



## II-223 - REUSO COMBINADO DE ÁGUAS CINZAS (*GREY WATER*) E ÁGUA DE CHUVA EM UMA UNIDADE RESIDENCIAL

### **Luiz Sergio Philippi**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Saneamento Ambiental pela Université de Montpellier I (França). Pós-doutorado pela Université de Montpellier II (França). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### **Pablo Heleno Sezerino<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutorando em Engenharia Ambiental na UFSC com Doutorado Sanduíche na Universidade Técnica de Munique (TUM – Alemanha). Bolsista do CNPq-Brasil.

### **Madelon Rebelo Peters**

Engenheira Civil pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) e Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bolsista do CNPq-Brasil.

### **Flávio Rubens Lapolli**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Especialista em Engenharia Sanitária pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Engenharia de Produção pela UFSC. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP (São Carlos) com Doutorado Sanduíche na Université de Montpellier II (França). Professor Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Santos Saraiva 739, apto 502. Estreito. Florianópolis / SC - CEP: 88070-100 Tel: (48) 348-2152 - e-mail: [lsp@ens.ufsc.br](mailto:lsp@ens.ufsc.br)

### **RESUMO**

A necessidade do uso racional da água é notória e pertinente. Este uso racional compreende o controle de desperdícios e uma re-educação no consumo, gerando, conseqüentemente, uma redução na produção de efluentes. Esta re-educação, também, está associada ao uso de efluentes tratados, gerados na própria residência, para fins menos nobres, ou seja, aqueles nos quais não se requer água potável. Dentro desta perspectiva, a literatura vem apontando para a separação das águas servidas geradas na residência em águas negras (*black water*), oriundas do vaso sanitário, e em águas cinzas (*grey water*), as quais compreendem os efluentes das demais peças sanitárias tais como: lavatório, chuveiro, pia, tanque, entre outros. A dimensão da pesquisa é uma unidade unifamiliar idealizada para 05 habitantes, gerando cerca de 1000 L/d de esgotos, considerando-se uma contribuição de 80% do consumo de água percapita (ABNT, 1997), localizada no bairro Ratoles, norte da ilha de Santa Catarina. As águas cinzas oriundas da residência são compostas pelas águas geradas no lavatório, chuveiro e do tanque para lavar roupas. A água de chuva é proveniente de uma área de superfície de telhado de 35m<sup>2</sup>. As avaliações realizadas sobre a concepção de tratamento e reúso, as quais compreenderam coleta e análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes gerados nas diferentes unidades, medição de vazão, demanda de água por unidades hidráulico-sanitárias, quantificação de precipitação pluviométrica, deram-se durante o período compreendido entre os meses de novembro de 2004 a abril de 2005. Este trabalho tem como objetivo a caracterização e quantificação das águas cinzas e de chuva produzidas em uma residência, a fim de possibilitar a implantação e avaliação de alternativas tecnológicas empregadas no tratamento destas águas com vistas ao reúso em descarga de vaso sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, águas cinzas, água de chuva.

### **INTRODUÇÃO**

De acordo com a revista BIO (2002), o consumo de água em domicílios brasileiros, é de aproximadamente 200 litros/habitante/dia. Sendo que destes, 27% é utilizado para consumo (cozinhar, beber), 25% para higiene (banho, escovar os dentes), 12% para lavagem de roupa; 3% outros (lavagem de carro, quintal) e finalmente 33% para descarga de banheiro.

Para uma redução efetiva do consumo de água, a literatura especializada aponta inicialmente para a eliminação ou a redução do uso de água potável como meio de transporte para dejetos humanos considerando-se que,



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

aproximadamente, 30% da água utilizada em uma residência destina-se a este fim. Em um segundo momento, a substituição de água potável por águas de chuva ou por águas menos nobres como as águas cinzas (resultantes de lavagens e banho). Presume-se que a utilização de águas menos nobres associada às águas de chuva possa viabilizar, tanto sob aspectos técnicos como econômicos este transporte e, conseqüentemente, uma redução do consumo de água potável.

As águas cinzas apresentam qualidade muito variada, dependente das diversas atividades domésticas associadas, sendo que os componentes presentes variam de fonte a fonte, ou seja de residência a residência, onde o estilo de vida, costumes, instalações e a quantidade de produtos químicos utilizados irão influenciar nesta qualidade. Para parâmetros como sólidos em suspensão – SS e turbidez, por exemplo, a faixa de concentração reportada na literatura é ampla, variando de 17 a 330 mg/L e de 15 a 240 NTU, respectivamente. Em termos de matéria orgânica carbonácea, expressa indiretamente como demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), faixa de valores de concentração variando de 40 a 1815 mg/L e 48 a 472 mg/L para DQO e DBO<sub>5</sub>, respectivamente, são reportadas (Eriksson *et al.*, 2002; Jefferson *et al.*, 1999). Em relação à presença de microrganismos patogênicos nas águas cinzas, a literatura aponta que estes podem estar associados à lavagem das mãos após o uso do vaso sanitário, banho em crianças, lavagem de vegetais crus...

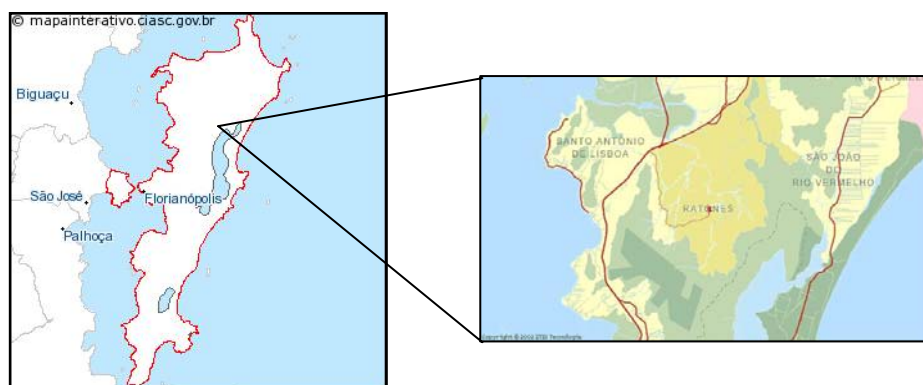
Já para a água de chuva, a maioria dos estudos apresenta um reúso destas em descarga de vasos sanitários, sendo que podem estar integradas com o sistema de água potável e/ou com águas cinzas. Apresentam como qualidade média valores de concentração da ordem de  $4,6 \pm 5,7$  NTU para turbidez,  $9,1 \pm 8,9$  mg/L para SS, pH ácido em torno de  $4,1 \pm 0,4$  e baixa concentração de coliformes fecais  $6,7 \pm 8,9$  NMP/100mL (Appan, 1999).

Este trabalho tem como objetivos a caracterização e quantificação das águas cinzas e de chuva produzidas em uma residência, a fim de possibilitar a implantação e avaliação de alternativas tecnológicas empregadas no tratamento destas águas com vistas ao reúso em descarga de vaso sanitário.

### METODOLOGIA

A dimensão do projeto é uma unidade unifamiliar idealizada para 05 habitantes, gerando cerca de 1000 L/d de esgotos, considerando-se uma contribuição de 80% do consumo de água percapita (ABNT, 1997), localizada no bairro Ratoles, norte da ilha de Santa Catarina (Figura 1).

**Figura 1: Localização do bairro Ratoles, Florianópolis/SC (Fonte: adaptado de <http://floripa.geoguaia.com.br/>)**



As águas cinzas (*grey water*) oriundas da residência são compostas pelas águas geradas no lavatório, chuveiro e do tanque para lavar roupas. A água de chuva é proveniente de uma área de superfície de telhado de 35m<sup>2</sup>.

As alternativas tecnológicas empregadas no tratamento das águas cinzas compreendem: um filtro de areia seguido de desinfecção onde estas seguem para uma cisterna de água cinza (Figura 2). Para a água de chuva tem-se, primeiramente, o reservatório de descarte da primeira água, utilizada na lavagem do telhado (volume útil de 50 L), seguido de um filtro de areia e uma cisterna de armazenamento (Figura 3). Onde posteriormente



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

será misturada com a água cinza tratada no tanque de mistura (volume útil de 240 L). Esta mistura é bombeada para um reservatório superior e então reusada.



**Figura 2: Foto das alternativas tecnológicas empregadas no tratamento de águas cinzas.**



**Figura 3: Foto das alternativas tecnológicas empregadas no tratamento da água de chuva**



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

ambos os filtros de areia foram dimensionados segundo critérios estabelecidos na NBR 13969/97 (ABNT, 1997), sendo adotado uma taxa hidráulica de 200 L/m<sup>2</sup>.d. A areia empregada nos filtros possui as seguintes características: diâmetro efetivo ( $d_{10}$ ) de 0,20mm, coeficiente de uniformidade (U) de 4,9, percentual de areia grossa igual a 50,40%, percentual de areia média igual a 30,26%, percentual de areia fina igual a 9,60% e porosidade de 0,54.

Com a finalização das etapas construtivas, foram realizadas coletas pontuais e análises em laboratório para identificar a qualidade das águas cinzas e água de chuva no seu estágio bruto e após o tratamento. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), cor, nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), sólidos em suspensão (SS), e *Escherichia coli*. Todos os parâmetros seguiram orientações do *Standard Methods* da APHA (1995), com exceção do nitrogênio amoniacal, o qual seguiu recomendação de Vogel (1981).

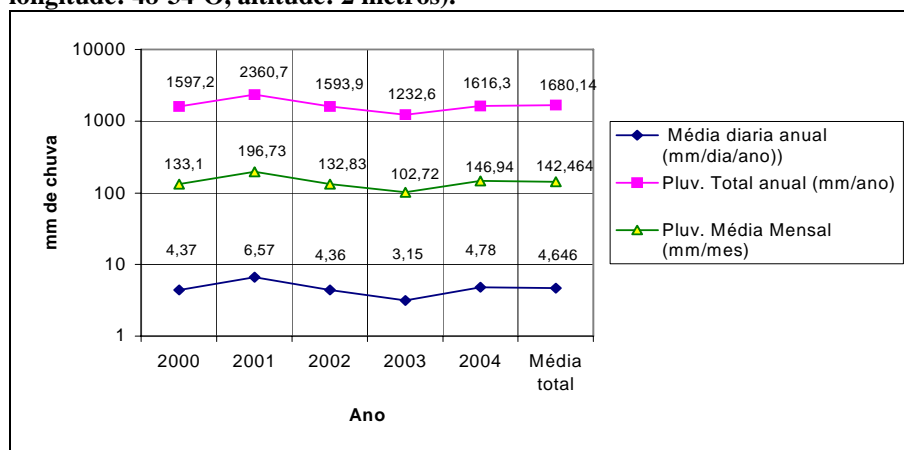
Todas as tubulações que alimentam as diferentes unidades sanitárias na residência foram hidrômetradas a fim de ser levantado o real consumo por peça, e assim relacionar a demanda de água para a descarga do vaso sanitário e a produção de água de reúso.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

As avaliações realizadas sobre a concepção de tratamento e reúso, as quais compreenderam coleta e análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes gerados nas diferentes unidades, medição de vazão, demanda de água por unidades hidráulico-sanitárias, quantificação de precipitação pluviométrica, deram-se durante o período compreendido entre os meses de novembro de 2004 a abril de 2005.

A partir da medição do consumo de água por unidade sanitária identificou-se uma demanda média de 60 L/dia para o vaso sanitário. Considerando uma precipitação média mensal para a região da grande Florianópolis de aproximadamente 150 mm/mês (Figura 4) e a área de superfície do telhado de 35m<sup>2</sup>, calcula-se uma produção média diária de 175 L/dia, ou seja, suficiente para abastecer esta unidade. As águas cinzas após tratamento poderiam, portanto, ser reutilizadas para outras necessidades, tais como irrigação de jardim.

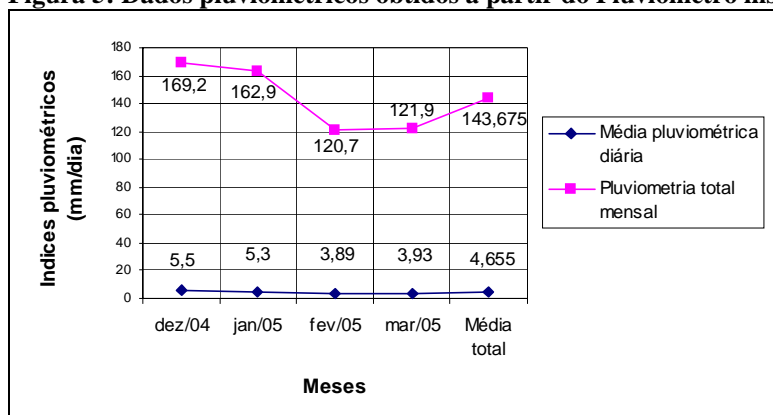
**Figura 4: Dados pluviométricos de Florianópolis entre os anos de 2000 e 2004 obtidos com o Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina (CIRAM) (latitude: 27°35'S, longitude: 48°34'O, altitude: 2 metros).**



Entretanto, com o decorrer da pesquisa verificou-se que nos meses de novembro e dezembro de 2004 utilizou-se água de chuva tratada para a descarga no vaso sanitário sob uma periodicidade de 77% dos dias nos respectivos meses, ou seja, 23 dias/mês. A figura 5 mostra os dados obtidos a partir do pluviômetro instalado na residência em estudo. Nos dias restantes, foi utilizada água de abastecimento fornecida pela companhia de abastecimento do estado (CASAN). A partir do mês de março iniciou-se a utilização da água cinza misturada às águas de chuva para a descarga no vaso sanitário.



**Figura 5: Dados pluviométricos obtidos a partir do Pluviômetro instalado na residência.**



Oteve-se uma média diária de 10 acionamentos de descargas por dia (medido ao longo do mês de novembro de 2004). Durante um dia foram utilizados, em média, 65,8L (medidos com a utilização de hidrômetro). Esta demanda de água para descarga representou 21% da demanda total de água para a residência (298,3 L), salientando um consumo menor do que o reportado na bibliografia, neste período.

Com a conclusão das obras de instalação da seqüência tecnológica, iniciou-se o monitoramento analítico no período compreendido de novembro de 2004 a abril de 2005 onde foram realizadas análises da primeira água (descarte) e na cisterna de água de chuva conforme mostra a tabela 1. Os resultados obtidos com a caracterização das águas cinzas encontram-se resumidos na tabela 2. Ressalta-se a partir destes resultados iniciais a grande amplitude dos valores obtidos, corroborando com a literatura especializada onde, por exemplo, têm-se faixas de concentrações médias variando de 17-330 mg/L de SS e 48-472 mg/L de DBO<sub>5</sub>. (Tabela 3). As coletas foram pontuais, sendo as amostras refrigeradas e conduzidas diretamente ao laboratório para a realização das análises físico-químicas e bacteriológicas.

**Tabela 1: Resultados médios ( $\pm$  desvio padrão) obtidos no monitoramento do sistema de águas azuis no intervalo entre dezembro de 2004 a março de 2005.**

Parâmetros	n	1ª Água de chuva	n	Cisterna
pH	13	7,62 $\pm$ 0,32	13	7,9 $\pm$ 1,3
Acidez (mg/L)	12	2,29 $\pm$ 2,18	09	1,9 $\pm$ 1,7
Cor (NTU)	14	18,6 $\pm$ 13,2	14	37,1 $\pm$ 25,1
DQO (mg/L)	12	7,67 $\pm$ 5,98	13	7,0 $\pm$ 10,1
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	14	0,31 $\pm$ 0,37	15	0,2 $\pm$ 0,3
SST (mg/L)	13	1,41 $\pm$ 0,91	15	2,5 $\pm$ 1,6
E. Colli (NMP/100 mL)	13	43,2 $\pm$ 77,5	14	23,9 $\pm$ 24,3

n = número de amostragens.

Nesta caracterização inicial da água de chuva obteve-se valores não satisfatórios em relação a Cor e SST devido a problemas operacionais no sistema, mais precisamente, na cisterna de água de chuva a qual foi instalada abaixo do nível do solo e a sua vedação não estava estanque. O pH, a acidez, DQO e NH<sub>4</sub>-N não apresentaram mudanças significativas em relação à água de chuva bruta e a tratada. A remoção de *E.coli* não pode ser considerada satisfatória comparada à encontrada na literatura (Tabela 3), apresentando uma eficiência de apenas 44,68%. Este resultado, também, está ligado aos problemas operacionais na cisterna, devida a entrada de poeira e insetos na mesma.





**Tabela 2: Resultados médios ( $\pm$  desvio padrão) obtidos no monitoramento do sistema de águas cinzas no intervalo entre dezembro de 2004 a março de 2005.**

Parâmetros	n	Bruta	n	Anterior a Desinfecção	n	Tanque de mistura
pH	15	7,1 $\pm$ 0,9	11	7,5 $\pm$ 0,9	05	9,1 $\pm$ 1,3
Cor (NTU)	16	379,5 $\pm$ 311,0	11	73,7 $\pm$ 46,5	05	59,6 $\pm$ 67,7
DQO (mg/L)	06	451,0 $\pm$ 315,4	06	90,9 $\pm$ 115,2	05	77,3 $\pm$ 97,3
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	09	387,1 $\pm$ 260,6	06	15,7 $\pm$ 19,2	02	8,8 $\pm$ 2,1
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	16	6,7 $\pm$ 5,3	11	4,4 $\pm$ 4,1	05	0,5 $\pm$ 0,3
SST (mg/L)	16	323,4 $\pm$ 311,5	10	37,9 $\pm$ 36,1	04	5,2 $\pm$ 4,6
E. Colli (NMP/100 mL)	15	1,3E+05 $\pm$ 1,4E+05	11	1,29E+04 $\pm$ 1,83E+04	05	1,7E+01 $\pm$ 2,36E+01

n = número de amostragens.

**Tabela 3: Valores dos parâmetros avaliados, encontrados na literatura.**

Parâmetros	Água de Chuva	Águas cinzas
pH	4,1 $\pm$ 0,4	5 – 10
Cor (UC)	8,9 $\pm$ 9,9	
DBO <sub>5</sub> (mg/L)		48 – 472
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)		5 – 10
SST (mg/L)	9,1 $\pm$ 8,9	17 – 330
E.coli (NMP/100mL)	6,7 $\pm$ 8,9	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>8</sup>

(Fonte: Eriksson et al., 2002; Jefferson et al., 1999; Appan, 1999).

Em uma primeira análise, na linha de água cinza obteve-se uma significativa redução de Cor, SST, DBO<sub>5</sub> e DQO apresentando eficiência de 84,30%, 98,39%, 97,73% e 82,86%, respectivamente. A remoção de *E.coli* pode ser considerada satisfatória comparada à encontrada na literatura (Tabela 3), apresentando uma eficiência de 99,99%. Em relação ao nitrogênio amoniacal, os resultados também foram satisfatórios apresentando uma remoção de 92,54%.

Problemas operacionais foram detectados no decorrer dos primeiros meses, sendo a seqüência das águas cinzas prejudicada junto ao filtro de areia com a colmatação da camada superficial de areia devido ao excesso de gordura oriunda da caixa de gordura. Como solução, a tubulação proveniente da caixa de gordura foi desviada para o tanque séptico (linha de águas negras), excluindo, portanto, a caixa de gordura da linha de águas cinzas e, conseqüentemente, o efluente proveniente da pia de cozinha. Uma camada de aproximadamente 5 (cinco) cm da areia foi retirada do filtro e substituída por pedrisco. A tubulação de distribuição do efluente no filtro foi limpa e recolocada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos primeiros resultados obtidos, pode-se destacar:

- As medições do consumo de águas nas diferentes unidades sanitárias mostram uma similaridade nos valores com àqueles destacados na literatura, com exceção do tanque onde verificou-se um consumo de cerca de 30% da demanda diária da residência;
- Considerando-se o índice pluviométrico de Florianópolis e a área de contribuição do telhado, as águas de chuva coletadas e tratadas seriam suficientes para o reúso para descarga de vaso sanitário, conduzindo então a utilização da água cinza tratada para outros usos menos nobres.
- Os parâmetros *E.coli* e SS apresentaram valores superiores àqueles estipulados pela legislação brasileira para água potável (Portaria 36/GM e Portaria 1.469 de 2000 *apud* Mancuso *et al*, 2003) Vale salientar aqui, que no Brasil não há ainda uma lei que regulamente parâmetros para reúso direto domiciliar;
- Os moradores da residência na qual o estudo está sendo desenvolvido, relatam uma inicial satisfação com a qualidade visual da água para reúso, não apresentando nenhuma aversão ao modo na qual esta está sendo reutilizada.



### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos à FINEP (programa PROSAB), à CAIXA ECONÔMICA FEDERAL e ao CNPq, – financiadores da pesquisa, à TIGRE S.A., à SCHNEIDER S.A. e aos pesquisadores e acadêmicos bolsistas do Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado – GESAD, pertencentes ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. APHA-AWWA-WEF. Washington, DC, USA.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997). NBR 13969. *Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT. 60p.
3. APPAN, A. (1999). A dual-mode system for harnessing roofwater for non-potable use. *Urban Water*, 1, pp. 317-321.
4. ERIKSSON, E., AUFFARH, K., HENZE, M., LEDIN, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4, pp. 85-104.
5. JEFFERSON, B., LAINE, A., PARSONS, S., STEPHENSON, T., JUDD, S. (1999). Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 1, pp. 285-292.
6. MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F. (2003). Reúso de água. Editora Monole. Barueri/SP.
7. VOGEL, A. L. (1981) Análise inorgânica qualitativa. 4ªed. Editora Guanabara. Rio de Janeiro.