, CP 15029. Tel: +55 (51) 3308-7517. e-mail: [ggehling@iph.ufrgs.br](mailto:ggehling@iph.ufrgs.br)

### RESUMO

A crescente disseminação de novos empreendimentos imobiliários litorâneos, na forma de grandes condomínios horizontais, é uma realidade cujo licenciamento ambiental vem sendo disciplinado de forma cada vez mais racional. Visando este objetivo, é desejável a imposição de critérios inovadores por parte dos órgãos ambientais, visando a que as novas construções atendam a uma desejável separação de águas negras e águas cinzas. A adoção desta prática, aplicável em regiões em que não se faça o aproveitamento de águas do freático para fins de abastecimento, facilitará a desejável emissão zero de efluentes sanitários tratados para corpos hídricos superficiais. Com a separação das águas negras e cinzas, o reuso das últimas na própria unidade autônoma seria voluntário, a critério de cada proprietário, para fins de irrigação de jardins e lavagem de calçadas e automóveis. Os proprietários que optarem pelo reuso, investiriam em um sistema de tratamento, buscando atender padrões de qualidade normalizados para este fim específico. A infiltração das águas cinzas nos limites da propriedade que as gere ocorreria de forma automática, sempre que as mesmas não estiverem sendo reusadas. As águas negras seriam direcionadas ao sistema de tratamento de esgotos condominial, buscando a emissão zero, que já consta como exigência nas LP (Licenças Prévia) expedidas por alguns órgãos ambientais, como é o caso da FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler no Rio Grande do Sul (RS).

**PALAVRAS-CHAVE:** Esgotos sanitários, esgotos condominiais, águas cinzas, emissão zero, reuso.

### INTRODUÇÃO

O principal enfoque do presente trabalho se concentrará nas vantagens que advirão aos empreendedores, aos proprietários, e à concessionária do sistema de coleta e tratamento de esgotos, sempre que for adotada a separação de águas cinzas e negras em condomínios horizontais. Busca-se neste trabalho quantificar o custo adicional inerente à separação das águas residuais em duas linhas: águas negras e cinzas. Este custo seria arcado pelos investidores ou pelos proprietários: pelos primeiros, caso as residências sejam construídas para posterior comercialização, ou pelos proprietários, caso se comercializem os terrenos. São referidas às facilidades decorrentes da separação, que afetarão as ETE (Estações de Tratamento de Esgotos) condominiais. As mesmas poderão ser implantadas com um investimento inicial menor, e operarão com custo operacional reduzido, posto que a vazão afluente às ETE sofrerá redução significativa. Por esta razão, as áreas de infiltração no solo também serão reduzidas em percentual estimado neste trabalho. Também é avaliada a economia na conta de água que beneficiaria aos proprietários que, de forma voluntária, adotarem o reuso das águas cinzas em suas propriedades.

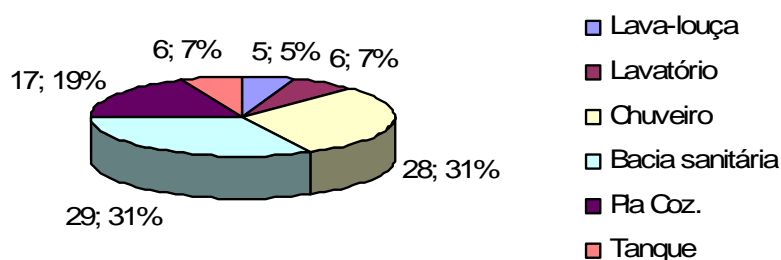
### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre pesquisas já realizadas sobre infiltração de esgotos em solos arenosos podem ser referidas as de Gehling (1985) e Braga (1998). As mesmas são relativas a esgotos sanitários coletados de forma tradicional. Entretanto a separação, o tratamento e o reuso de águas cinzas nas edificações é um tema relativamente novo, que progressivamente vem sendo estudado mais a fundo. Cabe destacar aqui ao recente trabalho de Rapoport (2004), que considerou o reuso de águas cinzas de chuveiros e pias de banheiros em descargas sanitárias. No referido trabalho é enfatizado o fato de que para implantar um sistema de reuso das águas cinzas é necessário um sistema independente de distribuição de água, bem como um tratamento adequado. Há um consenso de que

o tratamento a ser dispensado às águas cinzas, para uso em descarga sanitária, confira ao efluente tratado o padrão exigível para a balneabilidade. Neste tratamento a desinfecção é um dos aspectos de maior relevância.

Como referência para estimar as vazões relativas dos pontos de consumo em relação ao consumo total de água, apresenta-se a Figura 1. Como a mesma é uma proposta para unidades habitacionais sem máquina lava-roupas, admitir-se-á que quando este ponto de consumo exista, será de 7% o consumo conjunto do tanque mais a máquina lava-roupas. Com base nos consumos relativos, sempre que se proceda à separação das águas cinzas do lavatório (6%) e do chuveiro (28%), ter-se-á uma vazão de águas cinzas equivalente a 34% do consumo total de água potável. Isto significa que com a separação proposta de águas cinzas, cerca de uma terça parte das águas residuárias deixará de ser direcionada ao sistema de tratamento e infiltração condominial, posto que será direcionada para reuso ou infiltrada no próprio domicílio gerador. Abdicar-se-á de incluir nas águas cinzas as parcelas da máquina de lavar louça, máquina lava-roupas, tanque e pia da cozinha. Isto para evitar dois prováveis problemas:

- uma falta de manutenção à caixa de gordura pode colmatar os sistemas de infiltração particulares, a serem implantados em nível residencial;
- a infiltração difusa de águas com elevados teores de fósforo pode eutrofizar lagos condominiais; o direcionamento à uma ETE central permitirá a adoção de tratamento terciário. Em 2007 alguns condomínios do litoral norte do RS reuniram-se para desenvolver estudos com acompanhamento da FEPAM, sobre tratamento em ETE comum, admitindo a possibilidade de tratamento terciário seguido de sistema de infiltração rápida no solo.



**Figura 1: Consumo relativo da água no ambiente residencial.**  
Fonte: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, 2002.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Considera-se neste estudo o caso de um condomínio horizontal fechado, com 300 residências de padrão médio de 300m<sup>2</sup> de área construída, com média de seis pessoas por casa, resultando em uma população total de 1.800 pessoas. O custo das casas residenciais unifamiliares é estimado com base no CUB-RS em janeiro de 2008. O custo unitário adotado para a água é o vigente da CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento). Propõe-se a separação das águas cinzas de chuveiros e lavatórios para infiltração (com reuso opcional) em nível domiciliar, com estimativa de custos associados à separação. Com base nas vazões reduzidas que serão direcionadas à rede de esgoto condominial e posteriormente à ETE, se fará referência às vantagens para implantação da rede de esgotos, para o recalque e tratamento da vazão reduzida, e para a implantação de área de infiltração menor para o efluente da ETE. A referida redução de área disponibilizará a implantação de alguns lotes em área que seria destinada ao sistema de infiltração de efluentes no solo. Será estimado o benefício da separação de águas cinzas em um reaproveitamento voluntário das mesmas, para fins não potáveis, como irrigação de jardins e lavagem de carros e pátios. Ainda que o reaproveitamento seja voluntário, o reservatório para futuro reuso deve ser de implantação compulsória, com extravasão do mesmo para um sistema de infiltração domiciliar. O reservatório a montante do sistema de infiltração permitirá a decantação de sólidos e a retenção de gorduras, preservando condições ideais para o sumidouro. Para tanto adotar-se-á sifão na saída do reservatório para o sumidouro, com submersão de 10cm em relação ao nível mínimo operacional quando houver bombeamento para reuso.

## AVALIAÇÃO DAS VAZÕES E VOLUMES DIÁRIOS

O consumo diário de água potável no condomínio será, sem adoção de reuso:

**Vazão média diária de água, sem reuso =  $1.800p \cdot (200L/p \cdot \text{dia}) = 360.000 \text{ L/dia} = 4,17 \text{ L/s}$  (ou,  $1.200 \text{ L/dia.casa}$ )**

Para a hipótese de adoção de esgotamento tradicional, com um coeficiente de retorno de 0,8, tem-se a seguinte vazão diária a ser direcionada para ETE condominial ou para ETE comum de diversos condomínios:

**Vazão média diária de esgotos sem separação =  $0,8 \cdot (200L/p \cdot \text{dia}) \cdot 1.800p = 288.000 \text{ L/dia} = 3,333 \text{ L/s}$**

Admitindo-se coeficientes de dia e hora de maior consumo de, respectivamente, 1,2 e 1,5, a vazão máxima sem separação, que afetará o dimensionamento da rede coletora, das elevatórias e das unidades da ETE, será:

**Vazão máxima diária de esgotos, sem separação =  $1,2 \cdot 1,5 \cdot 3,333 \text{ L/s} = 6,0 \text{ L/s}$**

Adotando-se a separação de águas cinzas apenas para os chuveiros e lavatórios, a vazão diária a ser reusada ou direcionada para sistemas de infiltração de águas cinzas domiciliares será:

**Vol. de águas cinzas de lavatórios e chuveiros =  $0,34 \cdot (360.000 \text{ L/dia}) = 122.400 \text{ L/dia} = 1,42 \text{ L/s}$  (ou,  $408 \text{ L/dia.casa}$ )**

Finalmente, em caso da adoção da separação de águas cinzas dos pontos já referidos, a vazão média diária de esgotos encaminhada para uma ETE condominial ou intercondomínial, correspondente a águas cinzas de lavaloças, pias de cozinha, tanques, torneiras de jardim, e águas negras de bacias sanitárias. Considerando que o percentual de 20% de consumo de água que não gera esgotos esteja associada a estes pontos de consumo, esta vazão será:

**Vazão média diária de águas direcionadas à ETE =  $(360.000 - 122.400 - 0,2 \cdot 360.000) \text{ L/dia}$   
 $= 165.600 \text{ L/dia} = 1,91 \text{ L/s}$**

A vazão máxima com a separação proposta, que afetará o dimensionamento da rede coletora, das elevatórias e das unidades da ETE, será:

**Vazão máxima diária de esgotos, com separação =  $1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,91 \text{ L/s} = 3,44 \text{ L/s}$**

Atente-se para o fato que a vazão máxima de 3,44 L/s, a considerar para dimensionar a rede coletora com separação, é apenas 57,3% do valor máximo a adotar sem separação, que é de 6,0 L/s. Ou seja, a separação reduzirá a referida vazão máxima em 42,7%.

## AVALIAÇÃO DE CUSTOS

• **Custo da água** – O custo da água considerado foi o vigente para os balneários do RS, abastecidos pela CORSAN. A tarifa básica vigente desde julho de 2007, para imóveis com mais de 60 m<sup>2</sup> é de R\$ 2,74/m<sup>3</sup>, sendo este custo afetado por um expoente função do consumo mensal. Para uma média de 6 pessoas por casa, com consumo *per capita* de 200L/dia, ter-se-á um consumo mensal de 36 m<sup>3</sup>. O mesmo leva a que a tarifa básica de R\$ 2,74/m<sup>3</sup> seja afetada pelo expoente 1,10. Assim o custo unitário da água será de R\$ 3,03/m<sup>3</sup>. Assim, ter-se-ão os seguintes valores para as contas de água:

- conta de água sem reaproveitamento =  $1,2 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 30 \text{ dias/mês} \cdot \text{R\$ } 3,03/\text{m}^3 = \text{R\$ } 109,08/\text{mês}$
- conta de água com reaproveitamento =  $(1,2 - 0,408) \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 30 \text{ dias/mês} \cdot \text{R\$ } 3,03/\text{m}^3 = \text{R\$ } 71,99/\text{mês}$

• **Custo de construção médio de residências** – a residência tipo proposta com 300 m<sup>2</sup>, com base no valor do CUB-RS unitário de janeiro de 2008 para padrão médio, que é de R\$ 848,92/m<sup>2</sup>, terá um preço de custo de R\$ 254.676,00.

• **Custo do sistema domiciliar de separação, armazenamento e infiltração de águas cinzas** – a segunda caixa sifonada a ser colocada em cada banheiro, com a função de unificar as contribuições do lavatório e do chuveiro, deve ser dotada de filtro na saída, que deverá ser periodicamente limpo. Modelos com este acessório

já estão disponíveis no mercado nacional. A Tabela 1 apresenta estimativa do custo de materiais e mão de obra necessários para adoção da separação proposta para as águas cinzas. Cabe destacar que é considerada a instalação de um reservatório de 1.000L a montante do sumidouro, para otimizar a conservação da superfície de infiltração. Caso um proprietário opte pelo tratamento e reuso de águas cinzas, será feita reforma do sistema, e o reservatório de 1.000L passará a reservar o efluente tratado. Para dimensionar o sumidouro é suposto um terreno predominantemente arenoso com CI (coeficiente de infiltração) de 60 L/m<sup>2</sup>.dia. A área de infiltração a ser proporcionada pelo sumidouro residencial será o quociente entre a vazão diária a infiltrar, que é de 408 L, e o CI, resultando em uma área calculada de 6,8 m<sup>2</sup>. Apesar de a NBR-7229 recomendar pelo menos dois sumidouros em paralelo, propõe-se um único sumidouro com 1,2 de largura, 0,60 m de profundidade útil (1,00m de profundidade escavada) e um comprimento unitário de 4,00 metros. Estas dimensões resultam em uma área de infiltração de 11,04 m<sup>2</sup>, que supera com folga os 6,8 m<sup>2</sup> calculados. Julga-se pertinente a adoção de apenas um sumidouro superdimensionado, que operará ainda com menor subcarga sempre que seja implantado o desejável sistema de tratamento de águas cinzas para reuso. O custo da separação das águas de chuveiros e lavatórios para simples infiltração em sumidouro (sem reuso), explicitado na Tabela 1, é de R\$ 1.507,70 por residência.

**Tabela 1: Custos associados à separação das águas cinzas na residência padrão, com três banheiros.**

Item	Quantitativos	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Tubo PVC 40 esgoto primário	24 m	2,40/m	57,60
Tubo PVC 50 esgoto primário	12 m	3,20/m	38,40
Caixa sifonada 150x150x50	3 un.	11,50/un.	34,50
Prolongamentos CS 150x150x50	3 un.	2,40/un.	7,20
Grelhas para caixa sifonada	3 un.	1,70/un.	5,10
Adaptador p/ cx. d'água 50mm	1 un.	16,00/un.	16,00
Conexões 40/50 (joelhos, curvas, luvas)	15 un.	3,80/un.	57,00
Adesivo PVC bisnaga 75g	3 un.	2,00/un.	6,00
Solução limpadora 200cc	1 un.	5,20/un.	5,20
Reservatório 1000L PEAD	1 un.	200,00/un.	200,00
Registro de esfera DN 50	1 un.	25,00/un.	25,00
Caixa de inspeção alvenaria	2 un.	25,00/un.	50,00
Escavação (h=1,00m) manual sumidouro	4,8m <sup>3</sup>	14,00/m <sup>3</sup>	67,20
Paredes tijolos maciços, sem rejunte	10,40 m <sup>2</sup>	15,00	156,00
Lage C.A. 1,4mx4,2mx0,08m	0,47 m <sup>3</sup>	400,00/m <sup>3</sup>	188,00
Recheio brita para sumidouro (h=0,25m)	2,10 m <sup>3</sup>	45,00/m <sup>3</sup>	94,50
Mão de obra (vb)	-	-	500,00
<b>Valor total (R\$)</b>			<b>1.507,70</b>

• **Sistema domiciliar opcional de tratamento e reuso de águas cinzas** – todas as residências serão dotadas de sistema separador de águas cinzas, que já será implantado com um reservatório de 1000L. O reuso proposto classifica-se, segundo a NBR 13969, em classe 1 (lavagem de carros) e classe 2 (lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins). A referida norma declara os padrões de emissão a serem atendidos para estas classes de reuso, que serão: coliformes fecais menor ou igual a 200 NMP/100ml, sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L, pH entre 6,0 e 8,0, cloro residual entre 0,5 e 1,5 mg/L. Para um tratamento que atenda a estes padrões de emissão, a NBR-13969 refere que geralmente são necessários tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB - lodo ativado por batelada), seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e finalmente a cloração. A filtração convencional pode ser substituída por membrana filtrante.

Os custos de instalação de um sistema de tratamento que permita o reuso classes 1 e 2 não é abordado neste trabalho, posto que o reuso é oferecido como uma opção ao empreendedor ou proprietário. O empreendedor ou proprietário que optar pelo tratamento e reuso de águas cinzas deverá instalar o sistema de tratamento a montante do reservatório de 1.000 litros. Deverão conceber um lay-out global que reserve espaço suficiente entre a residência e o reservatório, para eventual inclusão do sistema LAB.

## VANTAGENS DA SEPARAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS

A separação e destinação proposta para as águas cinzas reduzirá em 34% a vazão média de esgotos, e em 42,7% a vazão máxima a ser direcionada para a ETE. Posto que a rede coletora condominial será dimensionada para a vazão máxima e verificada para a vazão mínima, o diâmetro mínimo a adotar seguramente abrangerá um percentual bem maior da extensão total da rede coletora, sempre que for adotada a

separação proposta. Assim, com a separação, o custo da rede será menor. A vazão mínima a ser considerada para verificar o dimensionamento será a correspondente à descarga de uma bacia sanitária, de modo que esta verificação adotará a mesma vazão que seria adotada sem a separação das águas cinzas. Logo, a referida separação não levará à necessidade de adoção de declividades maiores nas cabeceiras de rede, o que oneraria as escavações e reaterros.

A infiltração e/ou reuso de águas cinzas de chuveiros e lavatórios em nível domiciliar, possibilitará uma economia na implantação das unidades da ETE, que será dimensionada para menores vazões máximas e médias, possibilitando também uma redução na área necessária para promover à infiltração do efluente final no solo. A redução na área de infiltração será proporcional à redução de 34% na vazão média que chegará à ETE. O fato de que 34% da vazão de esgotos produzida no loteamento não será mais direcionada à ETE, facilitará a operacionalidade da área destinada à infiltração, que terá uma menor extensão de canais e tubulações, conseqüentes de uma área de infiltração menor. É intuitivo que a economia de energia elétrica na estação elevatória, bem como nas recirculações internas, será também da ordem de 34%. A Figura 2 apresenta um caso típico de loteamento no litoral gaúcho, no município de Capão da Canoa – RS. Os piezômetros profundos de A à G tiveram a qualidade de suas águas monitoradas (Gehling et al., 2006). O referido estudo apresenta as alterações de diversos parâmetros monitorados no freático, entre a ETE São Jorge e a lagoa dos Quadros.

O proprietário que optar pela prática do reuso das águas cinzas, para os fins já declarados, poderá economizar por mês o seguinte valor na conta de água, a considerar valores já explicitados no item “custo da água”:

- economia mensal na conta de água = R\$ 109,08/mês - R\$ 71,99/mês = R\$ 39,09/mês



Figura 2: Loteamento em Capão da Canoa – RS, próximo da ETE São Jorge (CORSAN), com piezômetros de monitoramento A à G.

Fonte: adaptado sobre Imagem de satélite Google Earth, 2006.

Uma vantagem mais significativa do que a já explicitada economia na conta de água, seria a não desvalorização dos imóveis devido a problemas operacionais na ETE. Estes, quando ocorrem, podem manifestar-se na forma de proliferação de vetores, maus odores, e solos permanentemente saturados até a superfície, no entorno de áreas de infiltração. Considerando o custo médio de R\$ 254.676,00 admitido para a residência padrão, o aditivo de custo de R\$ 1.507,70 associado à separação e infiltração proposta para as águas cinzas equivale a 0,59% de acréscimo no custo da construção.

Admitir-se-á uma taxa de juros compostos incidindo anualmente sobre o valor anual economizado com a separação de águas cinzas. Para realizar essa análise, utilizar-se-á a equação abaixo, que traz ao valor presente uma série uniforme de parcelas:

$$P = U \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

onde:

P = valor do investimento inicial, no tempo presente = R\$ 1.507,70;

U = valor de cada parcela anual, que vale: R\$ 39,09/mês x 12 meses/ano = R\$ 469,08/ano;

i = taxa de juros (%); adotar-se-á 8% ao ano;

n = tempo em anos necessário para a obtenção do valor presente de R\$ 1.507,70

A aplicação da fórmula acima resulta em um valor de “n” igual a 3,9. Assim, o investimento de R\$ 1.507,70 relativo à separação, seria recuperado em cerca de quatro anos.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A separação das águas cinzas da linha de esgotos domésticos, sugerida em nível residencial no presente estudo para efluentes de chuveiros e lavatórios, permite o projeto de uma ETE mais racional, já que as vazões médias e máximas de projeto serão reduzidas respectivamente em 34% e 42,7%. De imediato esta redução diminuirá, na mesma proporção, a energia consumida para bombeamento de esgotos e para promover as recirculações na ETE. Uma redução de 34% poderá ser aplicada à área de infiltração do efluente final no solo. O investimento necessário à separação e infiltração de águas cinzas em nível domiciliar, será recuperado em quatro anos com a economia de R\$ 39,09/mês na conta de água. Deve-se ainda considerar que o imóvel não sofrerá desvalorização devido a uma depreciação do entorno, conseqüente de problemas operacionais na ETE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, Setembro de 1993.
2. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma NBR 13969 – Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, Setembro de 1997.
3. BRAGA, F. S. (1998), Disposição de Esgoto Sanitário por Infiltração Rápida, sob Condições de Campo e de Laboratório, em solo arenoso de Região Litorânea. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
4. GEHLING, G. R. (1985). Disposição de esgotos domésticos por infiltração em solos arenosos. 137p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
5. GEHLING, G. R. e TIBURI, C. (2006). Análise da Qualidade da Água do Freático no Entorno do Sistema de Infiltração Rápida de Esgotos de Capão da Canoa-RS. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. Trabajos científicos, Area 4, 8f.
6. RAPOPORT, B. (2004). Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Dissertação de mestrado em saneamento Ambiental da Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro. ENSP, FIOCRUZ, 72p.