

II-305 - REMOÇÃO DE COR APARENTE E TURBIDEZ DE ÁGUA CINZA UTILIZANDO UNIDADES BIOLÓGICAS FILTRANTES DE BAIXO CUSTO, INSTALADAS EM RESIDÊNCIAS RURAIS NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

Amanda Bezerra de Sousa⁽¹⁾

Graduanda em Bacharelado em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA.

Solange Aparecida Goularte Dombroski⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Mato Grosso. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP). Doutora em Engenharia Civil, área de saneamento, pela Escola Politécnica da USP. Atualmente é professora da UFRSA.

Endereço⁽¹⁾: Rua da Harmonia, 737^a – Alto de São Manoel – Mossoró- RN. CEP: 59.625-210 – Brasil – Cel: +55 (84) 9621-3457 – e-mail: amandabez12@yahoo.com.br

RESUMO

A sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos requer a aplicação de vários instrumentos, entre os quais, a utilização de fontes alternativas como água de chuva, águas residuárias industriais, esgoto doméstico, água salobra, água cinza, entre outras. O reuso de água cinza tem sido objeto de estudo e aplicação para diferentes finalidades como descarga de vaso sanitário, proteção contra incêndio, irrigação agrícola, entre outros, havendo necessidade de tratamento em diferentes níveis dependendo do reuso previsto. Para água cinza, diferentes sistemas de tratamento (infiltração no solo, filtro de cascalho, *wetlands* construídos ou lagoas, lodo ativado, filtro biológico rotativo, filtração por membranas) podem ser utilizados e a escolha dependerá, entre outras coisas, do uso pretendido. Na região semiárida do Nordeste brasileiro, o reuso de água cinza apresenta-se como uma alternativa para amenizar o problema da escassez de água. O presente trabalho teve como objetivo geral verificar o desempenho de unidades filtrantes para tratamento de água cinza gerada em três residências rurais de Olho d'Água do Borges, Rio Grande do Norte e discutir o reuso da água cinza tratada na agricultura familiar. Cada unidade filtrante monitorada apresentava fluxo descendente, área superficial de 1,77m² e preenchimento (húmus, serragem de madeira, cascalho e seixo rolado) distribuído em uma profundidade de 1m. Nos três sistemas implantados, foram realizadas amostragens da água cinza bruta, filtrada e armazenada no tanque de reuso para monitoramento do pH, temperatura, cor aparente, turbidez, sólidos dissolvidos totais (SDT) e condutividade elétrica (CE). Os resultados mostraram que os filtros dos sistemas estudados apresentaram eficiências médias de remoção entre 31 e 92% de cor aparente e 82,2 a 96,7% para turbidez. Os valores de pH da água cinza tratada armazenada variaram de 6,61 a 7,46, estando na faixa recomendada (6,0 – 8,5) para irrigação agrícola. Os valores médios de CE e de SDT das águas cinzas tratadas armazenadas indicaram leve a moderado grau de restrição para uso em irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água cinza, Reuso na irrigação, Turbidez.

INTRODUÇÃO

O aumento desordenado da população, a poluição e o padrão de consumo de água são fatores que colocam em risco a sua disponibilidade hoje e para as futuras gerações.

Em termos de disponibilidade de água, o Brasil encontra-se em situação privilegiada em relação ao mundo. Entretanto, a distribuição da água é desigual entre as regiões do Brasil. Das 12 Regiões Hidrográficas organizadas segundo a localização das principais bacias hidrográficas do País, a região de maior escassez de água (disponibilidade hídrica inferior a 100 m³/s) é a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, que abrange o Rio Grande do Norte, a Paraíba e parte dos estados do Ceará, Pernambuco, Alagoas e pequeno trecho do Piauí (ANA, 2010).

Segundo Hespanhol (2003) a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, em regiões áridas e semiáridas. Dessa forma, planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram continuamente novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível.

A conservação da água é um conjunto de atividades que objetiva reduzir a demanda de água, melhorar o uso da água e reduzir perdas e desperdícios da mesma e implantar práticas para economizar água. Dessa forma o reuso da água constitui uma forma eficiente de conservação deste recurso, devendo ser uma prática estimulada. (TOMAZ, 1998 apud MAY, 2004).

Entre as águas residuárias geradas pelas diferentes atividades da sociedade, cita-se a água cinza. Para Kibert e Kone (1992 apud BORGES, 2003), a água cinza é definida como todo esgoto gerado em uma habitação, exceto aquele proveniente da bacia sanitária. Após seu tratamento, a água cinza pode ser utilizada como uma fonte de água para uso não potável como a irrigação, descarga de vaso sanitário, a construção civil, entre outros, sendo uma prática muito comum em diversos países como Estados Unidos, Alemanha e Japão (BORGES, 2003).

Assim, o reuso de água cinza tem sido objeto de estudo e aplicação para diferentes finalidades como descarga de vaso sanitário, proteção contra incêndio, irrigação agrícola, entre outros.

Em determinadas comunidades rurais, onde não há um sistema de esgotamento adequado, a reutilização da água cinza sem qualquer tratamento é uma prática comum.

Quando os esgotos são lançados sem tratamento no meio ambiente, poluem e degradam os mananciais onde muitos dos corpos receptores são fontes de abastecimento público. Por isso, o tratamento e a disposição adequados desses efluentes no meio ambiente é extremamente importante para a preservação dos mananciais e da qualidade das águas (MAY, 2008).

Para água cinza, técnicas de tratamento simples como infiltração no solo, filtro de cascalho, *wetlands* construídos ou lagoas podem resultar em redução de níveis de patógenos de acordo com as metas baseadas em saúde. Métodos mais complexos tais como lodo ativado, filtro biológico rotativo ou filtração por membranas também podem ser utilizados (WERNER et al. 2004 apud WHO, 2006b).

Nesse contexto, para o agricultor familiar residente no Semiárido do Nordeste brasileiro, o reuso da água na agricultura constitui uma possível solução para amenizar o problema da escassez de água, além de ser possível prever sistemas economicamente viáveis e ir de acordo com o conceito de sustentabilidade.

Visando o tratamento e reuso de água cinza na agricultura familiar, o Projeto Dom Helder Câmara (PDHC) – Ministério do Desenvolvimento Agrário e a organização não governamental Assessoria, Consultoria e Capacitação Técnica Orientada Sustentável (ATOS) desenvolveram um sistema denominado Bioágua Familiar. Em cada uma de três residências rurais no município de Olho D'água do Borges, situado na região semiárida, a aproximadamente 330 km da capital do estado do Rio Grande do Norte (IBGE, 2010), foi instalado um sistema Bioágua Familiar.

Neste sentido, este trabalho verificou o desempenho de unidades filtrantes componentes dos sistemas Bioágua Familiar, com base em alguns parâmetros físico-químicos, no tratamento de água cinza gerada em três residências rurais de Olho d'Água do Borges, Rio Grande do Norte, com vistas ao reuso na agricultura familiar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três sistemas, Bioágua Familiar I, III e IV, instalados em residências rurais no município de Olho D'Água do Borges, situado a aproximadamente 330 km de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte (RN). Olho D'Água do Borges possui uma área de 141 km² e sua população em 2010 era de 4.295 habitantes. Deste total, 3238 são residentes de área urbana e 1057, de área rural (IBGE, 2010). O município está localizado em região semiárida do Rio Grande do Norte (MMA, 2004).

Descrição das unidades biológicas filtrantes de baixo custo

Cada sistema inclui, basicamente, a coleta de água cinza, seu tratamento em um filtro, sistema de irrigação e horta. Com relação ao filtro, este é constituído por quatro camadas (cascalho, seixo rolado, serragem de madeira e húmus de minhoca) distribuídas em uma profundidade de 1,0 m, conforme esquema apresentado na Figura 1. Na camada do húmus, houve o acréscimo de uma população de 1 kg de minhoca *Eisenia foetida*, no início da operação do filtro (SANTIAGO et al., 2012). A água cinza (originada de chuveiro, lavatório, pia de cozinha, tanque e máquina de lavar roupa) escoava para o filtro, por gravidade, e deste para um tanque de armazenamento, para então ser utilizada para irrigação, por gotejamento (SANTIAGO et al., 2012).

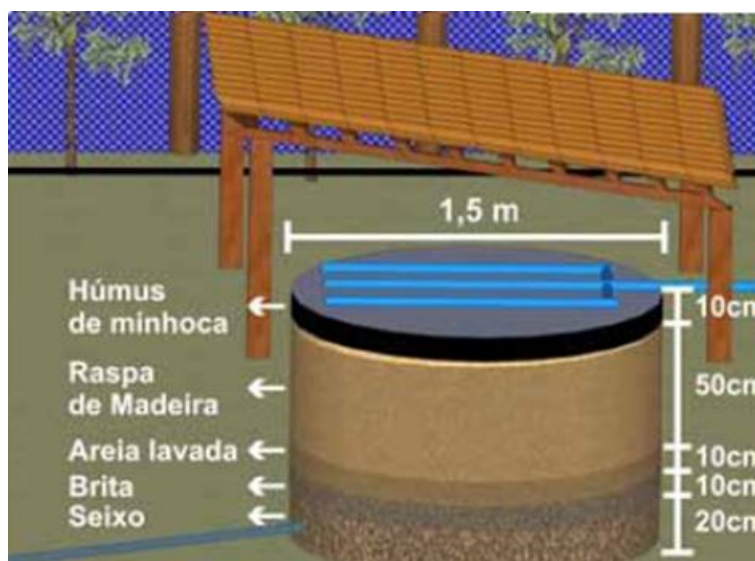


Figura 1 - Esquema da disposição das camadas dos materiais orgânicos e inorgânicos na unidade biológica filtrante de um sistema bioágua familiar.

Fonte: Santiago et al. (2012).

Monitoramento realizado

Para caracterização da água cinza gerada em cada residência estudada, assim como, para a avaliação do desempenho das respectivas unidades de tratamento, foram realizadas 9 amostragens para coleta de amostras da água cinza bruta, tratada e armazenada. Os parâmetros monitorados e respectivos métodos analíticos foram: (a) temperatura do ar e da água (°C): termômetro digital; (b) pH: método eletrométrico; (c) cor aparente (uC): método espectrofotométrico; (d) turbidez (uT): método nefelométrico; (e) sólidos dissolvidos totais – SDT (mg/L): método indireto a partir dos valores de CE; (f) condutividade elétrica – CE (µS/cm): método laboratorial usando condutivímetro. As coletas e as determinações laboratoriais foram realizadas de acordo com as recomendações de Clesceri et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam a variação da qualidade da água cinza bruta e tratada além da eficiência de remoção de cor aparente para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

As amostras coletadas foram do tipo simples e os sistemas não contavam com homogeneização da água cinza bruta a montante da unidade filtrante. Tais fatos podem explicar a variação da concentração da cor aparente na água cinza bruta dos sistemas bioágua familiar I (828 a 5.247 uC), III (1.260 a 5.837 uC) e IV (526 a 9.620 uC). A qualidade da água cinza pode variar de acordo com a localidade, nível de ocupação da residência, faixa etária, estilo de vida, classe social, cultura e costumes dos moradores (NSW HEALTH, 2002 apud MAY, 2009), com a origem da mesma, por exemplo, de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupa (NOLDE, 1999 apud MAY, 2009), podendo-se citar ainda, a disponibilidade de água na residência.

Os valores médios de cor aparente verificados no presente trabalho (2.269 a 3.209 uC) para as águas cinzas brutas foram superiores aquele (379 uC) citado por Philippi (2005, apud MAY, 2009) e aquele observado (52,30 uC) por Borges (2003, p. 68). Esses resultados sugerem a influência das características locais, enquanto região semiárida, na qualidade das águas cinzas bruta estudadas.

Ainda com relação aos dados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, observam-se os valores médios da cor aparente da água cinza filtrada de 248, 215 e 1.152 uC, respectivamente para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

O maior valor referente ao efluente do sistema IV pode ter resultado da complementação de parte do meio filtrante (serragem) no 34º dia do monitoramento do sistema. Os valores verificados de cor aparente no efluente variaram entre 1.188 a 2.618 uC nos dias subsequentes (34º a 50º dia) à manutenção do meio filtrante, sendo que a partir do 71º dia, as concentrações não ultrapassaram 480 uC.

Para os filtros dos sistemas I e III, as eficiências médias de remoção de cor aparente resultaram em 86 e 92%, respectivamente. Para a unidade filtrante do sistema bioágua familiar IV, a eficiência média de remoção de cor aparente não ultrapassou 31% no período estudado, o que pode ter decorrido do efeito na água pela troca do meio filtrante. Em um estudo de tratabilidade de águas cinzas claras, May (2009) obteve remoção de cor aparente de 91% em um sistema de tratamento tipo biodisco.

Também, nas Tabelas 1, 2 e 3, são apresentados valores de cor aparente de amostras de água cinza filtrada armazenada no tanque de reuso, cujas concentrações médias foram de 135, 334 e 1.283 uC para os sistemas I, III e IV, respectivamente.

Tabela 1 - Resultados verificados de cor aparente para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar I

Tempo cronológico (dias)		Cor aparente (uC)			Eficiência de remoção de Cor aparente (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
0		1.940	227	108	88	94
6		-	-	-	-	-
35		828	215	159	74	81
42		3.031	184	98	94	97
43		1.842	240	144	87	92
50		1.212	337	181	72	85
71		5.247	373	185	93	96
74		828	129	46	84	94
92		3.220	281	161	91	95
Tratamento estatístico	Maior valor	5.247	373	185	94	97
	Menor valor	828	129	46	72	81
	Nº de dados	8	8	8	8	8
	Média	2.269	248	135	86	92
	Desvio padrão	1.508	80	48	8	6

Tabela 2 - Resultados verificados de cor aparente para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar III

Tempo cronológico (dias)		Cor aparente (uC)			Eficiência de remoção de Cor aparente (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
0		-	186	202	-	-
6		-	-	-	-	-
35		2.646	238	266	91	90
42		3.038	165	272	95	91
43		2.415	187	380	92	84
50		5.837	231	359	96	94
71		4.059	345	490	92	88
74		1.260	151	366	88	71
92		-	-	-	-	-
Tratamento estatístico	Maior valor	5.837	345	490	96	94
	Menor valor	1.260	151	202	88	71
	Nº de dados	6	7	7	6	6
	Média	3.209	215	334	92	86
	Desvio padrão	1.575	66	95	3	8

Tabela 3 - Resultados verificados de cor aparente para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar IV

Tempo cronológico (dias)		Cor aparente (uC)			Eficiência de remoção de Cor aparente (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
0		752	483	420	36	44
6		-	-	-	-	-
35		9.620	2.618	1.685	73	82
42		526	1.188	2.928	-126	-457
43		2.100	1.520	2.961	28	-41
50		2.270	2.520	1.068	-11	53
71		2.610	242	293	91	89
74		2.520	163	201	94	92
92		1.260	480	704	62	44
Tratamento estatístico	Maior valor	9.620	2.618	2.961	94	92
	Menor valor	526	163	201	-126	-457
	Nº de dados	8	8	8	8	8
	Média	2.707	1.152	1.283	31	-12
	Desvio padrão	2.905	990	1.131	72	185

Nas Figuras 1 a 4, são apresentadas fotografias de amostras (da esquerda para a direita) de água potável utilizada na casa, água cinza bruta, tratada e armazenada, dos três sistemas estudados.

Na 5ª coleta, 43º dia (Figuras 1 e 2) foram verificadas eficiências médias de remoção de cor aparente de 87% e 92% (Tabelas 1 e 2), respectivamente, pelas unidades filtrantes nos sistemas bioágua familiar I e III.

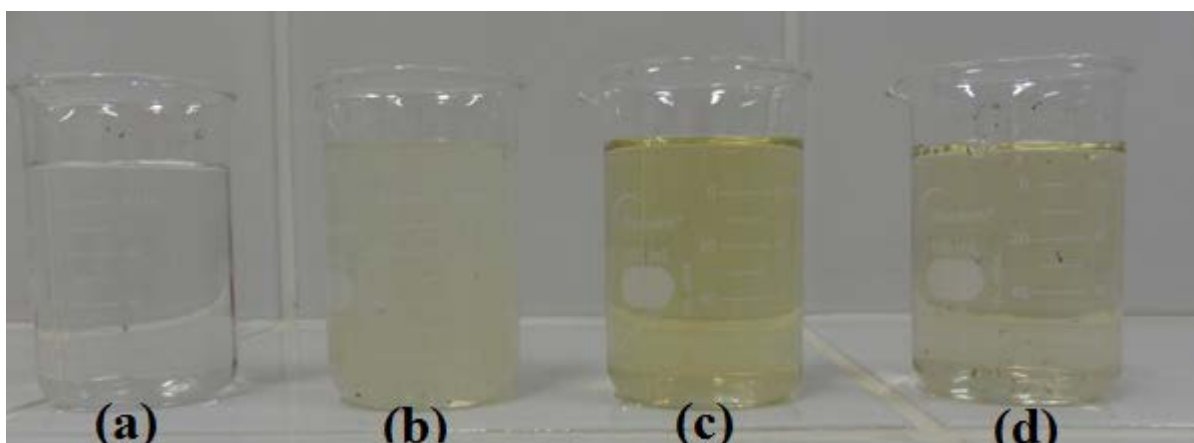


Figura 1 - Amostras (a) - água potável, (b) -água cinza bruta, (c)- água cinza tratada e (d) água cinza tratada armazenada tanque de reuso do sistema bioágua familiar I, referente à 5ª coleta (43º dia).

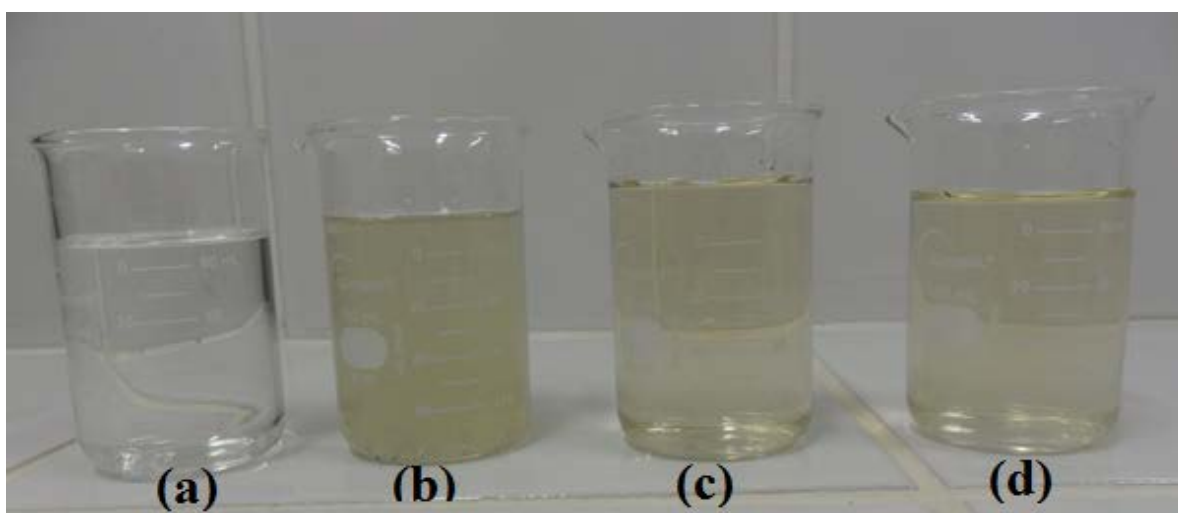


Figura 2 - Amostras (a) - água potável, (b) -água cinza bruta, (c)- água cinza tratada e (d) água cinza tratada armazenada tanque de reuso do sistema bioágua familiar III, referente à 5ª coleta (43º dia).

No sistema bioágua familiar IV, na 5ª coleta, 43ª dia (Figura 3), observou-se eficiência de remoção de cor aparente, pela unidade filtrante, de 28% (Tabela 3). Foi visivelmente perceptível a influência na cor da água cinza pela reposição da serragem na unidade filtrante.

Na Figura 4 são mostradas amostras do sistema bioágua familiar IV coletadas no 71º dia de monitoramento, quando a influência da reposição da serragem no filtro, já havia diminuído em relação ao apresentado na Figura 3. Neste dia, a eficiência de remoção de cor aparente resultou em 91% (Tabela 3).

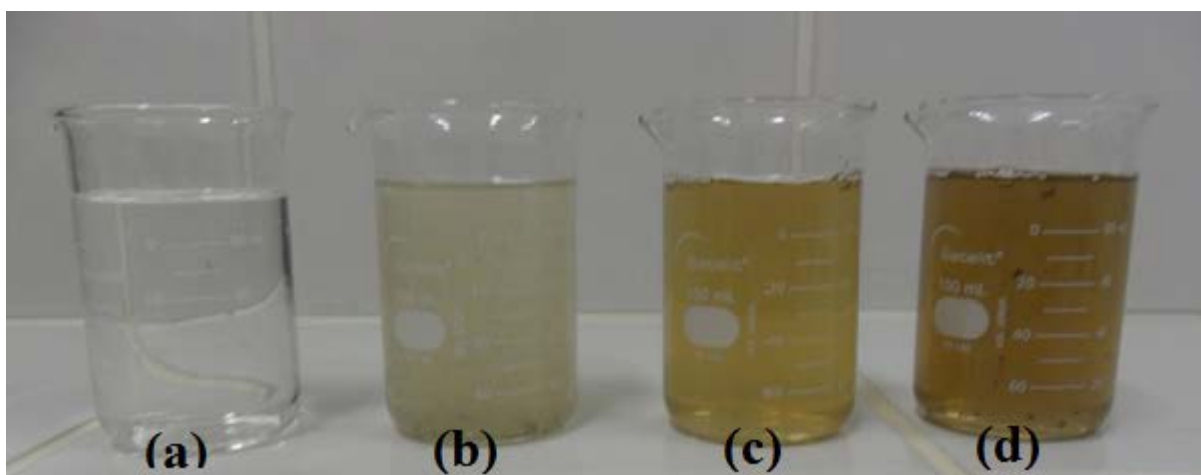


Figura 3 - Amostras (a) - água potável, (b) -água cinza bruta, (c)- água cinza tratada e (d) água cinza tratada armazenada tanque de reuso do sistema bioágua familiar IV, referente à 5ª coleta (43º dia).

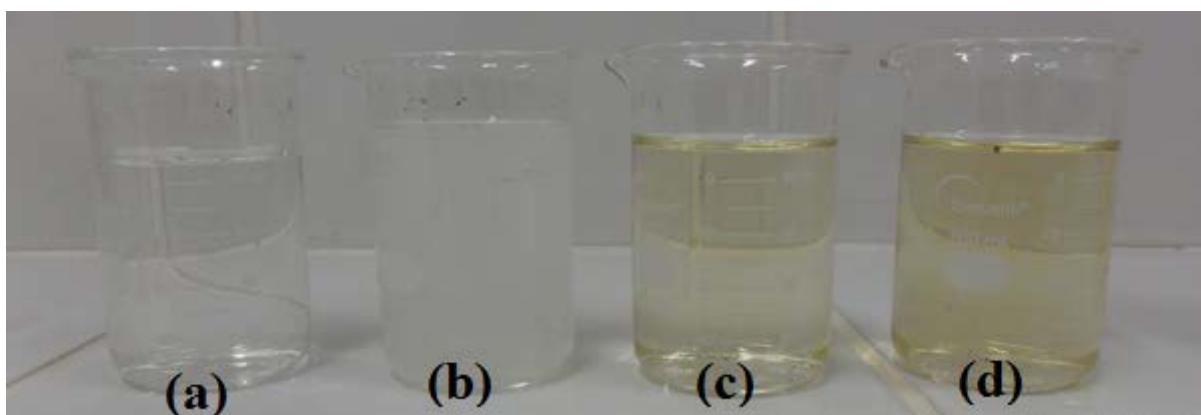


Figura 4 - Amostras (a) - água potável, (b) -água cinza bruta, (c)- água cinza tratada e (d) água cinza tratada armazenada tanque de reuso do sistema bioágua familiar IV, referente à 7ª coleta (71º dia).

As Tabelas 4, 5 e 6 apresentam a variação da qualidade da água cinza bruta e tratada além da eficiência de remoção de turbidez para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

Os sistemas bioágua familiar I, III e IV apresentaram valores médios de turbidez na água cinza bruta de 217,1, 306,3 e 339,1 NTU, respectivamente. Em seu estudo, May (2004) obteve um valor médio da mistura de água cinza bruta de 36 NTU. A água cinza estudada pela referida autora não apresentava em sua composição efluentes oriundos da pia da cozinha, sendo denominada água cinza clara. Por outro lado, a maior concentração de turbidez é encontrada no efluente da pia da cozinha e da máquina de lavar pratos (Ibid).

Foram observados valores médios de eficiência de remoção de turbidez de 94, 96,7 e 82,2% pelos filtros dos sistemas bioágua familiar I, III e IV, respectivamente. Para eficiências médias de remoção global, observaram-se 98,2, 90,8 e 80,0% para os sistemas I, III e IV, respectivamente. Estes resultados sugeriram que a reposição de serragem no filtro do sistema IV não influenciou na turbidez tão consideravelmente quanto influenciou na cor aparente do efluente ao filtro. O menor valor de eficiência de remoção de turbidez foi relativo ao 42º dia de monitoramento, com valor de eficiência de remoção de turbidez global de 6,8%.

Tabela 4 - Resultados verificados de turbidez para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar I

Tempo cronológico (dias)		Turbidez (NTU)			Eficiência de remoção da Turbidez (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
	0	215,0	3,6	2,2	98,3	99,0
	6	134,0	3,4	3,2	97,5	97,6
	35	153,0	12,9	5,5	91,6	96,4
	42	356,0	6,4	2,2	98,2	99,4
	43	207,0	6,3	1,5	97,0	99,3
	50	118,0	17,9	3,2	84,8	97,3
	71	491,0	16,0	2,4	96,7	99,5
	74	120,0	15,9	3,6	86,8	97,0
	92	160,0	7,1	2,1	95,6	98,7
Tratamento estatístico	Maior valor	491,0	17,9	5,5	98,3	99,5
	Menor valor	118,0	3,4	1,5	84,8	96,4
	Nº de dados	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Média	217,1	10,0	2,9	94,0	98,2
	Desvio padrão	126,5	5,7	1,2	5,1	1,2

Tabela 5 - Resultados verificados de turbidez para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar III

Tempo cronológico (dias)		Turbidez (NTU)			Eficiência de remoção da Turbidez (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
	0	-	18,5	12,4	-	-
	6	252,0	14,5	13,0	94,2	94,8
	35	313,0	8,1	17,0	97,4	94,6
	42	222,0	6,0	21,9	97,3	90,1
	43	230,0	5,0	19,3	97,8	91,6
	50	684,0	6,8	22,8	99,0	96,7
	71	274,0	12,0	34,8	95,6	87,3
	74	169,0	7,7	33,1	95,4	80,4
	92	-	-	-	-	-
Tratamento estatístico	Maior valor	684,0	18,5	34,8	99,0	96,7
	Menor valor	169,0	5,0	12,4	94,2	80,4
	Nº de dados	7,0	8,0	8,0	7,0	7,0
	Média	306,3	9,8	21,8	96,7	90,8
	Desvio padrão	172,5	4,7	8,4	1,6	5,6

Tabela 6 - Resultados verificados de turbidez para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para o sistema bioágua familiar IV

Tempo cronológico (dias)		Turbidez (NTU)			Eficiência de remoção da Turbidez (%)	
		Afluente ao filtro	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Filtro	Global
0		122,0	44,5	21,4	63,5	82,5
6		587,0	10,6	35,6	98,2	93,9
35		552,0	146,0	65,9	73,6	88,1
42		42,9	23,8	40,0	44,5	6,8
43		375,0	51,6	89,0	86,2	76,3
50		100,0	23,3	16,5	76,7	83,5
71		290,0	2,8	6,5	99,0	97,8
74		418,0	2,1	17,3	99,5	95,9
92		565,0	8,7	27,4	98,5	95,2
Tratamento estatístico	Maior valor	587,0	146,0	89,0	99,5	97,8
	Menor valor	42,9	2,1	6,5	44,5	6,8
	Nº de dados	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Média	339,1	34,8	35,5	82,2	80,0
	Desvio padrão	212,1	45,2	26,5	19,3	28,4

A Figura 5 apresenta uma fotografia de amostras (da esquerda para a direita) de água potável utilizada na casa, água cinza bruta, tratada e armazenada, do sistema bioágua familiar III coletadas no 50º dia do monitoramento. Nesta amostragem foi observado o maior valor de turbidez do afluente ao filtro (684 NTU) ao longo do estudo, cuja eficiência de remoção resultou em 99,0%.

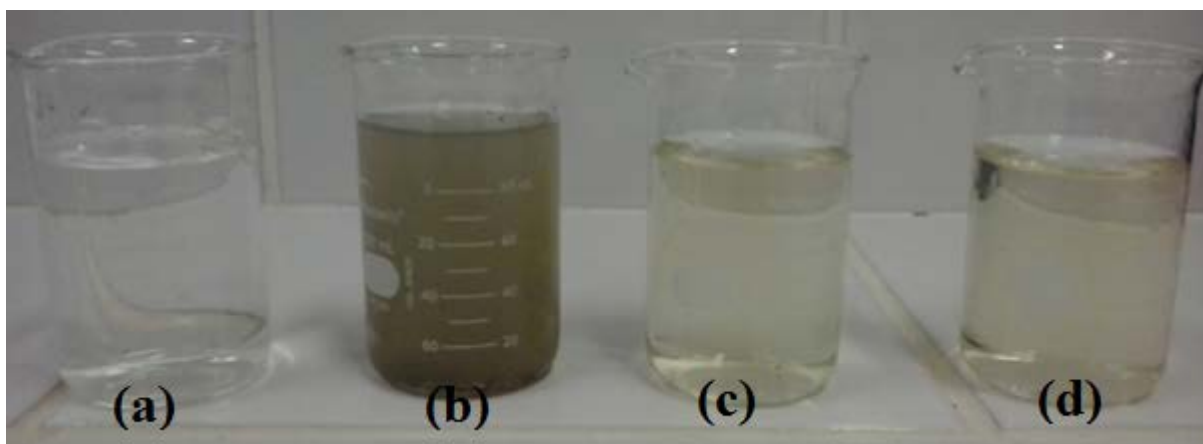


Figura 5 - Amostras (a) - água potável, (b) -água cinza bruta, (c)- água cinza tratada e (d) água cinza tratada armazenada tanque de reuso do sistema bioágua familiar III, referente à 6ª coleta (50º dia).

Como apresentado na Tabela 7, os valores de pH das águas cinzas brutas variaram de 6,10 a 9,06 nos sistemas bioágua familiar I, III e IV. No tanque de reuso a variação foi de 6,61 a 7,46 nos três sistemas, se mostrando na faixa de pH considerada normal para água de irrigação: 6,5 - 8,0 (WHO, 2006a). May (2009) observou um valor médio de 6,9 na saída do biodisco tratando água cinza clara.

Na Tabela 8 são apresentados valores de temperatura para as amostras de água cinza bruta, tratada e armazenada. Os valores médios observados nos três sistemas variaram entre 28,4 e 31,8°C, estando estes relacionados, entre outras coisas, com a temperatura do ar, cujo valor médio se manteve em 30°C (medições pontuais nos três sistemas durante as amostragens).

Tabela 7 - Resultados verificados de pH para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para os sistemas bioágua familiar I, III e IV

Tempo cronológico (dias)		Bioágua Familiar I pH			Bioágua Familiar III pH			Bioágua Familiar IV pH		
		Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso
0		6,55	6,39	6,61	6,52	6,61	7,03	7,01	6,81	7,06
6		7,29	6,81	6,92	6,10	6,64	7,19	7,43	7,15	7,39
35		7,66	6,60	6,74	6,29	6,92	7,35	8,84	6,75	6,88
42		6,77	6,74	7,04	6,34	6,84	7,46	6,82	6,57	6,78
43		6,93	6,57	6,77	6,45	6,79	7,03	7,58	6,79	6,88
50		7,23	6,56	6,80	6,54	6,70	7,43	7,61	6,85	6,91
71		7,34	6,61	6,73	6,53	6,75	7,10	7,43	6,70	6,81
74		7,17	6,80	7,04	6,79	6,68	7,19	7,12	6,81	7,36
92		6,50	6,54	7,20	-	-	-	9,06	6,88	6,96
Tratamento estatístico	Maior valor	7,66	6,81	7,20	6,79	6,92	7,46	9,06	7,15	7,39
	Menor valor	6,50	6,39	6,61	6,10	6,61	7,03	6,82	6,57	6,78
	Nº de dados	9	9	9	8	8	8	9	9	9

Tabela 8 - Resultados verificados de temperatura para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

Tempo cronológico (dias)		Bioágua Familiar I T (°C)			Bioágua Familiar III T (°C)			Bioágua Familiar IV T (°C)		
		Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso
0		32,2	31,6	27,7	32,6	31,0	29,2	30,4	32,1	29,4
6		34,6	31,5	30,7	21,0	20,9	22,3	32,4	31,7	29,3
35		29,9	30,8	29,9	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
42		34,1	31,7	28,4	31,8	31,0	29,9	37,6	32,8	30,0
43		30,2	31,9	29,3	29,1	30,4	29,6	28,8	32,5	30,8
50		30,5	32,4	28,7	30,5	31,1	30,6	32,9	32,7	39,9
71		30,0	32,0	31	29,7	31,3	30,3	30,9	31,6	30,2
74		34,7	32,2	31,3	30,5	31,5	30,5	33,7	32,8	30,5
92		30,2	31,4	30,9	-	-	-	31,3	33,0	31,8
Tratamento estatístico	Maior valor	34,7	32,4	31,3	32,6	31,5	30,6	37,6	33,0	39,9
	Menor valor	29,9	30,8	27,7	21,0	20,9	22,3	25,0	25,0	25,0
	Nº de dados	9	9	9	8	8	8	9	9	9
	Média	31,8	31,7	29,8	28,8	29,0	28,4	31,4	31,6	30,8
	Desvio padrão	2,1	0,5	1,3	3,9	3,9	3,1	3,5	2,5	3,9

Na Tabela 9 são apresentados valores de Condutividade elétrica (CE) para a água cinza bruta, tratada e armazenada para os três sistemas. Foram observados valores médios de CE no tanque de reuso de 1104, 1550,3 e 1098,4 $\mu\text{S/cm}$, para os sistemas bioágua familiar I, III e IV, respectivamente. Segundo a WHO (2006a), água com CE de 700 a 3000 $\mu\text{S/cm}$ apresenta ligeiro a moderado grau de restrição para irrigação. Dessa forma, as águas cinzas avaliadas neste estudo apresentaram valores de CE no referido intervalo.

Tabela 9 - Resultados verificados de condutividade elétrica para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.										
Tempo cronológico (dias)		Bioágua Familiar I CE (µS/cm)			Bioágua Familiar III CE (µS/cm)			Bioágua Familiar IV CE (µS/cm)		
		Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso
0		768	882	959	-	1174	1168	625	1000	959
6		940	971	963	1098	1317	1395	806	1066	1126
35		1160	1050	1119	1271	1623	1478	763	1141	1032
42		754	1013	1078	883	1450	1537	684	838	941
43		804	1130	1045	1116	1583	1606	819	1011	1063
50		909	1110	1148	981	1547	1565	644	882	1124
71		975	1269	1158	1070	1851	1890	619	951	1062
74		1224	1183	1384	940	1675	1763	623	1236	1170
92		901	1087	1082	-	-	-	1393	1561	1409
Tratamento estatístico	Maior valor	1224	1269	1384	1271	1851	1890	1393	1561	1409
	Menor valor	754	882	959	883	1174	1168	619	838	941
	Nº de dados	9	9	9	7	8	8	9	9	9
	Média	937	1077	1104	1051	1528	1550	775	1076	1098
	Desvio	164	115	127	130	212	220	245	219	139

Na Tabela 10 são apresentados valores de Sólidos dissolvidos totais (SDT) para amostras do afluente ao filtro, efluente e do tanque de reuso. Os valores médios obtidos dos conteúdos dos tanques de reuso, para os sistemas bioágua familiar I, III e IV, foram de 552, 801,3 e 557,9 mg/L, respectivamente. Estes valores apresentam-se com ligeiro a moderado grau de restrição para irrigação de acordo com WHO (2006a), ou seja no intervalo de 450 a 2000 mg/L.

Tabela 10 - Resultados verificados de sólidos dissolvidos totais para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada (tanque de reuso), para os sistemas bioágua familiar I, III e IV.

Tempo cronológico (dias)	Bioágua Familiar I			Bioágua Familiar III			Bioágua Familiar IV		
	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso	Aflu.	Efl.	Tanque de reuso
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	470	486	481	538	702	678	403	533	563
35	580	525	593	648	808	741	363	569	517
42	407	507	537	441	719	768	348	423	472
43	402	563	520	554	801	805	409	505	531
50	456	550	576	489	773	786	323	442	563
71	487	635	578	538	924	948	308	476	530
74	613	592	590	468	838	883	311	618	584
92	444	544	541	-	-	-	696	781	703
Tratamento estatístico	Maior valor	613	635	593	648	924	948	696	781
	Menor valor	402	486	481	441	702	678	308	423
	Nº de dados	8	8	8	7	7	7	8	8
	Média	482	550	552	525	795	801	395	543
	Desvio padrão	77	47	39	68	75	90	128	68

CONCLUSÕES

De uma maneira geral, para uma análise no contexto de reuso na agricultura familiar, entende-se que outras barreiras de minimização dos riscos (tipo de irrigação, restrição de culturas), além do tratamento da água cinza, devem ser avaliadas para o sistema em questão. O desenvolvimento do estudo permitiu concluir que:

- Para as três águas cinzas brutas estudadas, foram observadas as seguintes características: (a) pH: 6,10 a 9,06; (b) valores médios da cor aparente: 526 a 9.620 uC; (c) valores médios de turbidez: 42 a 684 uT; (d) valores médios temperatura: 21,0 a 37,6 °C; (e) valores médios de CE: 619 a 1.393 μ S/cm e (f) valores médios STD: 308 a 696 mg/L;
- Os filtros dos sistemas estudados apresentaram eficiências médias de remoção entre 31 e 92% de cor aparente e de 82,2 a 96,7% de turbidez. O valor médio de remoção de cor aparente de 31% foi verificado para o sistema bioágua IV, cujo monitoramento sugeriu ter havido influência na qualidade do efluente ao filtro por ocasião da manutenção do meio filtrante (reposição de serragem);
- As concentrações médias de cor aparente das 3 águas cinzas tratadas e armazenadas no tanque de reuso foram de 135 e 334 uC para os sistemas bioágua familiar I e III, respectivamente e de 1.283 uC para o sistema bioágua familiar IV, cuja concentração, relativamente alta, foi discutida no trabalho;
- Para turbidez, os valores médios referentes às águas cinzas tratadas armazenadas foram de 2,9 a 35,5 uT;
- Os valores de pH da água cinza tratada armazenada variaram de 6,61 a 7,46, estando na faixa recomenda (6,0 – 8,5) para irrigação agrícola;
- A condutividade elétrica média das águas cinzas tratadas armazenadas variou de 1.098 a 1.550 μ S/cm, indicando leve a moderado grau de restrição para uso em irrigação (700 a 3.000 μ S /cm);
- Para SDT, observaram-se concentrações médias na água cinza armazenada de 552 a 801 mg/L, indicando leve a moderado grau de restrição para uso em irrigação (450 a 2000 mg/L).
- Os parâmetros analisados não são suficientes para afirmar que a água cinza tratada está adequada para aplicação na irrigação, sendo necessária avaliação de outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Com relação ao desempenho na remoção de cor aparente e turbidez, o sistema se mostrou satisfatório, apresentando eficiência média igual ou superior a 82%, desconsiderando o efeito da manutenção do filtro discutido no trabalho em relação ao sistema IV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); ENGECORPS/COBRAPE. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: ANA, ENGECORPS/COBRAPE, 2010. V.1.
2. BORGES, Luciana Zabroki. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.
3. CLESCERI, L. S. GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Eds.) **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington (DC): APHA, 1998.
4. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal RN, 1993.
5. HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS, Hilton Felício (Editores). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003a. cap.3.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos demográficos 2010. **Cidades@**. Rio Grande do Norte. Mossoró. **Censo demográfico 2010**: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 24 mar. 2012 (IBGE, 2010).
7. MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. 223f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 2009.
8. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Secretaria de recursos hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAB-Brasil**. 2004.
9. SANTIAGO, Fábio dos Santos et al. **Bioágua familiar**: reuso de água cinza para produção de alimentos no semiárido. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2012.
10. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater**. Wastewater use in agriculture. v.II. Geneva: World Health Organization, 2006a.
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater**. Excreta and greywater use in agriculture. v.IV. Geneva: World Health Organization, 2006b.