



Vol. 3, No. 1, 36-48, 2010

ISSN 0718-378X

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS CINZAS SINTÉTICAS, DURANTE ARMAZENAMENTO

Eduardo Cohim ^{1*}
Asher Kiperstok ¹
Vitor Gaudêncio de
Andrade Passos ¹
Ana Cristina Bomfim Peixoto ¹

EVALUATION OF SYNTHETIC GREYWATER QUALITY DURING STORAGE

ABSTRACT

The reuse of greywater (GW) is a promising option for more sustainable management of water resources. In a reuse system, usually the production and consumption of water occur at different times, which may imply the need for a storage tank prior to treatment step. This study aims to evaluate changes in quality of synthetic greywater (SGW), stored at home. Were also studied GW bathroom and washing machine. Another goal is the calibration of a formulation for SGW, found in a British publication, in order to achieve greater representation of Brazilian reality. The CA storage showed rapid depletion of the DO levels below 1 mg/L, accompanied by increase in reducing character of the medium. In some samples, growth was observed between densities of fecal coliform since day 1 of storage. The synthetic calibrated formulation provided a good fit to the tracks target pre-set to their physicochemical and microbiological contaminants.

Keywords: Greywater, Reuse, Environmental Sanitation, Ecological Sanitation, Water Sustainability.

¹TECLIM, Departamento de Engenharia Ambiental, (EP/UFBA).

* Contact Rua Aristidis Novis, 02, 4º andar - Federação - Salvador - Bahia - CEP: 40210-630 - Brasil - Tel: +55 (71) 3283-9892/9860 - e-mail: ecohim@ufba.br

RESUMO

O uso de águas cinza (AC) é opção promissora para um manejo mais sustentável dos recursos hídricos. Em um sistema de reúso, geralmente a produção e consumo de água ocorrem em períodos distintos, o que poderá implicar na necessidade de um reservatório de armazenamento, anterior à etapa de tratamento. Este trabalho visa avaliar as mudanças de qualidade em águas cinza sintéticas (ACS), armazenadas em repouso. Também foram estudadas AC de banho e máquina de lavar. Outro objetivo é a calibração de uma formulação para ACS, encontrada em publicação inglesa, com o fim de atingir uma maior representatividade da realidade brasileira. As AC armazenadas mostraram rápida depleção do OD a níveis abaixo de 1mg/L, acompanhada de aumento do caráter redutor do meio. Em alguns lotes, foi observado crescimento das densidades de coliformes termotolerantes já no 1º dia de armazenamento. A formulação sintética calibrada apresentou bom ajuste às faixas-alvo pré-definidas para seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Palavras-Chave: Águas Cinza, Reúso, Saneamento Ambiental, Saneamento Ecológico, Sustentabilidade Hídrica.

INTRODUÇÃO

Na busca de um manejo mais sustentável dos recursos hídricos, o uso de Águas Cinza (AC) – efluentes de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupa – se revela promissor devido à sua menor carga patogênica, se comparadas ao esgoto convencional, o que oferece menor risco sanitário. A água cinza é gerada a partir das atividades de higiene pessoal e limpeza doméstica. Sua composição apresenta grande variabilidade em termos de tempo e espaço, devido às variações das quantidades e tipos de produtos utilizados, bem como os volumes de água consumidos (Eriksson *et al.*, 2002). A Tabela 1 apresenta as faixas de valores observadas para águas cinza não-tratadas, na literatura brasileira.

Tabela 1: Caracterização das AC não-tratadas, em trabalhos brasileiros.

Parâmetros	Fiori, Fernandes e Pizzo (2006)			Rapoport (2004)	Lira (2003)	Bazzarella e Gonçalves (2006)	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	7,4	6,9	7,1	4,7 - 7,5	6,9 - 7,8	6,0 - 7,6	7,0 - 8,9	6,7 - 8,5
DBO ₅ (mg/L)	324	299	283	25 - 360		425 - 725	24 - 808	17 - 287
Nitrogênio Total (mg/L)				2 - 14		2,3 - 11,2	2,9 - 33,6	
Nitratos (mg/L)	ND - 27,5 **	1,52 - 4,90 **					0 - 1,46	
Sulfetos (mg/L)						0,06 - 0,22	0,04 - 0,59	
Sulfatos (mg/L)						121 - 377	8,3 - 32,4	
Condutividade Elétrica (µS/cm)	155	126	196		672 - 1190	307 - 600		
Coliformes Fecais	5,68x10 ³ NPM/100mL	5,96x10 ⁵ NPM/100mL	1,26x10 ⁵ NPM/100mL	4,8x10 ² - 6x10 ⁶ UFC/100mL				2,0 - 1,6 x 10 ⁷ NPM/100mL
Coliformes Termotolerantes				5x10 ⁴ - 1,6x10 ⁶ NMP/100mL				

Tipologia da AC: **Lira (2003) e Rapoport (2004)** – Chuveiro e lavatório; **Bazzarella (2006)** – Misturada (lavatório, chuveiro, tanque, máquina de lavar, cozinha); **Zabrocki e Santos (2005)** - Chuveiro, lavatório, banheira e bidê; **Pesquisa UFES (2005) e UFSC (2006)** – Misturadas; **Fiori, Fernandes e Pizzo (2006)** – Chuveiro; * (apud GONÇALVES *et al*, 2006); ** dados obtidos de FIORI (2005); ND = Não detectado

A AC apresenta carga orgânica comparável à de um esgoto municipal de baixa a média carga, com características similares ao esgoto tratado a nível terciário, no que diz respeito à biodegradabilidade e poluição física (Jefferson *et al.*, 2004). Gonçalves e outros (2006) observam que alguns tipos de água cinza são mais biodegradáveis que o esgoto sanitário médio. Tais características podem provocar rápida depleção do oxigênio dissolvido, culminando numa condição de anaerobiose, com geração de odores desagradáveis.

Embora a água cinza não englobe o efluente de vaso sanitário, há considerável presença de coliformes termotolerantes. No entanto, experimentos demonstraram que ocorre crescimento de microrganismos indicadores na AC sob condições de anaerobiose, o que pode levar a uma superestimativa do risco microbiológico do uso dessa corrente. Trabalho de Ottoson e Stenström (2003) indica que as densidades de organismos indicadores podem superestimar a contaminação fecal em 100 a 1000 vezes.

Na prática do reúso, deve-se atender aos requisitos de segurança sanitária e ambiental, bem como aspectos estéticos (Nolde, 1999). Uma pesquisa de opinião, realizada entre professores de primeiro grau na Região Metropolitana de Salvador-BA, identificou igual nível de preocupação com os aspectos microbiológicos e com o odor (Cohim e Cohim, 2007). Desta forma, ainda que correntes de AC ofereçam baixo risco microbiológico (Cohim e Kiperstok, 2007), é necessário que a AC passe por uma etapa de tratamento para ajuste a padrões estéticos.

A seleção de uma tecnologia de tratamento adequada está condicionada à capacidade desta de produzir um efluente de qualidade aceitável, sob as condições de variabilidade das características da AC afluyente. Nolde (1999) ressalta que um mesmo sistema de tratamento, operando em locais distintos, poderá fornecer resultados diferentes. É recomendável que, antes da implantação do sistema, sejam realizados testes em escala experimental para aferir a eficiência do mesmo sob as condições em que será operado. Nesse contexto, o uso de Águas Cinza Sintéticas (ACS) pode ser útil. Seguramente, a ACS não é tão variável quanto a AC real, porém isso pode traduzir-se em benefício nas etapas preliminares de observação da tecnologia testada. A garantia de uma maior uniformidade do afluyente, obtida pelo emprego das formulações sintéticas, possibilita uma melhor avaliação e controle dos aspectos funcionais e operacionais do sistema, porque diminui a influência da variabilidade do afluyente sobre a qualidade final do efluente produzido. Além disso, seu uso possibilita que tecnologias de tratamento distintas sejam comparadas sob as mesmas condições padrão de afluyente.

De acordo com Toifl e outros (2006), a ACS deve cumprir os requisitos: ser representativa da real; ser um substrato adequado para a sobrevivência de microrganismos, assim como ocorre na água cinza real; ter formulação facilmente reprodutível; ter qualidade similar entre diferentes lotes; conter compostos identificados na água cinza real como tendo impacto no homem ou meio ambiente. Os produtos de higiene usados na formulação devem ser de marcas com ampla participação no mercado, de forma a garantir uma seleção representativa. Um dos objetivos do presente estudo é a calibração de uma formulação, recomendada por Brown e Palmer (2002), buscando uma qualidade semelhante à das AC reais caracterizadas na literatura, principalmente brasileira.

A geração e consumo das AC apresentam grande variação diária. Segundo Gonçalves e outros (2006), cerca de 80% de toda a AC em um edifício residencial são produzidos nos horários de pico (entre 6 e 9h, 11 e 14h, 17 e 21h). Geralmente, a AC é produzida em um tempo deslocado em relação ao seu uso potencial, ou seja, produção e consumo não são simultâneos (Jefferson *et al.*, 1999). Logo, pode ser necessário que o sistema de reuso inclua um reservatório de armazenamento para regularização das vazões, balanceando oferta e demanda de água. No entanto, longos períodos de detenção da AC não-tratada podem comprometer a eficiência de todo o sistema (Dixon *et al.*, 1999), ao possibilitar a biodegradação da água, depleção do oxigênio dissolvido e multiplicação de microrganismos.

Devido a esta acentuada variação de qualidade ao longo do tempo, o comportamento das ACS durante o armazenamento, quanto a alguns parâmetros físico-químicos, microbiológicos, e aspectos estéticos, também serão avaliados neste estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A formulação para ACS utilizada no experimento foi a sugerida por Brown e Palmer (2002). As quantidades da formulação original para a produção de um volume total de 10L estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2: Formulação original, de Brown e Palmer (2002)

Ingrediente	Quantidade	Ingrediente	Quantidade
Água	9,75 L	Óleo de Girassol	0,1 mL
Xampu	8,6 mL	Esgoto Terciário	250 mL

O xampu contribui para a carga orgânica e teores de sódio (Toifl *et al.*, 2006), além de fósforo, tensoativos em geral, e compostos orgânicos xenobióticos. O óleo de girassol contribui para a DQO e COT. O componente esgoto contribui principalmente para a carga orgânica e carga patogênica. Os produtos utilizados no presente trabalho foram: xampu “PALMOLIVE Naturals Neutro” e “óleo de girassol LIZA”. Nos primeiros testes, utilizou-se esgoto decantado na produção de ACS, sendo posteriormente substituído por efluente de reator UASB.

Com base nos estudos de caracterização de AC não-tratadas encontrados na literatura brasileira (Tabela 1), definiram-se as faixas-alvo para as concentrações presentes na ACS, conforme Tabela 3. Os resultados obtidos com o monitoramento da ACS recém-produzida eram comparados com as faixas-alvo definidas para os seus parâmetros, e então os ajustes necessários eram feitos à formulação, visando enquadrar os valores dentro do estipulado.

Tabela 3: Faixas-alvo definidas para a ACS.

Parâmetros	Temperatura (°C)	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	pH	DBO ₅ (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Sulfetos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Condutividade Elétrica (µS/cm)	Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)
Faixas-alvo para ACS	22 - 26	400 - 600	6,5 - 8,5	280 - 360	2,3 - 33,6	0,19 - 4,90	0,04 - 0,59	8,0 - 110,0	400 - 700	5x10 ² - 5x10 ⁴

Um lote de ACS, de volume igual a 20 litros, era produzido semanalmente e armazenado em baldes comuns, tampados, em condições de repouso e temperatura ambiente. O tempo padrão de armazenamento foi de 7 dias, mas ocasionalmente alguns lotes foram submetidos a períodos maiores, de até 50 dias. Os parâmetros Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Oxigênio Dissolvido e Potencial de Oxi-Redução (ORP) foram medidos diariamente por sonda multi-paramétrica YSI 556MPS, ao longo de todo o experimento. Paralelamente, em 5 semanas, amostras foram analisadas em laboratório quanto a: DBO₅, Coliformes Termotolerantes, Sulfato, Sulfeto, Nitrato e Nitrogênio Total. As amostras foram coletadas a partir das camadas superiores da coluna d'água até aproximadamente 3 cm de profundidade. Nas etapas finais do experimento, foram coletadas água cinza proveniente do banho de um único indivíduo, adulto, e água cinza advinda da lavagem de roupas de uma família de 5 pessoas, adultas, em máquina de lavar. A finalidade da incorporação destas águas ao

experimento foi a de observação e comparação com a formulação sintética, avaliando suas semelhanças e diferenças durante o período de estocagem, em termos do comportamento dos parâmetros monitorados pela sonda multi-paramétrica, aspectos visuais e odor.

Ao longo de todo o experimento, 24 lotes de água cinza foram monitorados, dentre eles: 13 de água cinza sintética (ACS), 6 de AC de banho (ACRb), e 5 de AC de máquina de lavar (ACRm). A Tabela 4 mostra os tempos de armazenamento dos diversos lotes, e a identificação destes por meio de códigos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CALIBRAÇÃO DA FORMULAÇÃO DE ACS

O primeiro lote (X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25) foi produzido segundo a formulação original de Brown e Palmer (2002), porém com esgoto decantado em substituição ao esgoto terciário recomendado. Conforme necessidade de se aumentar ou diminuir carga orgânica, patogênica, ou outro parâmetro, as formulações seguintes tiveram as quantidades dos componentes ajustadas. A partir de 19/09/07, o componente esgoto decantado foi substituído por efluente de UASB, pois este último apresenta maior regularidade na concentração de Coliformes Termotolerantes, facilitando o controle desta variável. A partir de 03/10/07, foram introduzidas pequenas quantidades de urina na formulação, buscando atingir níveis de Nitratos dentro do estabelecido, o que não vinha ocorrendo. Segundo Toifl e outros (2006) a uréia pode ser considerada fonte adequada de nitrogênio. A Tabela 5 mostra a evolução da formulação.

Tabela 4: Tempos de armazenamento e códigos* dos lotes.

Tipo	n°	Tempo de Armazenamento	Código da Formulação	Tipo	n°	Tempo de Armazenamento	Ciclos de Lavagem
ACS	1	26 dias	X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25	ACRm	1	32 dias	1 2
	2	50 dias	X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25		2	7 dias	1 2
	3	7 dias	X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25		3	7 dias	1 2 3
	4	7 dias	X 10 - O 0,2 - ED 0,5		4	7 dias	2 3
	5	8 dias	X 20 - O 0,15 - ED 1,0		5	7 dias	1 2 3
	6	7 dias	X 20 - O 0,15 - ED 0,75	Tipo	n°	Tempo de Armazenamento	
	7	8 dias	X 20 - O 0,15 - ED 0,75				
	8	32 dias	X 20 - O 0,15 - ED 0,75	ACRb	1	50 dias	
	9	26 dias	X 20 - O 0,15 - ED 0,75		2	32 dias	
	10	7 dias	X 20 - O 0,15 - EU 0,75		3	7 dias	
	11	7 dias	X 20 - O 0,15 - EU 0,75		4	7 dias	
	12	7 dias	X 15,5 - O 0,1 - EU 0,5 - U 1,0		5	7 dias	
	13	7 dias	X 17,5 - O 0,1 - EU 0,65 - U 2,0		6	7 dias	

* Para 10L de formulação: X = qtde. xampu (mL); O = qtde. óleo (mL); ED = qtde. esgoto decantado (L); EU = qtde. efluente UASB (L); U = qtde. urina (mL). Os números associados às ACRm indicam os ciclos de lavagem incluídos (1°, 2° ou 3° ciclos), sempre misturados em igual proporção.

A formulação **X 17,5 - O 0,1 - EU 0,65 - U 2,0** foi a que ofereceu melhor ajuste às faixas-alvo definidas. Embora o seu valor de DBO₅ não caia na faixa alvo, apresenta-se coerente com os valores relatados na literatura. Não foi possível compatibilizar os valores de Nitrato e Nitrogênio total, simultaneamente, nas faixas requeridas. A adição de urina de fato ocasionou incremento no Nitrogênio total, porém apenas ganhos marginais no valor de Nitrato.

Tabela 5: Evolução da formulação sintética

Data de produção da ACS	Formulação	Parâmetros para ACS recém-produzidas					
		C.Te. (UFC/100mL)	DBO (mg/L)	Nitratos (mg/L)	N.Total (mg/l)	Sulfatos (mg/L)	Sulfetos (mg/L)
18/05/2007	X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25 *	-	-	-	-	-	-
13/06/2007	X 10 - O 0,2 - ED 0,5	9,30E+02	160	0,38	-	14,5	0,160
20/06/2007	X 20 - O 0,15 - ED 1,0	6,00E+04	210	0,23	-	10,1	0,692
28/06/2007	X 20 - O 0,15 - ED 0,75 *	-	-	-	-	-	-
26/09/2007	X 20 - O 0,15 - EU 0,75	2,60E+04	380	0,18	33	12,1	1,270
03/10/2007	X 15,5 - O 0,1 - EU 0,5 - U 1,0	3,00E+03	160	0,17	32	13,2	0,737
10/10/2007	X 17,5 - O 0,1 - EU 0,65 - U 2,0	1,2E+04	250	0,19	40	8,31	0,170

*Estas formulações foram monitoradas apenas quanto aos parâmetros da sonda multiparamétrica.

COMPORTAMENTO DOS LOTES DE ACS DURANTE ARMAZENAMENTO

OD E ORP: O valor inicial do Oxigênio Dissolvido situou-se nos intervalos 4,3 – 5,6 mg/L, 4,3 – 5,0 mg/L e 4,4 – 5,3 mg/L para as AC sintéticas, de banho e de máquina de lavar, respectivamente. As AC monitoradas apresentaram rápida depleção no nível de OD e alcançaram uma condição de virtual anaerobiose, atingindo níveis abaixo de 1mg/L nos primeiros 3 dias (Tabela 6, Figuras 1 a 3).

Tabela 6: Tempo decorrido para que OD < 1mg/L.

Lote	Tempo para que OD < 1mg/L	Lote	Tempo para que OD < 1mg/L	Lote	Tempo para que OD < 1mg/L	Lote	Tempo para que OD < 1mg/L
ACS 1	< 72 horas	ACS 7	< 24 horas	ACS 13	< 36 horas	ACRb 1	< 60 horas
ACS 2	< 60 horas	ACS 8	< 72 horas	ACRm 1	< 24 horas	ACRb 2	< 24 horas
ACS 3	< 60 horas	ACS 9	< 24 horas	ACRm 2	< 36 horas	ACRb 3	< 12 horas
ACS 4	< 12 horas	ACS 10	< 36 horas	ACRm 3	< 36 horas	ACRb 4	< 24 horas
ACS 5	< 12 horas	ACS 11	< 36 horas	ACRm 4	* exceção	ACRb 5	< 36 horas
ACS 6	< 24 horas	ACS 12	< 24 horas	ACRm 5	< 36 horas	ACRb 6	< 36 horas

Figura 2: OD e ORP versus tempo de armazenamento: ACS, X 20 - O 0,15 - ED 1,0

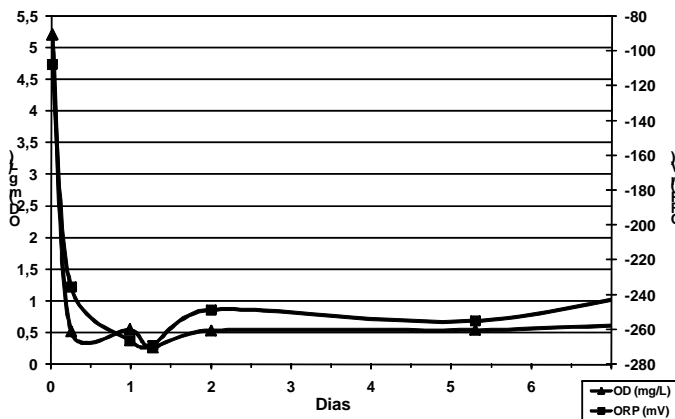


Figura 1: OD e ORP versus tempo de armazenamento: ACRb 1

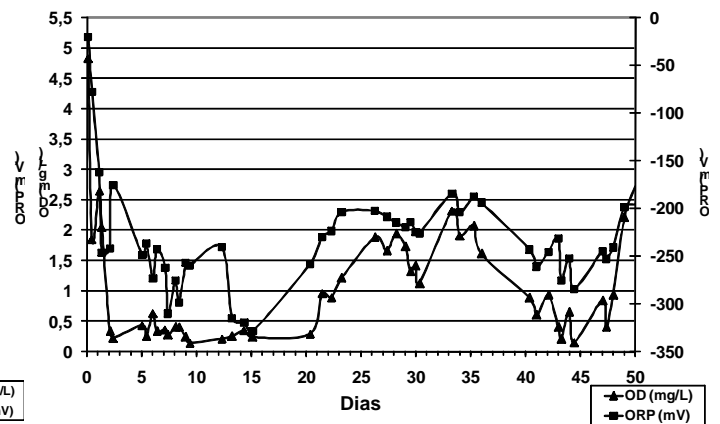


Figura 3: OD e ORP versus tempo de armazenamento: ACRm 1 (1ª e 2ª água)

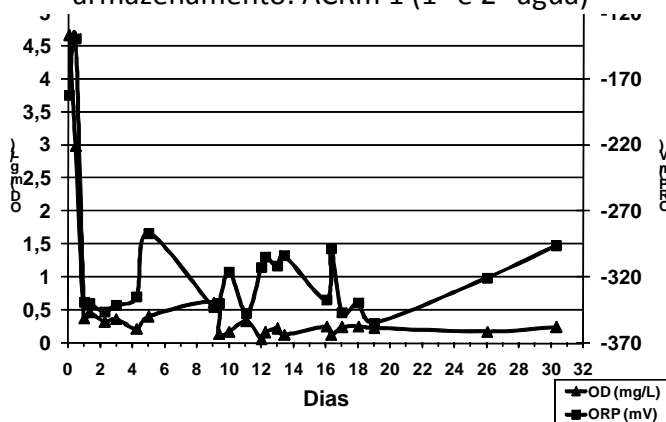
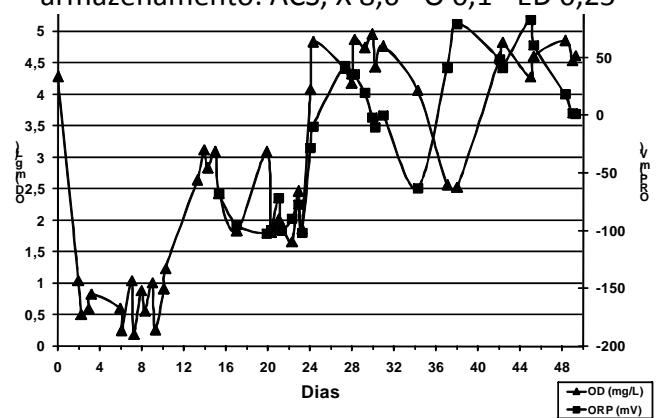


Figura 4: OD e ORP versus tempo de armazenamento: ACS, X 8,6 - O 0,1 - ED 0,25



O lote de ACRm 4, composto apenas pelas 2ª e 3ª descarga da máquina, atingiu um valor mínimo de 2,6 mg/L no 2º dia de estocagem, e apresentou uma aparente tendência lenta de

recuperação, atingindo um OD de 3,8 mg/L ao final de seus 7 dias de observação. Este fato reflete a menor carga poluente presente nestas descargas em relação à 1ª, o que, em termos qualitativos, revela um maior potencial de reúso. Em alguns lotes armazenados por maiores períodos, observaram-se indícios de recuperação parcial do oxigênio (Figura 4), por reaeração atmosférica, porém esta recuperação nem sempre se manteve.

Por questões técnicas, apenas os lotes ACS 3 a 9, ACRb 1 e 2, e ACRm 1 foram monitorados durante todo o período de estocagem, quanto ao potencial de oxi-redução (ORP). Para as AC recém produzidas, o ORP situou-se nos intervalos (-59,8) – (-205,0)mV, (-20,4) – (-147,5)mV, e valor (-182,2)mV para os lotes de ACS, ACRb e ACRm, respectivamente. Os valores ao final do período de 7 ou 8 dias situaram-se em (-215,7) – (-331,1)mV, (-262,0) – (-269,8)mV, e valor (-287,0)mV, respectivamente, o que evidencia a tendência de redução significativa do ORP, decorrente do aumento do caráter redutor do meio, ocasionado pela depleção do oxigênio dissolvido e surgimento de condições muito próximas da total anaerobiose. De fato, as curvas de variação temporal do OD e ORP são bem parecidas em comportamento, evidenciando a forte relação entre ambos os parâmetros (Figuras 1 a 4).

Coliformes Termotolerantes: Os lotes ACS 4 e 11 a 13 foram monitorados quanto a este parâmetro. A ACS 4, de formulação X 10 - O 0,2 - ED 0,5, apresentou resultados inesperados, com decréscimo das densidades de coliformes termotolerantes ao longo do tempo, alcançando <10 UFC/100mL em 5 dias de armazenamento, contrariando a literatura, que afirma que a AC representa meio adequado à proliferação de microrganismos.

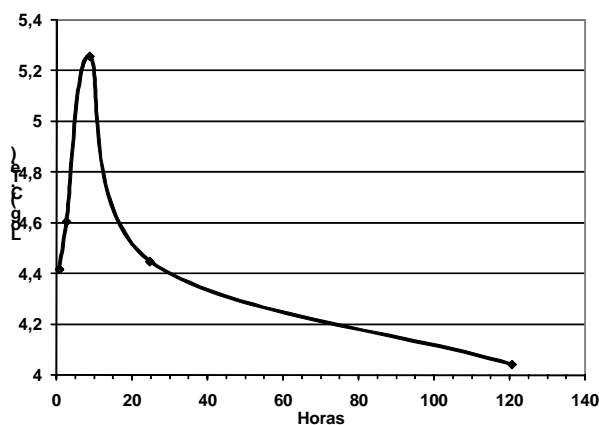


Figura 6: Log (C.Te – UFC/100ml) x tempo de armazenamento: ACS, X 20 - O 0,15 - EU 0,75

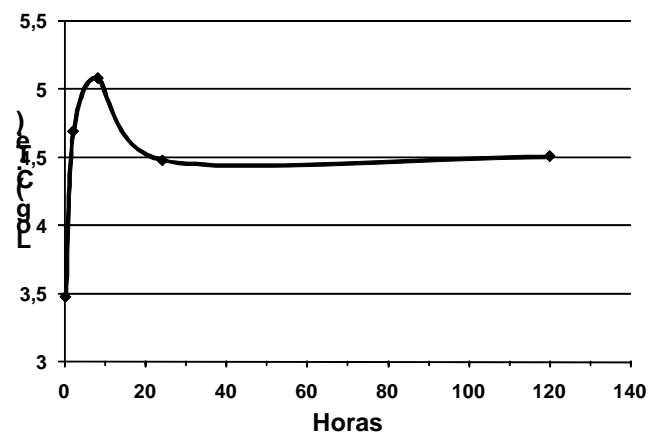


Figura 5: Log (C.Te – UFC/100ml) x tempo de armazenamento: ACS, X 15,5 - O 0,1 - EU 0,5 - U 1,0

Os lotes ACS 11 a 13 apresentaram resultados coerentes com o que era esperado: a ACS 11 (X 20 - O 0,15 - EU 0,75) apresentou, já nas primeiras horas de armazenamento, crescimento de C.Te. de $2,6 \times 10^4$ UFC/100mL (com 1h de estocada) para $1,8 \times 10^5$ UFC/100mL em 9h de armazenada (Figura 5). O lote ACS 12 (X 15,5 - O 0,1 - EU 0,5) também mostrou rápida multiplicação dos C. Te, que passaram de $3,0 \times 10^3$ para $1,2 \times 10^5$ UFC/100mL antes de 9h de armazenamento (Figura 6). O lote 13 (X 17,5 - O 0,1 - EU 0,65 - U 2,0), inicialmente com $1,2 \times 10^4$ UFC/100mL, apresentou decréscimo das densidades de coliformes nas primeiras 3 horas, seguido de posterior recrescimento, atingindo $6,3 \times 10^4$ UFC/100mL em 9 horas de armazenamento.

Este resultado é relevante em dois aspectos: a ACS cumpriu o requisito de ser um meio adequado à sobrevivência e proliferação de microrganismos; e a rápida multiplicação destes pode efetivamente se constituir num fator complicador em sistemas de reúso que incluam reservatório para a AC bruta, podendo comprometer a eficiência das etapas subseqüentes de tratamento.

Os resultados obtidos para o comportamento do OD e C.Te. evidenciam a ocorrência da degradação da matéria orgânica pela via aeróbia, onde o oxigênio é intensamente consumido pelos microrganismos aeróbios nas suas reações metabólicas que envolvem a transformação dos compostos orgânicos – presentes na AC em quantidades apreciáveis – em compostos mais simples e energia.

pH: Houve nos lotes de ACS 3 a 12, significativa tendência de queda do pH, partindo de valores entre 7,9 – 8,8 para 7,1 – 8,1 em 7 dias. Nas ACS 1 e 2 não se identificaram tendências. Para as AC de banho, os valores de pH caíram de 7,0 – 7,8 a 6,3 – 7,4 em 7 dias. Já nas AC de máquina de lavar, mais alcalinas, os valores caíram de 8,9 – 10,0 a 8,1 – 9,1 (exceto para ACRm 5, que não apresentou comportamento regular). A redução observada do pH nas AC pode estar relacionada à liberação de CO_2 (um dos subprodutos da degradação da matéria orgânica), que, transformado em ácido carbônico na água, aumentaria sua acidez.

CE e SDT: Nas AC recém-produzidas, a CE situou-se nas faixas de valores 458 – 869 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para ACS, 285 – 355 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para ACRb e 1341 – 2518 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para ACRm. Os valores de SDT situaram-se em 304 – 571 mg/L para ACS, 182 – 220 mg/L para ACRb, 867 – 1612 mg/L para ACRm. Portanto, as águas de máquina de lavar apresentaram CE e SDT significativamente maiores que as ACS (valores intermediários) e ACRb (menores valores).

Nitratos: Nos 4 lotes de ACS monitorados quanto a Nitratos (ACS 4 e 11 a 13), foi observada uma forte queda no valor deste parâmetro, no 1º dia de armazenamento. Os valores iniciais

para a água recém produzida situaram-se no intervalo 0,38 – 0,17 mg/L N-NO₃. Ao final do 1º dia, os valores caíram para 0,10 – <0,01 mg/L N-NO₃. Tal resultado pode ser um indicativo da ocorrência do processo de desnitrificação, em que ocorre conversão de nitratos a nitrogênio gasoso por ação de microrganismos heterotróficos, favorecido pelo progressivo estabelecimento de condições anóxicas no meio líquido.

Produção de odores: As observações feitas neste subitem são de caráter subjetivo. Apesar das águas analisadas atingirem condições próximas à total anaerobiose, não foi observada produção significativa dos odores típicos de gases como o sulfídrico ou metano. No entanto, houve, na maioria das amostras de ACS, geração de odores qualificados como razoavelmente desagradáveis por determinados períodos de tempo. As amostras de banho não apresentaram, em momento algum, produção de maus odores. Já as águas provenientes da máquina de lavar apresentaram o maior potencial de produção de odores fétidos, que perduraram por maior tempo, em comparação às ACS.

Aspectos visuais: A turbidez das ACS variou de acordo com a carga poluente adicionada, mas apresentou-se comparável àquela das ACRm e inferior a das ACRb. As ACS armazenadas por 7 dias não apresentaram deterioração da qualidade visual, ao contrário daquelas que foram armazenadas por maiores períodos. A ACS 9, estocada por 26 dias, apresentou visível formação de material sobrenadante, com núcleos esverdeados, o que levanta a possibilidade de haver ali o desenvolvimento de colônias de microrganismos. As águas cinza sintéticas apresentaram menor potencial de formação de lodo de fundo em comparação as ACRm e ACRb.

Embora os parâmetros Sólidos Suspensos e Turbidez não tenham sido monitorados, o processo de decantação dos sólidos em suspensão nas AC estudadas pôde ser observado na formação do lodo de fundo e na visível redução da turbidez das camadas superiores de algumas amostras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A formulação **X 17,5 – O 0,1 – EU 0,65 – U 2,0** apresentou o melhor ajuste às faixas-alvo definidas para os parâmetros de qualidade.
- As AC estudadas apresentaram rápida depleção do OD, causada pela estabilização da matéria orgânica por microrganismos aeróbios. Atingiu-se uma condição de virtual anaerobiose, em curtos períodos de armazenamento. A depleção de OD é acompanhada do aumento do caráter redutor do meio.
- Apesar de condições próximas a anaerobiose rapidamente se instalarem nas AC, o potencial de geração de gases fétidos foi menor que o esperado, não sendo observado cheiro típico de gases como o sulfídrico. No entanto, houve em determinados períodos

de tempo, produção de odores que foram qualificados como razoavelmente desagradáveis.

- Foi constatado elevado potencial de sobrevivência e multiplicação dos microrganismos indicadores nas AC armazenadas.

A proliferação de microrganismos indicadores na AC deve ser observada com cautela, pois pode eventualmente acarretar numa estimativa exagerada dos riscos sanitários associados ao reúso desta corrente. É importante que se aprofunde o conhecimento acerca do potencial de sobrevivência e multiplicação dos patogênicos propriamente ditos. Alguns autores já apontam o uso de outros indicadores – como o marcador químico coprostanol, presente nas fezes, e os enterococcus fecais – como forma mais realista de avaliação da contaminação fecal da AC, e do risco microbiológico.

Agradecimentos – Às instituições financiadoras, FINEP e CNPq; à Nara Dantas, pela colaboração nas fases iniciais do experimento e à Thelma Rocha, do laboratório LABDEA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Brown, R., Palmer, A. Water Reclamation Standard: Laboratory testing of systems using grey water. BSRIA, 2002.
- Cohim, E., Cohim, F. 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.
- Cohim, E., Kiperstok, A. Uso de água cinza para fins não potáveis: um critério racional para definição da qualidade. 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-164.
- Dixon, A., et al. Measurement and modeling of quality changes in stored untreated grey water. Urban Water, v. 1, n.4, p. 293-306, 1999.
- Eriksson, E., et al. Characteristics of grey wastewater. Urban Water, v.4, p.85-104, 2002.

- 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.
- Fiori, S., FERNANDES, V., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinza em edificações. Ambiente Construído, v.6, n.1, p. 19-30, jan./mar.2006.
- Gonçalves, R., et al. Gerenciamento de Águas Cinza. In: Uso Racional de Água em Edificações – PROSAB Edital 5. Cap.4, p.153-209, 2006.
- Jefferson, B., et al. Grey water characterization and its impact on the selection and operation of technologies for urban reuse. Water Science and Technology, v.50, n.2, p.157-164, 2004.
- Jefferson, B., et al. Technologies for domestic wastewater recycling. Urban Water, v. 1, p.285-292, 1999.
- 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.
- Nolde, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. Urban Water, v.1, p. 275-284, 1999.
- Ottoson, J., Stenström, T.A. Faecal contamination of greywater and associated microbial risks. Water Research, v.37, p.645-655, 2003.
- Rapoport, B. Águas cinza: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reúso domiciliar e condominial. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação de mestrado-Escola Nacional de Saúde Pública-Fundação Oswaldo Cruz, 2004.
- Toifl, M., et al. Developing a Synthetic Greywater for Testing Greywater Technologies. In: 1ST AUSTRALIAN YOUNG WATER PROFESSIONALS, Sydney. 1st Australian Young Water Professionals. Sydney: 2006.
- 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.