

## II-054 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA COM REATOR ANAERÓBIO COMPARTIMENTADO E FILTRO INTERMITENTE COM LEITO FIXO DE GEOTEXTIL

**Eduardo Cohim<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista; Especialização em Engenharia de Irrigação; Mestre em Gerenciamento do Processo Produtivo, Ênfase em Tecnologias Limpas; Doutor em Energia e Meio Ambiente. Professor Adjunto do Curso de Engenharia Civil e do Programa de pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

**André L. C. Silva**

Acadêmico de Engenharia Ambiental da UNIFACS

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av Transnordestina s/n – Novo Horizonte – Feira de Santana - BA - CEP: 44036-900 - Brasil - Tel: +55 (75) 3161 8056 - Fax: +55 (75) 31618056 - e-mail: [edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com)

### RESUMO

A água é o recurso menos substituível e mais essencial. Seu uso para as necessidades humanas já compromete 90% de sua disponibilidade global. As cidades representam demandas concentradas espacialmente com tendência de crescimento devido à crescente taxa de urbanização. Isso impõe a necessidade de se evoluir da gestão pela oferta para a gestão pela demanda, o que requer, entre outras coisas, o uso de fontes alternativas de água para o abastecimento urbano. A água cinza é uma fonte com oferta segura e que pode ser tratada para atender a usos como descarga de vasos sanitários e limpeza geral. Para isso existe uma grande diversidade de tecnologias. Este artigo apresenta os resultados do monitoramento de uma estação de tratamento de água cinza, composta por reator anaeróbico compartimentado seguido por filtro intermitente em leito fixo de geotextil, tratando água de chuveiros, lavatórios e de lavagem de roupa, em escala real. Os resultados após 32 semanas de monitoramento mostram que o sistema de tratamento foi capaz de produzir um efluente em 90% do tempo com  $DBO \leq 10,0$  mg/L, sólidos suspensos  $SS \leq 7,0$  mg/L e coliformes termotolerantes  $CTT \leq 2,6$  UFC/100mL. Foi capaz, ainda de remover, de forma consistente, 75% do nitrogênio total.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água cinza, reúso de água, filtração intermitente, enchimento com geotextil; confiabilização de Capacidade, Melhoria da Qualidade, Água com Alcalinidade, Coagulante Adequado, Auxiliares de Floculação.

### INTRODUÇÃO

A água é o recurso menos substituível e mais essencial. A humanidade já se apropria de cerca de 90% do fluxo global disponível (superficial e recarga dos aquíferos) que é da ordem de  $9.500 \text{ km}^3$  por ano. Entretanto, a água doce não é um recurso global, ela é distribuída de forma desigual por bacias hidrográficas, cujos limites apresentam características marcadamente regionais, Cohim (2011). E mesmo países de rico potencial hídrico como o Brasil, têm uma distribuição desigual da água através de seu território.

Ainda do ponto de vista da disponibilidade da água, um fator ainda pouco levado em conta pelos responsáveis por sua gestão é a mudança na distribuição espacial e temporal da precipitação decorrente do aquecimento global. Por exemplo, estudos apontam para reduções de cerca de 80% até 2050 nas vazões médias das bacias que abastecem Salvador (TANAJURA *et al.* 2009).

Em se tratando de abastecimento urbano, o consumo *per capita* é o principal indicador utilizado para a elaboração de projetos de abastecimento de água, bem como o planejamento de longo prazo para previsão dos volumes necessários para atendimento da demanda doméstica. Esta é considerada uma exigência que tem que ser atendida sem se considerar a possibilidade de racionalizá-la, característica do modelo de gestão pela oferta.

As políticas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil e na maioria dos países do mundo têm utilizado prioritariamente esse modelo de gestão que pressupõe uma infinita disponibilidade de recursos naturais seja de água ou de energia Cohim *et al* (2009).

Entretanto, a água se torna mais escassa e, cada vez mais, objeto de conflito com outros setores usuários, sobretudo com a agricultura. Em face da redução das disponibilidades, tal modelo não é mais adequado. É necessária uma nova abordagem que considere as demandas passíveis de manejo, submetendo-as a projetos de racionalização.

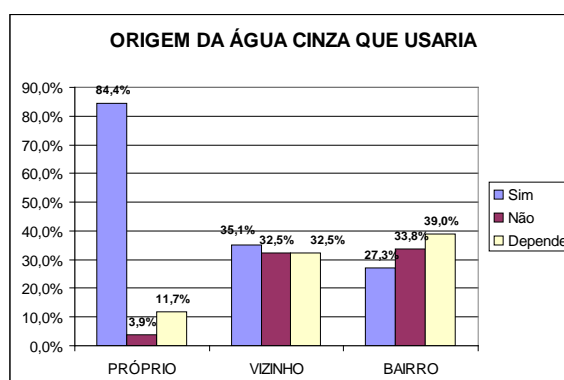
O uso de fontes alternativas constitui medida de gestão da demanda na medida em que alivia as pressões sobre os mananciais naturais. Assim, o aproveitamento das águas de chuva, o uso das águas subterrâneas e o tratamento e reúso da água cinza podem dar grande contribuição na redução dos impactos ambientais (e econômicos) dos sistemas públicos de abastecimento de água.

O esgoto doméstico é composto por duas correntes básicas: uma, gerada no vaso sanitário, cuja característica principal é a elevada concentração de nutrientes e outra, gerada no chuveiro, lavatório e lavanderia, cuja característica principal é a baixa concentração de nutrientes. Essa distinção sugere destinos diferentes para cada uma dessas correntes: a primeira, mais rica em nutrientes, deve ser, prioritariamente, reinserida no ciclo dos alimentos retornando ao solo para produção agrícola e a segunda, com menores teores de nutrientes, seria mais bem aproveitada através da re-inserção no ciclo da água (COHIM e KIPERSTOK, 2007).

Além disso, usos como irrigação de áreas verdes, descarga de vasos sanitários e lavagem de roupas são exemplos de demandas que não requerem potabilidade e que poderiam ser atendidas com efluente tratado, reduzindo-se a pressão sobre os mananciais. Isso é ainda mais importante se se considera que, com os níveis atuais de perdas nos sistemas públicos, em torno de 45%, cada metro cúbico de água substituído por uma fonte alternativa na área urbana representa uma redução de 1,82 m<sup>3</sup> retirados dos sistemas naturais.

A água cinza tratada junto à fonte geradora para uso no próprio local apresenta óbvias vantagens do ponto de vista energético ao evitar longos transportes para condução a uma unidade de tratamento centralizada para posterior retorno aos pontos de consumo.

A abordagem descentralizada tem respaldo também em aspectos sócio-culturais. Nancarrow et al. (2002) mostraram uma aceitabilidade maior para reúso doméstico da água cinza segregada. Corroborando a idéia de descentralização, em pesquisa junto a professores do primeiro grau na região metropolitana de Salvador, os respondentes manifestaram sua preferência pela própria água de reúso, conforme mostrado na Figura 1 (Cohim e Cohim, 2007).



**Figura 1- Preferência quanto à origem da água de reúso**

Fonte: Cohim e Cohim, 2007



Além da aceitabilidade do uso da água cinza, superior a 80%, essa pesquisa demonstrou preferência clara pelas destinações a descarga de vaso sanitário e lavagem de roupa e uma atribuição de importância maior ao odor e aos aspectos microbiológico (COHIM e COHIM, 2007).

Assim, para manter a adesão dos usuários, é imprescindível o tratamento da água cinza antes de seu uso, visando adequá-la aos padrões estéticos requeridos, dotá-la de qualidade que assegure a preservação de louças e metais sanitários e, principalmente, garantir a segurança microbiológica para os usos previstos.

Mas, além de produzir um efluente de boa qualidade em termos médios, é fundamental garantir que os sistemas de tratamento sejam capazes de atender aos padrões de qualidade requeridos durante a maior parte do tempo, a despeito das variações das características do efluente bruto. Ou, em outras palavras, devem ter confiabilidade. Esta pode ser definida como o percentual de tempo em que a concentração do efluente atende a uma meta definida. Assim, uma ETE será completamente confiável se não houver falha no desempenho, ou seja, a concentração do efluente tratado não exceder, em nenhum momento, o valor da meta.

O que este trabalho pretende é apresentar os resultados do desempenho de uma estação de tratamento de água cinza composta por reator anaeróbio compartimentado seguido por filtro intermitente de leito fixo com recheio de retalhos de geotextil, tratando a corrente de água cinza de uma residência em escala real e sua confiabilidade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto da estação de tratamento de águas cinza (ETAC) foi implantado numa unidade unifamiliar habitada por 5 pessoas, sendo 2 adultos, 2 adolescentes e 1 criança. A residência em estudo localiza-se na região do subúrbio rodoviário da cidade de Salvador.

A estratégia de tratamento adotada foi a combinação de sistemas anaeróbio (Reator Anaeróbio Compartimentado – RAC) e aeróbio (Filtro Intermitente de Leito Fixo – FILF).

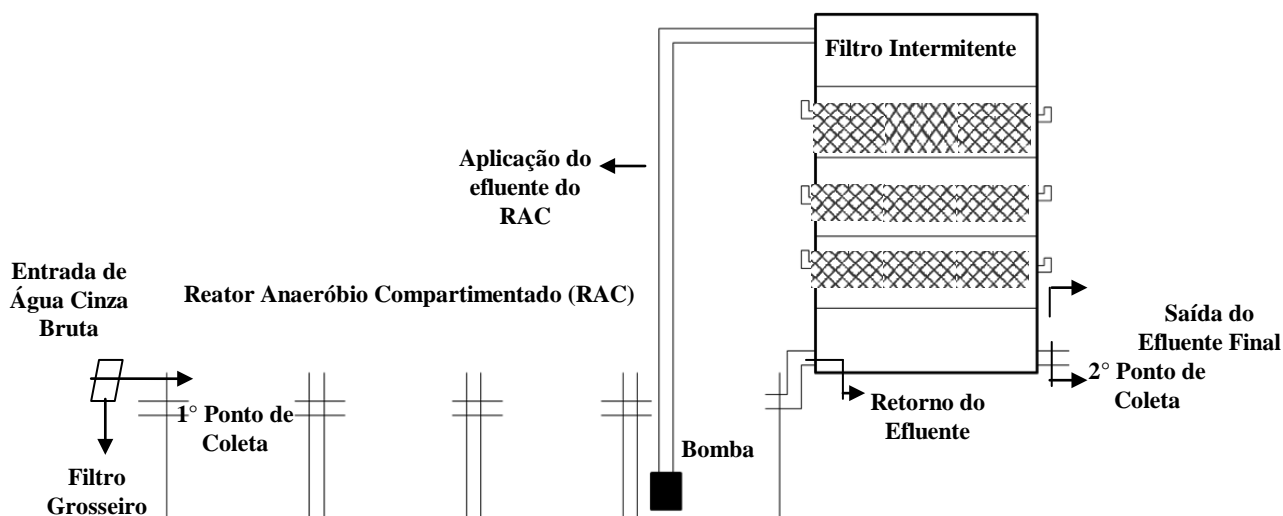
O RAC era composto por três compartimentos com alimentação em fluxo ascendente, sendo que o último era preenchido por uma camada de conduíte de ½”, com um tempo de residência hidráulica total de 12 horas. Um quarto compartimento funcionou como câmara de dosagem, onde foi instalada uma bomba que fazia a aplicação no FILF a cada 15 minutos

O FILF tinha como material do leito filtrante retalhos de geotextil arranjados em três camadas com espaços vazios entre elas, nos quais foram abertos orifícios para permitir a entrada de ar, de modo a assegurar o acesso de oxigênio em toda a coluna. A carga hidráulica aplicada foi de  $0,860 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  com base na vazão afluente. O fundo do filtro foi dividido em dois setores circulares com, respectivamente, 270 e 90°, sendo que o último encaminhava o efluente filtrado para a saída da ETAC, enquanto o primeiro retornava o filtrado para a câmara de dosagem, assegurando uma razão de recirculação igual a 3.

À montante da ETAC foi instalada uma peneira em nylon com abertura de 2,00 mm cuja função era reter o material grosseiro e fibroso, comum nas águas provenientes de lavagem de roupa e de banho.

A Figura 1 ilustra o esquema de tratamento utilizado.

As instalações sanitárias da residência foram modificadas para separar os efluentes dos lavatórios, chuveiros e tanque e máquina de lavar roupa, os quais eram conduzidos à ETAC.



**Figura 2: Fluxograma do Sistema de Tratamento.**

Após um período de aclimação (não houve sementeira) de cerca de seis semanas, a ETAC foi operada por pouco mais de 3 meses com o monitoramento dos parâmetros indicados na Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros Analisados.**

	Nº de Análises	Método de Análise
<b>DBO</b>	30	SM 5210 B 21ª Ed/ NBR - 12614
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	30	Membrana Filtrante SM 9222 D
<b>Nitrogênio Total</b>	28	HACH 10071 ou 10072 (LR e HR)
<b>Cor Aparente</b>	30	SM 2120C 21ª Ed
<b>Sólidos em Suspensão</b>	30	SM 2540D 21ª Ed
<b>Fósforo Total</b>	18	SM 4500- P D 21ª Ed
<b>Sólidos Dissolvidos</b>	18	SM 2540D 21ª Ed
<b>Sulfatos</b>	16	SM 4500- SO <sub>4</sub> E 21ª Ed

O coeficiente de confiabilidade (CDC) foi calculado utilizando-se a seguinte equação (Niku *et al.*, 1979):

$$CDC = \sqrt{CV^2 + 1} \cdot e^{\left(-Z_{1-\alpha} \sqrt{\ln(CV^2 + 1)}\right)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

CV = coeficiente de variação (desvio padrão dividido pela média aritmética da concentração efluente)

$Z_{1-\alpha}$  = variável normal central reduzida correspondente à probabilidade de não excedência (1- $\alpha$ )

O coeficiente de confiabilidade relaciona o valor da concentração efluente média a um padrão a ser alcançado, em uma base probabilística. A meta de qualidade,  $X_s$ , correspondente a um CDC poderá ser obtida através da equação:

$$m_x = CDC \cdot X_s \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

$m_x$  = concentração média do constituinte;

$X_s$  = meta de qualidade ou padrão fixado por alguma legislação ou norma;

CDC = coeficiente de confiabilidade.

O cálculo do percentual esperado de atendimento para as diversas concentrações do efluente estes mesmos padrões de lançamento, partindo dos valores de concentração efluente e CV da ETAC. Para isto foi utilizada a equação (3) proposta por Niku *et al.* (1979), obtida por meio da integração da função densidade de probabilidade de uma distribuição lognormal:

$$Z_{1-\alpha} = \frac{\ln X_s - \left[ \ln \mu_x - \frac{1}{2} \ln(1 + CV^2) \right]}{\sqrt{\ln(1 + CV^2)}} \quad \text{Equação 3}$$

## RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta, de forma resumida, os resultados para os parâmetros monitorados da água cinza bruta e da água tratada.

**Tabela 2: Características das águas cinzas**

	Água Cinza Bruta	Água Tratada
Parâmetro	Média (Desvio Padrão)	Média (Desvio Padrão)
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	291,67 (86,17)	4,53 (3,40)
<b>SST (mg/L)</b>	59,33 (17,32)	1,85 (2,36)
<b>SDT (mg/L)</b>	968 (865,50)	690,56 (153,20)
<b>Nitrogênio Total (mg/L)</b>	40,03 (13,17)	9,93 (4,18)
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	2,73 (1,22)	2,39 (2,80)
<b>CTT (UFC/100mL)</b>	8,2E+04 (4,08E+05)	2,72E+02 (1,45E+03)

Na Tabela 2 se pode observar que a água cinza bruta apresentou características muito semelhantes às reportadas na literatura técnica, exceto pelas concentrações de nitrogênio total, que estiveram bem acima dos valores reportados, exceto no caso da amostra com criança, cujo valor da concentração de nitrato é indicativo de uma presença maior de nitrogênio total (Tabela 3). Tal fato pode estar associado à presença de criança com menos de três anos de idade, ainda sem controle da micção.

**Tabela 3 - Caracterização das AC não-tratadas, em trabalhos brasileiros.**

Parâmetros	Fiori, Fernandes e Pizzo (2006)			Rapoport (2004)	Lira (2003)	Bazzarella (2006)	Pesquisa UFES (2005)*	Pesquisa UFSC (2006)*	Zabrocki e Santos (2005)
	Amostra com criança	Amostra com animal	Amostra s/ criança e s/ animal						
Temperatura (°C)									21,5 - 27,0
Sólidos Dissolvidos (mg / L)					434 - 720				
pH	7,37	6,94	7,09	4,7 - 7,5	6,9 - 7,8	5,99 - 7,58	5,99 - 7,58	7,0 - 8,9	6,7 - 8,5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	324,00	299,33	283,00	25 - 360		425 - 725	425 - 725	24 - 808	16,67 - 286,9
Nitrogênio Total (mg/L)				2 - 14		2,3 - 11,2	2,3 - 11,2	2,9 - 33,6	
Nitratos (mg/L)	ND - 27,5 **	1,52 - 4,90 **					0,19 - 0,98	0 - 1,46	
Sulfetos (mg/L)						0,06 - 0,22	0,06 - 0,22	0,04 - 0,59	
Sulfatos (mg/L)						121 - 377	121,1 - 377,3	8,3 - 32,4	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	155,07	125,70	195,67		672 - 1190	307 - 600			
Coliformes Fecais	5,68x10 <sup>3</sup> NPM/100mL	5,96x10 <sup>5</sup> NPM/100mL	1,26x10 <sup>5</sup> NPM/100mL	4,8x10 <sup>2</sup> - 6x10 <sup>6</sup> UFC/100mL					2,0 - 1,6 x 10 <sup>7</sup> NPM/100mL
Coliformes Termotolerantes				5x10 <sup>4</sup> - 1,6x10 <sup>6</sup> NMP/100mL					
Tipologia da AC: <b>Lira (2003) e Rapoport (2004)</b> – Chuveiro e lavatório; <b>Bazzarella (2006)</b> – Misturada (lavatório, chuveiro, tanque, máquina de lavar, cozinha); <b>Zabrocki e Santos (2005)</b> - Chuveiro, lavatório, banheira e bidê; <b>Pesquisa UFES (2005) e UFSC (2006)</b> – Misturadas; <b>Fiori, Fernandes e Pizzo (2006)</b> – Chuveiro; * (apud GONÇALVES <i>et al.</i> , 2006); ** dados obtidos de FIORI (2003); ND = Não detectado									

Fonte: Cohim et al. (2008)

A ETAC mostrou boa aptidão para atendimento a padrões exigentes de reúso doméstico no que concerne a DBO. Isso é importante na medida em que a matéria orgânica em concentrações moderadamente elevadas é a principal precursora de compostos responsáveis por odores desagradáveis e está associada à possibilidade de crescimento de microrganismos patogênicos. A eficiência de remoção média, da ordem de 98% pode ser considerada satisfatória, com um efluente com características compatíveis com a maioria dos padrões internacionais (Tabela 4).

No que diz respeito à remoção de sólidos suspensos (ver Tabela 3), a ETAC também apresentou um excelente desempenho, com eficiência média de 92,4%. Tal desempenho é fundamental para a prática de reúso, vez que sólidos suspensos estão associados à turbidez e a concentração mesmo moderadamente elevada pode comprometer a qualidade estética do efluente, comprometendo a aceitabilidade de seu uso doméstico. Ainda, a presença de sólidos suspensos possibilita o “abrigo” de microrganismos, reduzindo a eficiência da etapa de desinfecção, quando esta é necessária.

A remoção de sólidos dissolvidos foi, como esperado em sistemas biológicos, baixa, ficando abaixo de 30%, ficando a concentração média em 690,6 mg/L. O aporte principal desse constituinte deve-se à contribuição da água de lavagem de roupa. Assim, pode ser interessante a segregação dessa corrente caso o uso pretendido requiera valores mais restritivos.

Com relação à remoção de nutrientes, a ETAC apresentou uma redução de nitrogênio total de 75%, o que pode ser considerado um desempenho satisfatório face o baixo consumo de energia no sistema de tratamento. A elevada capacidade de desnitrificação está, provavelmente, associada à recirculação do efluente nitrificado do FILF e ao contato deste com o efluente do RAC.

Já com relação ao fósforo, a remoção foi desprezível, sendo necessário avaliar os possíveis impactos decorrentes da presença desse nutriente na gestão do sistema de reúso. Ressalte-se que nenhuma das diretrizes consultadas impõe limite para esse parâmetro. Os nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, estão associados à possibilidade de florescimento de algas e formação de biofilme, cuja dinâmica de crescimento precisaria ser avaliada com o efluente em condições que simulassem situações de exposição à luz e tempo de armazenamento.

No que diz respeito à remoção de microrganismos, a ETAC teve um desempenho compatível com as exigências das normas alemã e brasileira, com 99,7% de remoção e um efluente com uma densidade média de  $2,7 \cdot 10^2$

UFC/100mL. Entretanto, não foi capaz de atender padrões mais exigentes como os do Canadá, da Austrália e da maioria dos estados norte-americanos.

Entretanto, a qualidade bacteriológica para uso em descarga de vasos sanitários ou água de serviço ainda está longe de um consenso a julgar pelas recomendações encontradas em regulamentos e guias. Estudos baseados na metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico mostram que mesmo densidades superiores às observadas neste trabalho resultam em riscos toleráveis, inferiores a 1  $\mu$ DALY (Cohim, 2008).

Tem sido comum, ainda, a comparação com o padrão aceito para águas balneares até 1000 UFC/100mL (CONAMA, 2000), cuja exposição resulta em ingestões superiores ao que se espera com o uso em descargas de vasos sanitários.

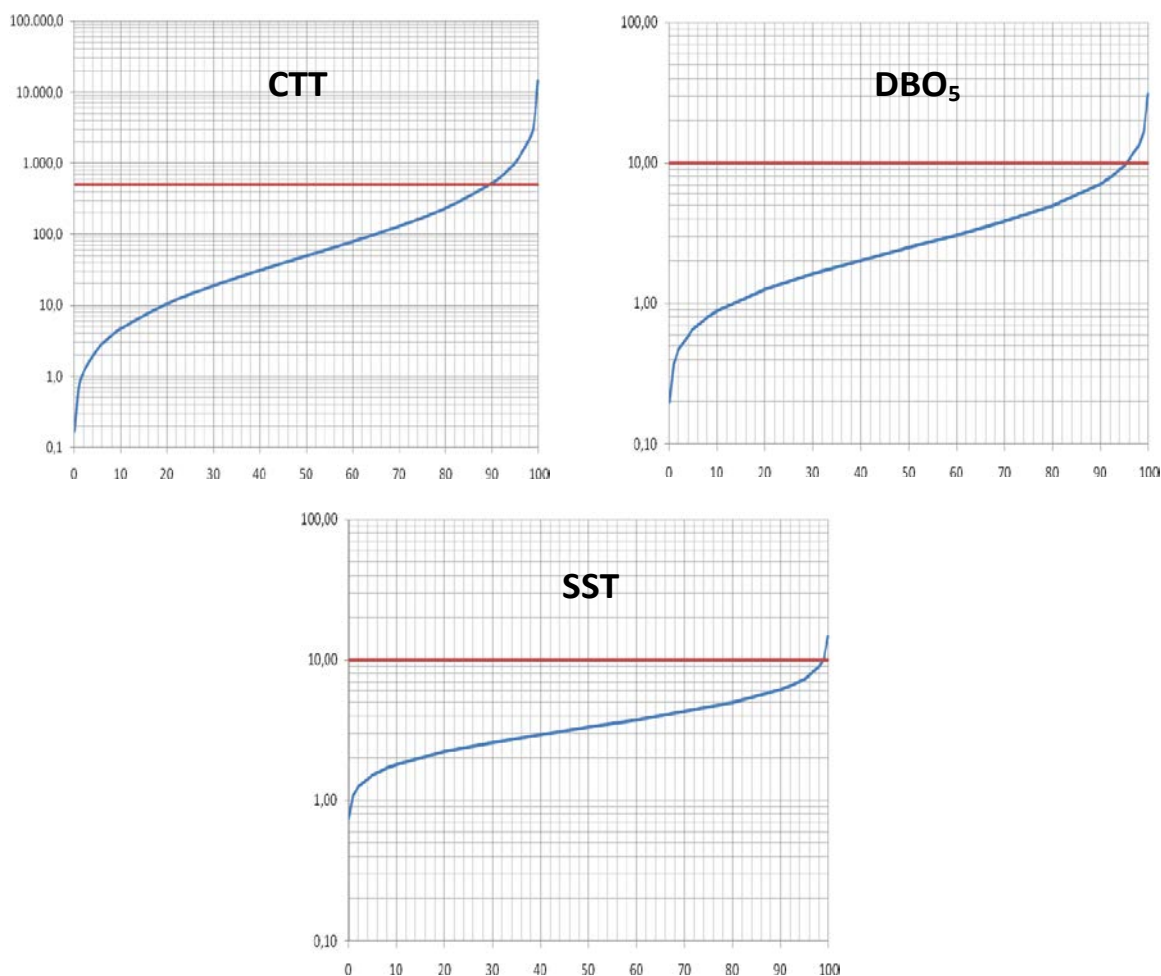
Ainda assim, caso seja necessário uma qualidade bacteriológica superior à que foi obtida, o efluente, com baixas concentrações de matéria orgânica e de sólidos suspensos, possui características favoráveis para uma etapa posterior de desinfecção, podendo-se esperar uma baixa demanda de desinfetante.

**Tabela 4 – Padrões internacionais para água de reúso para vaso sanitário**

Parâmetro	EUA, Geórgia	NBR 13969/97	Canadá	Austrália	Alemanha
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	-	-	$\leq 10$ (méd) $\leq 20$	20	20
<b>Sólidos Suspensos (mg/L)</b>	-	-	$\leq 10$ (méd) $\leq 20$	30	30
<b>Sólidos Dissolvidos (mg/L)</b>	-	200	-	-	-
<b>Nitrogênio Total (mg/L)</b>	-	-	-	-	-
<b>Fósforo Total (mg/L)</b>	-	-	-	-	-
<b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)</b>	100	500	ND (méd) $\leq 200$ (máx)	10	1000
<b>Turbidez (NTU)</b>	10	5	$\leq 2$ (méd) $\leq 5$ (máx)	-	2

É importante salientar que, além de produzir um efluente com características médias boas, a ETAC com a configuração testada apresentou uma confiabilidade alta para atender os padrões de qualidade mostrados. Nos gráficos da Figura 2 observa-se uma confiabilidade superior a 90% para atender aos padrões de SST e DBO da norma australiana e de coliformes termotolerantes da norma brasileira.





**Figura 2 – Análise confiabilidade**

## CONCLUSÕES

O estudo apresentou os resultados de um período de três meses de operação e monitoramento de uma ETAC tratando as águas de chuveiro, lavatório e lavagem de roupa de uma residência, em escala real.

A ETAC foi capaz de remover matéria orgânica, sólidos suspensos e coliformes termotolerantes com eficiências médias de, respectivamente, 98,4%, 92,4% e 99,7%.

Produziu uma remoção de 75,2% de nitrogênio total, porém menos de 15% de fósforo total e 29% de sólidos dissolvidos.

A ETAC apresentou uma boa confiabilidade, superior a 90%, para o atendimento aos padrões de 10,0 mg/L de DBO, 10,0 mg/L de sólidos suspensos e 500 UFC/100mL de coliformes termotolerantes, compatível com normas e diretrizes internacionais e brasileiras.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Unidades de Tratamento complementar e Disposição Final dos efluentes Líquidos. Disponível em: <[http://www.enge.com.br/reuso\\_agua.htm](http://www.enge.com.br/reuso_agua.htm)> Acesso em: 29 nov. 2010.
2. BAZZARELA, B.B., GONÇALVES, R.F., Tratamento de água cinza em processos (anaeróbio + aeróbio) de alta taxa visando o reúso predial. In: XXX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, Punta del Este. XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta del Este: AIDIS, 2006.
3. EPA (US) – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1992). Manual: Guidelines for water reuse. EPA/625/R-92/004. Office of water, Washington, DC.
4. FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. (2006). “Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações”. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19 -30, jan./mar
5. COHIM, E., COHIM, F. (2007) “*Reúso de água cinza: a percepção do usuário*”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. 02-07 de setembro de 2007, Belo Horizonte-MG. Anais.... Belo Horizonte-MG: ABES, 2007. II-166.
6. COHIM, E.; KIPERSTOK, A.(2007) “*Racionalização e reúso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento.*” In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador: [S.n.].
7. COHIM, E. “A hierarquia da qualidade da água”. In: XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS. 12-25 de outubro de 2008, Santiago-Chile
8. COHIM, E. et al. (2009) “*Perspectivas futuras: água, energia e nutrientes. In: Uso racional das águas nas Edificações*”. Org. por GONÇALVES, Ricardo Franci. Projeto PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. 1 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap. 6, p. 36-98.
9. COHIM, E. Saneamento sustentável: enfoques de instrumentos para sua viabilização. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
10. FIORI, S. Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares. Passo Fundo, 2005. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia e Arquitetura-Universidade de Passo Fundo, 2005.
11. FIORI, S., FERNANDES, V., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 19-30, jan./mar.2006.
12. LIRA, J.L.A. Tratamento de esgotos de lavatórios e chuveiros para reúso em descarga de vasos sanitários. Fortaleza, 2003. Dissertação de mestrado-Universidade Federal do Ceará, 2003.
13. NANCARROW, B.; KAERCHER, J.; PO, M. (2004) “ Literature review of factors influencing public perceptions of water reuse.” Australian Water Conservation and Reuse Program. CSIRO. 2004.
14. NIKU, S., SCHROEDER, E.D., SAMANIEGO F.J. Performance of activated sludge process and reliability-based design. Journal Water Pollution Control Association, v. 51, n. 12, p. 2841 - 2857, Dec., 1979.
15. RAPOPORT, B. Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação de mestrado-Escola Nacional de Saúde Pública-Fundação Oswaldo Cruz, 2004.
16. TANAJURA, C. A. S.; Genz, F.; Araújo, H. A. (2009) “Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: Validação da modelagem do clima presente”. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais.
17. ZABROCKI, L., SANTOS, D.C. Caracterização da água cinza em edifícios residenciais. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Campo Grande. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande: ABES, 2005.