

## II-233 - CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS PROVENIENTES DE CHUVEIRO, EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR, COM FINALIDADE DE REÚSO

**Marcio Gomes Barboza<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela UFAL. Mestre e Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor Associado VI do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

**Raphaella Machado Barbosa<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Alagoas. Mestranda em Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

**Ivo Gabriel Guedes Alves<sup>(3)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas. Bolsista IC.

**Brunna Mariane Neri Donato Moura<sup>(4)</sup>**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas. Colaboradora IC.

**Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira<sup>(5)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (*Campus II - Campina Grande*). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Lourival Melo Mota, s/n – Tabuleiro do Martins - Maceió – AL. CEP: 57072-900 - Brasil - Tel: (82) 3214-1275 - e-mail: gb.marcio@gmail.com.

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de reúso não potável de águas cinzas oriundas exclusivamente dos chuveiros. O experimento foi realizado numa residência com quatro habitantes, em Maceió-AL. Foi efetuada caracterização quantitativa, com análises físico-químicas e microbiológicas de amostras da água de banho da residência, entre junho e agosto de 2015. Os parâmetros de qualidade levantados foram: cor aparente, turbidez, pH, alcalinidade total, condutividade elétrica, NTK, Cloretos, fósforo total, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, ST, sulfatos e *Escherichia coli*. Atualmente no Brasil não existem normas específicas para o reúso potável e não-potável, em razão disso, esse trabalho tomou como referência a NBR 13.969/1997 para tanques sépticos que possuem algumas diretrizes para o reúso não potável, e o Manual “Conservação e Reúso de Água em Edificações” do SINDUSCON (2005) que trata do tema. De acordo com os resultados obtidos, na avaliação qualitativa do efluente, todos os parâmetros, a exceção de cloretos, nitrogênio e pH, precisam passar por algum ajuste por meio de tratamento para que se adequem nas normas e diretrizes usadas como referência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caracterização de efluentes, reúso, águas cinzas, efluentes de chuveiro.

### INTRODUÇÃO

A escassez de água em várias localidades do mundo suscita o debate em torno do tema há alguns anos. Dentre as alternativas apresentadas pelos especialistas para minimizar a escassez de água, é possível citar a água de reúso, pois diminui a captação nos mananciais e, conseqüentemente, as vazões de efluentes lançadas nos corpos receptores. Entretanto, o reúso de água, prioritariamente para finalidades não potáveis, deve levar em consideração aspectos da saúde pública. Para tanto, os padrões de qualidade da água para reúso são de suma importância. Em alguns países onde a prática do reúso da água já está bem estabelecida, esses padrões existem, mas no Brasil, ainda são incipientes.

Entende-se como reúso da água o aproveitamento do efluente após uma etapa de tratamento, com ou sem investimentos adicionais, prática que vem sendo adotada e considerada uma opção inteligente no mercado mundial, dentro do conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais (COSTA, 2007).

O reúso urbano de esgoto doméstico deve ser, prioritariamente, para “fins menos nobres”, ou que não exijam qualidade de água potável, por motivos de segurança à saúde pública. Como exemplo de usos não potáveis é possível citar: irrigação de gramados, parques e jardins, lavagem de pisos, ruas e veículos automotivos,

descarga de vasos sanitários, reserva de proteção contra incêndios, dentre outros (COSTA, 2007; BREGA FILHO; MANCUSO, 2003).

Para a escolha da melhor tecnologia de tratamento dos efluentes, com vistas ao reúso, é imprescindível o conhecimento de suas características qualitativas (físicas, químicas e microbiológicas), tendo em vista a possibilidade de reúso próximo à fonte geradora. Também há de se considerar a segregação desses efluentes domésticos, sobretudo as águas cinzas (efluentes de chuveiro, lavatórios, lavagem de roupas, banheiras, excluindo vaso sanitário e pia de cozinha), para o aproveitamento mais racional desse recurso, após tratamento adequado. Dentre os pontos de consumo de água de uma residência, o chuveiro responde por 28% do consumo total, sendo o seu efluente uma fonte potencial de água de reúso (ALMEIDA, 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características qualitativas de águas cinzas residenciais provenientes de chuveiro, em residência unifamiliar, com vistas ao reúso não potável, com base em suas características físico-químicas e microbiológicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Coleta de amostras** – As amostras de água de chuveiro foram coletadas durante o banho dos moradores com o auxílio de uma banheira plástica de 40 litros. As coletas foram realizadas ao longo de 3 meses (de junho a agosto de 2015). Cada amostra representou o banho de uma única pessoa, sendo ao todo 4 usuários, que foram alternados ao longo das semanas, para contribuir com a diversidade de composição da água de banho. As amostras eram recolhidas em garrafas PET e transportadas com auxílio de uma caixa térmica refrigerada (4°C) ao Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), para análise.



**Figura 1:** Reservatório para captação da água de banho (a) e coleta de amostras (b).

**Parâmetros de monitoramento** – Para atender aos objetivos da pesquisa foram levantados os seguintes parâmetros de qualidade das águas cinzas (Tabela 1).

**Tabela 1: Parâmetros de monitoramento e métodos analíticos utilizados.**

Parâmetro	Unidade	Método de Analítico (APHA, 2005)
Cor aparente	uC	Método espectrofotométrico
Turbidez	UNT	Método nefelométrico
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Totais	mg/L	Método gravimétrico
pH	-	Método eletrométrico
Alcalinidade	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Método titulométrico
N-NTK	mg/L	Destilação e titulação
Fósforo	mg P/L	Método do ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	Método turbidimétrico
Cloretos	mg Cl <sup>-</sup> /L	Método titulométrico de Mohr
DBO <sub>5</sub>	mg/L	Método manométrico (equipamento - modelo BOD-OxiDirect)
DQO	mg/L	Método colorimétrico
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL	Filtração em membrana e uso de meio de cultura cromogênico

**Análise e discussão dos resultados** – Os resultados obtidos na pesquisa de campo foram confrontados com a literatura. Devido à ausência de normas e legislação específicas sobre o tema, no Brasil, tomou-se como referencial a NBR 13969/1997 para tanques sépticos, que, que apresenta um item dedicado ao tema, com a definição de classes de água e indicação de padrões de qualidade para o reúso com segurança sanitária. Outra fonte de referência foi o Manual “Conservação e Reúso de Água em Edificações” d o SINDUSCON-SP (Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo), o qual apresenta diretrizes e recomendações sobre o reúso não potável de forma sustentável.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na pesquisa estão apresentados na Tabela 2, com indicação das características físicas, do número de amostras que compõem a média, a mediana e o desvio padrão, além dos valores máximo e mínimo.

**Tabela 2: Características físicas das águas cinzas de chuveiro.**

Parâmetro	Nº de amostras	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Cor aparente (uC)	10	203,9	166,8	20,5	121,4	95,7
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	11	141,6	121,0	280,0	36,0	72,3
Sólidos Totais (mg/L)	11	442,5	450,0	834,0	224,0	171,1
Turbidez (UNT)	10	448,9	417,0	889,0	227,0	200,2

Dados sobre caracterização de efluentes de chuveiro, de diferentes autores (Tabela 3), apresentam uma ampla variação, nas diferentes localidades. Entretanto, os resultados encontrados na presente pesquisa estão compatíveis com a literatura consultada, exceto o valor de cor aparente (média ≈204 uC), bem abaixo do valor observado por May (2009). Ressalta-se, entretanto, que o trabalho de May (2009) refere-se às águas de chuveiro e de lavatório, juntas.

Quanto à turbidez, o valor médio obtido na presente pesquisa foi superior aos da literatura, excetuando-se o trabalho de Jamrah *et al.* (2004) *apud* Bazzarella (2005) (539 UNT). Juntamente com a cor, a turbidez está associada aos aspectos estéticos da água de reúso, e tem grande impacto na aceitação por parte dos usuários.

**Tabela 3: Características físicas de águas cinzas provenientes de chuveiro, em diferentes estudos.**

Referência	Local	Características físicas			
		Cor (uC)	Turbidez (UNT)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)
Siegrist <i>et al.</i> (1976) <i>apud</i> Bazzarella, (2005)	EUA	-	-	250	120
Jamrah <i>et al.</i> (2004) <i>apud</i> Bazzarella, (2005)	Al-Mwaleh	-	307	800	410
	Al-Hail	-	539	1000	470
	Al-Khodh	-	278	250	180
Bazzarella (2005)	Espirito Santo	-	109	437	103
May (2009)	São Paulo	642	85	303	88
Edwin <i>et al.</i> (2013)	Índia	-	122,67	425,5	122,7
Chrispim (2014)	São Paulo	-	100	-	155,83

Na Tabela 4 estão indicadas as características químicas das águas cinzas de chuveiro que serão comparadas com outros autores (Tabela 5).

A alcalinidade média foi de 17,2 (mg CaCO<sub>3</sub>/L), valor este que difere bastante do obtido por Chrispim (2014) (168,01 mg CaCO<sub>3</sub>/L) e Magri *et al.* (2009) (101,3 mg CaCO<sub>3</sub>/L). Em relação ao pH, o valor médio obtido manteve-se em torno da neutralidade (6,96).

Com relação à presença de matéria orgânica, a DBO<sub>5</sub> média foi 151,3 (mg/L), dentro dos limites da literatura consultada. Entretanto, a DQO foi 1557 (mg/L) muito acima dos valores da literatura, excetuando Almeida (2007) que também obteve valor elevado (1830 mg/L), em residência unifamiliar e Magri *et al.* (2009), que obteve 1145 mg/L de DQO. Isso demonstra que as características das águas cinzas de chuveiro são muito particulares e dependem dos hábitos da família, nível socioeconômico, dentre outros fatores. As elevadas concentrações de matéria orgânica ocasionam a depleção de oxigênio durante o armazenamento do efluente, antes do reúso.

**Tabela 4: Características químicas das águas cinzas de chuveiro.**

Parâmetro	Nº de amostras	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Alcalinidade Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	10	17,2	13,2	35,0	7,5	10,4
pH	12	6,96	6,59	8,46	6,13	0,88
Cloretos (mg/L)	10	33,1	33,5	47,0	16,0	14
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	6	151,3	132,0	273,0	93,0	64,4
DQO (mg/L)	13	1557	1539	2237	741	457
Fósforo Total (mg/L)	10	0,14	0,12	0,34	0,06	0,08
N-Total (mg/L)	10	6,79	4,20	16,28	3,26	4,89
Sulfatos (mg/L)	10	66,8	66,1	132,0	29,1	27,8

**Tabela 5: Características química de águas cinzas provenientes de chuveiro, em diferentes estudos.**

Referência	Local	Parâmetros Químicos							
		Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	Cloretos (mg/L)	P-Total (mg/L)	N-Total (mg/L)	Sulfatos (mg/L)
Siegrist <i>et al.</i> (1976) <i>apud</i> Bazzarella (2005)	EUA	-	-	170	-	-	2	17	-
Jamrah <i>et al.</i> (2004) <i>apud</i> Bazzarella (2005)	Al-Mwaleh	19	7,88	60	116	-	-	-	-
	Al-Hail	17	7,69	156	695	-	-	-	-
	Al-Khodh	9	6,77	72	174	-	-	-	-
Bazzarella (2005)	Espirito Santo	38,3	7,34	165	582	20	0,2	3,4	162,1
Almeida (2007)	Feira de Santana	-	-	-	1830	-	-	17	-
May (2009)	São Paulo	9,0	6,4	181	390	23,1	-	-	47,5
Magri <i>et al.</i> (2009)	Florianópolis	101,3	8,9	-	1145	-	18,6	-	-
Edwin <i>et al.</i> (2012)	Índia	-	7,4	135	357,9	-	1,2	9,7	-
Chrispim (2014)	São Paulo	168,01	7,18	123,14	272,8	-	5,36	50,28*	10,86*

\*Apenas uma análise

Conforme os padrões de reúso do SINDUSCON (2005), as concentrações de DBO das amostras avaliadas não atendem aos padrões de reúso para a descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e veículos ( $\leq 10$  mg/L), nem para a irrigação ( $< 20$  mg/L). A relação DQO/DBO<sub>5</sub> das amostras foi de aproximadamente 10. A elevada relação DQO/DBO<sub>5</sub> mostra que o tratamento físico-químico é o mais indicado para este tipo de efluente devido à presença acentuada de compostos não biodegradáveis (VON SPERLING, 2005).

As concentrações de fósforo total, nitrogênio total e sulfatos foram compatíveis com os resultados da literatura consultada, ressaltando-se que são poucos os trabalhos que apresentam estes dados, além de serem muito distintos uns dos outros. A origem desses componentes na água de banho é o suor, o sebo produzido pela pele, remanescentes de urina, além dos próprios produtos de higiene pessoal e cosméticos.

Quanto aos sulfatos, a grande preocupação é que, em condições anaeróbias, estes são reduzidos a sulfetos através de reações bioquímicas mediadas por bactérias anaeróbias redutoras de sulfato, durante a degradação da matéria orgânica, conforme a Equação 1. Por sua vez, os sulfetos reagem com o hidrogênio dando origem ao sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S) (Equação 2) (SAWYER *et al.*, 2003), que é mal cheiroso em concentrações acima de 1,0 mg/L (GONÇALVES *et al.*, 2006).



Com relação aos cloretos, obteve-se a média de 33,1 mg/L, valor acima das médias dos trabalhos citados na Tabela 5. Os cloretos são originados principalmente do suor, da urina e de produtos químicos.

De acordo com o Manual do SINDUSCON (2005), apenas os cloretos ficaram dentro do que é recomendado para os reúsos das classes 01 (para descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, roupas e veículos, sem restrições) e 03 (na irrigação superficial de áreas verdes e rega de jardins,  $\leq 350$  mg/L). Em relação à NBR

13.969/1997, a turbidez não atendeu às recomendações, sendo assim necessário o tratamento da água antes do reúso.

Na Tabela 6 são apresentadas as características microbiológicas das águas cinzas provenientes do chuveiro, e na Tabela 7 os valores tomados como referência para o reúso não potável e efluentes.

**Tabela 6: Indicadores microbiológicos de águas cinzas provenientes de chuveiro.**

Parâmetro	Nº de amostras	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
<b>Coliformes totais (UFC/100mL)</b>	10	6,24E+02	5,6E+3	Ausente	1,75E+03
<b><i>E. coli</i> (UFC/100mL)</b>	10	Ausente	Ausente	Ausente	-

**Tabela 7: Limites de coliformes de origem fecal para reúso não potáveis.**

Referência	Lavagem de pisos, calçadas	Lavagem de carros	Descarga de vasos sanitários	Agricultura	Irrigação de jardim
<b>NBR 13969/1997</b>	< 500 NMP/100mL	< 200 NMP/100mL	< 500 NMP/100mL	< 5000 NMP/100mL	< 500 NMP/100mL
<b>SINDUSCON (2005)</b>	Não detectáveis	Não detectáveis	Não detectáveis	-	≤ 200/100 mL

Fonte: Adaptada da NBR 13939/1997 e SINDUSCON (2005).

De uma forma geral, as normas existentes para o reúso de efluentes, em sua maioria, são conservadoras para o reúso não potável em residências, como o caso dos padrões do SINDUSCON (2005), que não admitem coliformes de origem fecal em reúso como lavagem de pisos e descargas sanitárias. Possivelmente, isso acontece por falta de acúmulo de pesquisas e a utilização exagerada do Princípio da Precaução (BARBOZA, 2016).

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que para as águas de chuveiro da residência avaliada, todos os parâmetros, a exceção de cloretos, nitrogênio e pH, precisam passar por algum ajuste por meio de tratamento para que se adequem às normas e diretrizes usadas como referência (NBR 13960/1997 e SINDUSCON/SP, 2005).

Atenção especial deve ser dada à presença de sulfatos, que é um importante parâmetro para o reúso de águas cinzas armazenadas devido à possibilidade de reagir e produzir H<sub>2</sub>S, um gás com odor desagradável, que pode limitar o reúso. Recomenda-se, então, um tratamento prévio para prevenir a formação desses odores. As águas também apresentaram uma alta fração de sólidos em suspensão, o que contribui para a elevada turbidez que pode conferir uma aparência indesejada.

Constatou-se também que a matéria orgânica presente possui um baixo grau de biodegradabilidade, com uma relação DQO/DBO<sub>5</sub> em torno de 10, sendo recomendado o tratamento físico-químico.

Desse modo, comparando os resultados obtidos a partir das análises realizadas, com os padrões estabelecidos pela NBR 13969/1997, observa-se que seria possível a reutilização direta dessas águas em determinadas atividades como lavagem de pisos, descargas em vasos sanitários e rega de jardins. No entanto, conforme os padrões do SINDUSCON (2005), a reutilização desses efluentes requer a prévia desinfecção.

A falta de legislação específica no Brasil limita a prática do reúso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, G.S. Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reúso: estudo em Feira de Santana, Bahia. 2007. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e tecnologias ambientais no processo produtivo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.
2. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20<sup>th</sup> edition. Washington. 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
4. BARBOZA, M. G. Aspectos legais sobre o gerenciamento de água, lodo e emissões gasosas em empreendimentos habitacionais. In: I WORKSHOP SOBRE TRATAMENTO DE ESGOTOS DESCENTRALIZADOS EM EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS, Belém, PA, 03 de março de 2016.
5. BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinzas para reúso não-potável em edificações. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
6. CHRISPIM, M. C. Avaliação de um sistema de tratamento de águas cinzas em edificações de campus universitário. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 2014.
7. BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. 2003. Conceito de reúso da água. In: Reúso de água. Cap. 2. Pedro Caetano Sanches Mancuso e Hilton Felício dos Santos (Editores). 2003.
8. COSTA, R. H. P. G. Reúso. Cap. 7. In: Reúso da água, conceitos, teorias e práticas. Dirceu DÁlquimim Telles e Regina Helena Pacca Guimarães Costa (coord.). 1<sup>a</sup> Edição, São Paulo: Editora Blücher. 2007.
9. EDWING. A.; GOPALSAMY P.; MUTHU N. Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review, Applied Water Science, Springer, 2013.
10. GONÇALVES, R. F.; BAZZARELLA, B. B.; PETERS, M. R.; PHILLIPPI, L. S. Gerenciamento de águas cinzas. Cap. 4. In: Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
11. MAGRI, M. E.; SUNTTI, C.; SERGIO, D. Z.; JOUSSEF, K. L.; PHILLIPPI, L. S. Caracterização quali-quantitativa das águas cinzas nos seus diferentes pontos geradores em uma residência unifamiliar, e alternativas de reúso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009, Recife.
12. MAY, S. Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. São Paulo, 2009. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. 2009.
13. SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. (2003). Chemistry for Environmental Engineering and Science. 5th Edition. McGraw-Hill, 752p.
14. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDUSCON, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. Conservação e reúso da água em edificações. Prol Editora Gráfica: São Paulo, junho de 2005.
15. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3<sup>a</sup> ed. Belo Horizonte-MG: UFMG, 2005.