



cbESF
Natal - RN

V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018

EFICIÊNCIA DO SISTEMA BIOÁGUA NO TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

Enedina Aíra Alves da Silva ^{}, Francisco Erivan da Silva ^a, Maria Eliza Leite da Silva ^b,
Marcella de Sá Leitão Assunção ^c.*

^a UFERSA, Carauíbas, Rio Grande do Norte

^b UFERSA, Carauíbas, Rio Grande do Norte

^c UFERSA, Carauíbas, Rio Grande do Norte

* enedinna_aira@hotmail.com

Resumo: *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. 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 avaliar a eficiência do tratamento das águas cinzas pelo sistema bioágua em uma residência rural de Olho d'Água do Borges, Rio Grande do Norte. A unidade filtrante apresentava fluxo descendente, área superficial de 1,77m² e preenchida com duas camadas de material orgânico (húmus e serragem de madeira) e duas camadas de material inorgânico (cascalho e seixo rolado), distribuídas em uma profundidade de 1m. No sistema implantado, foram realizadas três amostragens da água cinza bruta, filtrada e armazenada no tanque de reuso para monitoramento do pH, cor aparente, turbidez, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, potássio, sódio e Escherichia coli. Os resultados mostraram que a água cinza tem apresentado valores satisfatórios para seu uso em irrigação.*

Palavras-chave: *Eficiência. Sistema. Tratamento.*

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro possui condições climáticas marcantes com precipitações pluviométricas irregulares associadas a altas temperaturas durante boa parte do ano. Além dessas características o relevo é irregular, os solos são rasos com baixa fertilidade e pouco teor de matéria orgânica. Dentre os fatores que dificultam o acesso às tecnologias sociais, a difusão da informação e a carência de gestores do conhecimento são alguns limitantes, pois diminuem a velocidade com que o conhecimento atinge populações rurais mais carentes (ANJOS, 2013).

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.

Segundo Hespagnol (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



cbESF

Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras**

2018

complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível.

O projeto Dom Helder Câmara/Ministério do Desenvolvimento Agrário/Fundo Internacional para Desenvolvimento da Agricultura, desenvolve uma forma de reutilização de água denominado Sistema Bioágua Familiar (SBF), em parceria com a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e a ONG ATOS. Este projeto busca consolidar o reuso da água cinza como alternativa para a produção de alimentos e redução da contaminação ambiental nos quintais das famílias agricultoras da região semiárida brasileira.

A água cinza é aquela proveniente de todo esgoto gerado em uma residência, exceto aquele proveniente da bacia sanitária. Quando tratada poder ser diversas aplicações, como a irrigação, descarga de vaso sanitário, a construção civil, entre outros.

O tratamento do efluente, entretanto, é recomendável, principalmente no cultivo de hortaliças e leguminosas ou em forrageiras para a alimentação animal para se evitar a contaminação através da cadeia alimentar. O uso de efluentes tratados na agricultura traz novas possibilidades de suprimento de fertilizantes menos tóxicos e menos poluentes que os industrializados (MENDONÇA, 2004 p. 27).

Por se tratar de regiões onde há a escassez de água e a irrigação reutilizarem água cinza, o sistema de irrigação por gotejamento é uma das opções mais viáveis, tendo em vista que há uma diminuição do desperdício de água e não há um contato direto da água com as folhas e hortaliças. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de avaliar a eficiência do tratamento das águas cinza pelo sistema bioágua e seu possível impacto na irrigação de diferentes culturas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O município de Olho D'água do Borges está situado a aproximadamente 330 km de Natal, capital do estado do Rio Grande do Norte (RN), possui uma área de 141 km² e sua população em 2010 era de 4.295 habitantes. Deste total, 3.238 são residentes de área urbana e 1.057, de área rural (IBGE, 2010). O município está localizado em região semiárida do Rio Grande do Norte (MMA, 2004) e sua localização é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Localização do município de Olho D'água do Borges no estado do Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado de IDEMA (2013)

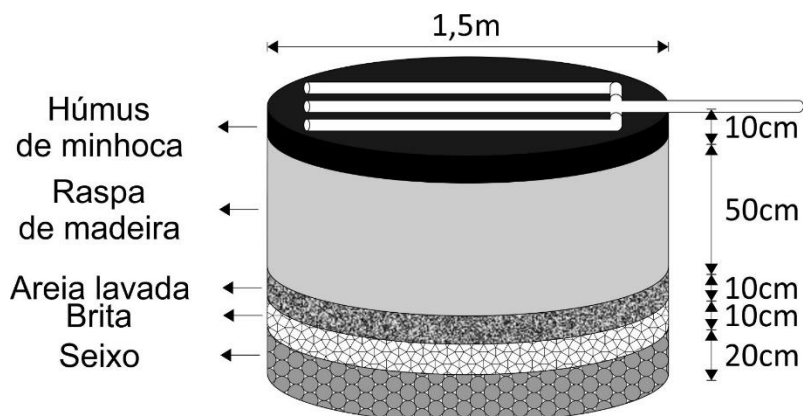


O estudo foi realizado em um sistema bioágua familiar, instalado em residência rural no sítio São Geraldo, localizado a seis quilômetros da sede do município de Olho D'água do Borges, RN. Após implantação do sistema, a vazão é de aproximadamente 800 litros de água por dia, o suficiente para irrigação de dois canteiros, (13m x 1m cada um) e seis árvores frutíferas.

2.1.1. Descrição do sistema estudado

O Sistema Bioágua Familiar - SBF constitui-se em tanques de tratamento e reuso de água denominada de água cinza. Esta converge por rede hidráulica para um processo de filtragem por mecanismos biológicos e físicos. O tanque de tratamento é formado por camadas sobrepostas, de baixo para cima: seixos, cascalhos, areia lavada, serragem, húmus e minhocas (*Eisenia foetida*). Em função de seus hábitos alimentares, as minhoca influenciam as transformações da matéria orgânica em decomposição (PAPINI; ANDRÉA, 2004). As minhocas promovem o revolvimento e a aeração do material do seu habitat, bem como a trituração da matéria orgânica que passa por seus tratos digestivos. A decomposição da matéria orgânica é exercida pelos microrganismos existentes no intestino das mesmas, de onde os resíduos saem enriquecidos em nutrientes e mais facilmente assimiláveis pelas plantas (ANDRADE, 2009). O excremento delas constitui o húmus de minhoca. As camadas de seixo e cascalho promovem o suporte e arejamento do sistema, assegurando a permeabilidade (SANTIAGO *et al.*, 2012). O efluente tratado segue por gravidade até um tanque de reuso, onde é pressurizado por eletrobomba para irrigação por gotejamento.

Figura 2: Sistema Bioágua Familiar.



Fonte: Autoria própria

O tanque de reuso é um tanque simples com capacidade de armazenamento de 1.770 litros e o sistema de irrigação é feito através de uma bomba.

Para caracterização da água cinza gerada, assim como a avaliação do desempenho da respectiva unidade de tratamento foram realizadas 3 amostragens da água cinza bruta e tratada, como mostra a tabela a seguir.



Tabela 1: Amostras de água cinza e datas de coleta no sistema estudado

Sistema bioágua familiar	Amostras coletadas	Datas das coletas
	Afluente à unidade filtrante	23/02/2017
Efluente à unidade filtrante	03/03/2017	
Armazenamento do efluente	08/03/2017	

As análises foram realizadas nos laboratórios do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN e da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

2.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

Tabela 2 - Valores para águas de Classe 1 segundo Resolução nº 357/05 do CONAMA.

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	UNIDADE
Turbidez	Turbidímetro	uT
Macronutrientes (K, Ca, Mg)	EMBRAPA, 2009, Espectrofotometria de absorção atômica	mmolc/dm ³
Condutividade	Condutivímetro	µS/cm
Cloreto	Volumétrico/Titulador digital com nitrato de prata	mg/L
Sódio	Fotometria de chama	mg/L
Sólidos Totais	Volumétrico	mg/L
pH	Potenciometria	ad

As amostras de água cinza bruta, tratada e armazenada, foram do tipo simples e para a coleta das mesmas, foram utilizados recipientes de vidro. As coletas e as determinações laboratoriais foram realizadas de acordo com as recomendações da EMBRAPA (2010).

Deve-se ressaltar que o sistema não possui caixa de homogeneização da água cinza bruta a montante da unidade filtrante, o que implica na variação qualitativa e quantitativa da água cinza afluente à unidade filtrante que, por sua vez, depende dos diferentes usos da água na residência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 (MAY, 2009, p. 79), com a origem da mesma, por exemplo, de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupa, podendo-se citar ainda a disponibilidade de água.

Na tabela 3 estão os valores médios para os parâmetros analisados.



Tabela 3 – Resultados verificados de cor aparente, turbidez e pH para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada, para o sistema bioágua familiar

Data das coletas	Cor aparente (uC)			Turbidez			pH		
	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Afluente	Efluent e do filtro	Tanque de reuso	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso
23/02/2017	1.940	227	108	215,0	3,6	2,2	6,55	6,39	6,61
03/03/2017	828	215	159	153,0	12,9	5,5	7,66	6,60	6,74
08/03/2017	1.842	240	144	207,0	6,3	1,5	6,93	6,57	6,77
Médias	1.536,67	227,33	137	191,67	9,93	3,07	7,05	6,52	6,71
Desvio padrão	615,68	12,50	26,21	33,72	5,57	2,14	0,56	0,11	0,08

Como já mencionado, neste estudo, as amostras foram do tipo simples e o sistema não contava 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 do sistema, que apresenta desvio padrão de 26,21uC.

Na tabela 3, observam-se os valores médios da cor aparente da água cinza bruta e filtrada de 1536,67 e 227,33 uC, respectivamente. A eficiência média de remoção de cor aparente resulta em aproximadamente 85%.

É possível observar também a variação da qualidade da água cinza bruta e tratada além da eficiência de remoção de turbidez. O bioágua apresenta valor médio de turbidez na água cinza bruta de 191,67 NTU. Foi observado valor médio de aproximadamente 94,98% de eficiência de remoção de turbidez dos filtros do sistema. E eficiência de remoção global resultou em 98,4%.

O valor das amostras de pH das águas cinzas brutas variaram de 6,55 a 7,66. No tanque de reuso o valor médio foi de 6,71, se mostrando na faixa de pH considerada normal para água de irrigação: 6,5 – 8,0 (WHO, 2006^a, p. 178).

Tabela 4 – 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, para o sistema bioágua familiar

Data das coletas	Condutividade			Sólidos Totais Dissolvidos		
	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso
23/02/2017	768	882	959	470	386	481
03/03/2017	1160	1050	1119	580	525	593
08/03/2017	804	1130	1045	402	563	520
Médias	910,67	1020,67	1041	480,67	458	521,33
Desvio Padrão	216,68	126,57	80,07	89,91	101,73	58,16

Na Tabela 4 são apresentados valores de Condutividade elétrica para a água cinza bruta, tratada e armazenada. Foi obtido o valor médio de Condutividade elétrica no tanque de reuso de 1041 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Segundo a WHO (2006a, p. 178) a água contendo Condutividade elétrica de

**cbESF****Natal - RN****V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras****2018**

700 a 3000 μ S/cm apresenta ligeiro a moderado grau de restrição para irrigação, dessa forma, as águas do tanque de reuso se mostraram contidas nesse intervalo.

Também é possível verificar os valores de Sólidos dissolvidos totais para amostras do afluente ao filtro, efluente e do tanque de reuso. O valor médio obtido no tanque de reuso foi de 521,33 mg/L. Este valor apresenta-se com ligeiro a moderado grau de restrição para irrigação de acordo com WHO (2006a, p. 178), ou seja, no intervalo de 450 a 2000 mg/L.

Tabela 5 – Resultados verificados de macronutrientes (cálcio, potássio e magnésio) para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada, para o sistema bioágua familiar

Data das coletas	Cálcio			Magnésio			Potássio		
	Afluente	Efluente e do filtro	Tanque de reuso	Afluente	Efluente e do filtro	Tanque de reuso	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso
23/02/2017	65,00	83,19	72,01	27,00	23,38	25,50	6,43	8,07	9,15
03/03/2017	50	57,94	61,00	29,65	31,00	28,27	3,77	4,02	4,69
08/03/2017	63,42	49,18	47,13	25,00	21,76	23,08	4,78	3,19	4,75
Médias	59,47	63,40	60,05	27,22	25,38	25,62	4,99	5,09	6,20
Desvio Padrão	8,24	17,66	12,47	2,33	4,93	2,60	1,34	2,61	2,56

Os valores médios no tanque de reuso obtidos na Tabela 5 para cálcio, magnésio e potássio são, respectivamente, 60,05, 25,62, 6,20 mmolc/dm³. Esses teores se enquadram dentro dos valores normais para águas de irrigação segundo FAO (1973), portanto, indicam a manutenção da fertilidade do solo.

Tabela 6 – Resultados verificados de sódio para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada) e água cinza tratada armazenada, para o sistema bioágua familiar

Data das coletas	Sódio		
	Afluente	Efluente do filtro	Tanque de reuso
23/02/2017	202,34	198,37	201,65
03/03/2017	195,46	171,66	183,17
08/03/2017	207,99	208,87	210,45
Média	201,93	192,97	198,42
Desvio Padrão	6,27	19,88	13,92

O valor médio de sódio foi classificado como normal, fundamental para mitigar os processos de salinidade. Altos níveis de sódio podem causar redução do desenvolvimento da cultura, redução da produção devido a problemas nutricionais e deterioração da estrutura do solo (BATISTA et al., 1998).



cbESF
Natal - RN

V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018

Tabela 7 – Resultados verificados de *Escherichia coli* para amostras do afluente ao filtro (água cinza bruta), efluente ao filtro (água cinza tratada), para o sistema bioágua familiar

Data das coletas	Escherichia coli (NPM/100MI)	
	Afluente	Efluente do filtro
11/03/2017	$4,1 \times 10^4$	$1,9 \times 10^4$

A diretriz da OMS para irrigação irrestrita, a partir de tratamento de água cinza, de culturas a serem ingeridas cruas (WHO, 2006) consiste em <1 ovo/L e $<10^3$ E.coli/100mL ou 10^4 E.coli/100MI para espécies vegetais que se desenvolvem distantes do nível do solo ou irrigação por gotejamento. Para irrigação restrita, o valor médio aceitável no efluente segundo à diretriz da OMS é $<10^5$ NMP/100mL, podendo ser flexibilizado para $<10^6$ NMP/100 mL (WHO, 2006).

Como é possível observar na tabela 7, o valor encontrado na amostra foi de $1,9 \times 10^4$ NMP/100 mL no efluente do filtro, implicando em uma irrigação restrita.

4. CONCLUSÃO

De acordo com análises realizadas, a água cinza tem apresentado valores satisfatórios para seu uso em irrigação. No entanto, 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 como metais pesados e coliformes termotolerantes. Com relação ao desempenho na remoção de cor aparente e turbidez, o sistema se mostrou satisfatório, apresentando eficiência média igual ou superior a 82%. A turbidez demonstrou eficiência de 94,98%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANJOS, S. **Tecnologias e Projetos para Conviver com o Semiárido**. Disponível em: <http://www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/O-Povo-II.pdf> >. Acesso em: 05 de fevereiro de 2017.

BORGES, Luciana Zabroki. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. 103f. Tese (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res5/res35705.pdf>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Fossas Sépticas Biodigestoras em Sistemas Agrícolas Familiares na Borda Oeste do Pantanal**. 2010.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS,



cbESF
Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras
2018**

Hilton Felício (Editores). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003a. cap.3.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos demográficos 2010. **Cidades@**. Rio Grande do Norte. Olho D'água do Borges. **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: 08 de fevereiro de 2017 (IBGE, 2010).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). **SiGGA WEB**. Disponível em: <<http://200.149.240.140:8080/i3geo/aplicmap/geral.htm?d09ccbe517cf93a06cb7c4c5f0826283>>. Acesso em: 02 de fevereiro 2017.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso 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.

MENDONÇA, Pedro de A. Ornelas. **Reuso de água em edifícios públicos o caso da escola politécnica**. 2004. 164f. Tese (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

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.

PAPINI, S.; ANDRÉA, M. M. **Ação de minhocas Eisenia foetida sobre a dissipação dos herbicidas simazina e paraquat aplicados no solo**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, v.28, n.1, Viçosa, 2004.

PROJETO DOM HELDER. Disponível em: <<http://www.projetedomhelder.gov.br>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

SANTIAGO, F. dos S. JALFIM, F. T.; DOMBROSKI, S. A. G.; GOMES-SILVA, N. C.; BLACKBURN, R. M.; SILVA, J. K. M da; NETO, L. M.; VALENÇA, J. R. de F.; NANES, M. B.; RIBEIRO, G. A. **Bioágua Familiar Reuso de água cinza para a produção de alimentos no Semiárido**. Recife, PE, Projeto Dom Helder Câmara 2012, 20 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Wastewater use in agriculture. v.II. Geneva: World Health Organization, 2006a.



cbESF

Natal - RN

**V Congresso Brasileiro dos
Engenheiros Sem Fronteiras**

2018

EFFICIENCY OF THE BIOÁGUA SYSTEM IN THE TREATMENT OF ASHES WATERS

***Abstract:** Gray water reuse has been the object of study and application for different purposes such as sanitary discharge, fire protection, agricultural irrigation, among others. In the semi-arid region of northeastern Brazil, gray water reuse presents itself as an alternative to alleviate the problem of water scarcity. The present work had as general objective to evaluate the efficiency of the treatment of the gray waters by the bio - water system in a rural residence of Olho d'Água do Borges, Rio Grande do Norte. The filter unit had downflow, surface area of 1.77m² and filled with two layers of organic material (humus and wood sawdust) and two layers of inorganic material (gravel and rolled pebble), distributed in a depth of 1m. In the implanted system, three samples of crude gray water were collected, filtered and stored in the reuse tank to monitor pH, apparent color, turbidity, total dissolved solids, electrical conductivity, calcium, magnesium, potassium, sodium and Escherichia coli. The results showed that gray water has presented satisfactory values for its use in irrigation.*

***Keywords:** Efficiency. System. Treatment.*