

XII-026 - SISTEMA SIMPLIFICADO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA EM ESCALA FAMILIAR

Solange Aparecida Goularte Dombroski⁽¹⁾

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. Professora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Amanda Bezerra de Sousa

Engenheira Civil pela UFERSA. Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professora da UFRN.

Jucielly Karízia Medeiros da Silva

Engenheira Agrônoma pela UFERSA. Engenheira de Segurança no Trabalho pela Universidade Potiguar. Representante Técnica e Comercial na empresa especializada em nutrição vegetal, Cosmocol do Brasil.

Francisco das Chagas da Costa Filho

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Civil pela UFERSA. Mestre em Engenharia Civil e Graduando em Arquitetura e Urbanismo pela UFRN. Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Thales Henrique Silva Costa

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Civil pela UFERSA. Especialista em saneamento ambiental pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Mestrando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Antônio Vieira de Sá, 583 – Nova Betânia - Mossoró - RN - CEP: 59.612-100 – Brasil. E-mail: solangedombroski@ufersa.edu.br.

RESUMO

As águas cinza podem ser consideradas como uma fonte alternativa de água. Sistemas planejados de reúso de água cinza devidamente tratada apresentam-se como uma solução favorável à conservação dos recursos hídricos. O presente trabalho se refere à verificação do desempenho de sistema simplificado de tratamento de água cinza implantado em residências rurais localizadas em região semiárida do nordeste brasileiro. Foram realizadas amostragens em três sistemas de tratamento de água cinza em escala familiar, denominados sistema bioágua familiar, cada um localizado em uma residência rural no município de Olho d'Água do Borges, RN. Os sistemas bioágua familiar investigados foram denominados de SFB a, SBF b e SBF c. As principais partes dos Bioágua Familiar são: filtro de fluxo descendente com quatro camadas; tanque de armazenamento da água cinza tratada; sistema de irrigação e área de cultivo cercada. Foram executadas sete amostragens ao longo de 207 dias, com coletas do afluente e efluente ao filtro, em cada sistema. E determinações de pH, SDT, cor aparente, DQO e DBO. As águas cinza brutas investigadas indicaram altas concentrações de DQO, DBO e cor aparente, sugerindo baixo consumo *per capita* de água nas residências relacionadas à área de estudo. Com base nos resultados de DQO e DBO observou-se uma qualidade satisfatória do efluente dos filtros (com operação estável) dos SBFs tratando água cinza concentrada no semiárido brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, Água cinza concentrada, Remoção de DBO, Sistema bioágua familiar.

INTRODUÇÃO

No âmbito de desenvolvimento sustentável, os recursos hídricos e os serviços providos pelos mesmos, contribuem para a diminuição da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental (UN-WATER, 2015). Desde a segurança alimentar e energética até a saúde humana e ambiental, a água contribui para o bem-estar social e crescimento inclusivo, sendo que, os desafios na interface água e desenvolvimento sustentável variam de uma região para outra (UN-WATER, 2015).

Os locais no mundo com escassez hídrica estão aumentando em função do crescimento populacional, particularmente nos grandes centros urbanos próximos a costa e às mudanças climáticas que ocasionam secas cada vez mais severas em certas áreas, incluindo as regiões mais populosas do Brasil (KUBLER; FORTIN; MOLLETA, 2015).

Diante de um cenário de escassez, a conservação de água mostra-se de suma importância. Esta, por sua vez, pode ser atribuída às ações que favoreçam a economia da água nos distintos sistemas de uso de água (sistemas públicos de abastecimento humano de água, sistemas de irrigação, sistemas prediais de água, entre outros) e, conseqüentemente, nos mananciais.

Para Hespanhol (2008), a conservação deve ser promovida por meio de programas de gestão adequada da demanda e de educação ambiental, e o reúso direcionado à gestão da oferta, buscando fontes alternativas de água como águas recuperadas, água de chuva e água subterrânea, complementada mediante a recarga artificial de aquíferos.

Em regiões semiáridas, a busca por meios alternativos de suprimento de água se torna ainda mais necessário, visto que essas regiões possuem baixos índices pluviométricos e elevadas taxas de evaporação, além da distribuição irregular da precipitação ao longo do ano (SCHIMIDT, MATTOS, 2014).

Compreende-se por águas cinza, as águas residuárias de cozinha, banho e/ou lavanderia, a qual geralmente não apresenta concentração significativa de excreta (WHO, 2006). As águas cinza são consideradas como uma fonte alternativa de água. Assim, num contexto de uso sustentável da água, o reúso de água cinza tratada se apresenta como uma ação que contribui para a conservação dos recursos hídricos.

Águas cinza adequadamente tratadas podem ser encaminhadas para diversos usos não potáveis como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010. MAY; HESPANHOL, 2008), em torneiras de jardins, na produção de concreto, entre outros, desde que não apresente riscos à saúde de seus usuários (MAY; HESPANHOL, 2008). Dentre as possibilidades, cita-se o reúso agrícola (WHO, 2006).

Quando o reúso é aplicado na agricultura, por ser uma prática que tolera águas de menor qualidade do que a indústria e o uso doméstico, há a possibilidade de preservação de águas de melhor qualidade para o abastecimento humano (ANDRADE NETO, 2014). Além disso, a agricultura representa o setor que possui maior demanda de água a nível mundial (aproximadamente 70%) (UN-WATER, 2017). O reúso possibilita o aproveitamento dos nutrientes, auxiliando no processo de desenvolvimento das culturas agrícolas e minimiza o lançamento dos efluentes em corpos d'água, que nas regiões semiáridas, já se encontram majoritariamente em estado eutrófico (BRASIL et al., 2016). Além disso, o reúso de esgotos domésticos ricos em nutrientes pode dispensar integral ou parcialmente o uso de fertilizantes comerciais (HESPANHOL, 2003). A implementação de sistemas de reúso de águas cinza requer o conhecimento da qualidade dessas águas, assim como, sua adequação aos usos previstos (MAY; HESPANHOL, 2008).

Neste sentido, o presente trabalho se refere à verificação do desempenho de sistema simplificado de tratamento de água cinza implantado em residências rurais da região semiárida do nordeste brasileiro. Tais sistemas foram desenvolvidos visando o reúso agrícola. No entanto, o presente trabalho se limite à avaliação da sua capacidade de tratamento da água cinza.

OBJETIVO

Avaliar o desempenho de três sistemas domiciliares de tratamento existentes em residências rurais localizadas no semiárido brasileiro, com ênfase na qualidade da água cinza bruta.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi executado em área rural do município de Olho d'Água do Borges, no Estado do Rio Grande do Norte. Segundo o IBGE (2018), a população estimada deste município em 2018 é de 4.272 habitantes e, em 2010, no último censo, sua população era de 4.295 habitantes.

O município de Olho d'Água do Borges localiza-se no semiárido nordestino (MIN, 2005). Considerando as regiões hidrográficas brasileiras, o estado do Rio Grande do Norte situa-se na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, cuja vazão média é a menor dentre as 12 regiões brasileiras (ANA, 2016).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram realizadas amostragens em três sistemas de tratamento de água cinza em escala familiar, denominados sistema bioágua familiar, cada um localizado em uma residência rural no município de Olho d'Água do Borges, RN. Neste trabalho, os sistemas bioágua familiar investigados foram denominados de SFB a, SBF b e SBF c. Cada sistema tinha a água cinza composta por águas servidas do lavatório, chuveiro, pia de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque. As principais partes dos Bioágua Familiar são: (i) filtro de fluxo descendente com área superficial 1,77 m² com quatro camadas, Figura 1; (ii) tanque de armazenamento da água cinza tratada com volume útil de 1,77 m³; (iii) sistema de irrigação que, após modificação da concepção original, passou a contar com conjunto motobomba e irrigação por gotejamento; (iv) área de cultivo cercada. Mais detalhes do sistema Bioágua Familiar podem ser observados em Santiago *et al.* (2015).

Foram executadas sete amostragens ao longo de 207 dias, com coletas do afluente e efluente ao filtro. As amostras foram do tipo simples. Na Tabela 1 são apresentadas as determinações laboratoriais e as executadas *in loco*, assim como, os respectivos métodos analíticos e principais equipamentos empregados. Cabe destacar que a análise de DQO não foi realizada para as três primeiras amostras, tendo sido iniciada a partir da 4ª amostragem (46º dia de monitoramento).

Para cada grupo de resultados obtidos (temperatura, pH, cor aparente, SDT, DQO, DBO, eficiência de remoção de DQO e de DBO e relação DQO/DBO), foi realizada estatística descritiva sendo observados valores de tendência central e valores de dispersão, empregando-se o Microsoft Office Excel® 2017.

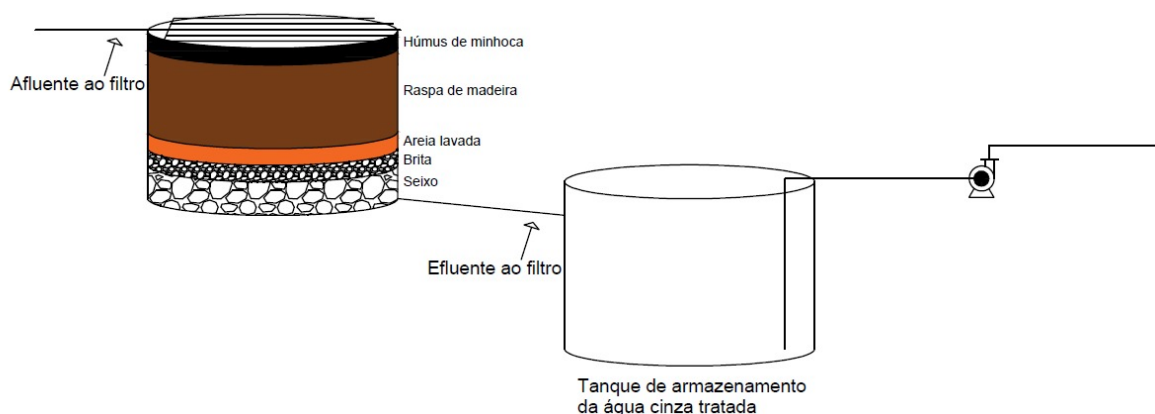


Figura 1 - Esquema simplificado do filtro e tanque de armazenamento de água cinza tratada existente nos SBF a, SBF b e SBF c.

Tabela 1 - Determinações laboratoriais e *in loco* realizadas e métodos analíticos utilizados

| Parâmetros | Unidade | Métodos analíticos | Principais equipamentos utilizados |
|-----------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura do ar ⁽¹⁾ | °C | Termômetro | Termômetro digital |
| Temperatura da amostra ⁽¹⁾ | | | |
| pH ⁽¹⁾ | --- | Eletrométrico ⁽³⁾ | Medidor de pH, portátil, marca Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star |
| Sólidos dissolvidos totais (SDT) ⁽²⁾ | mg/L | Indireto a partir do valor de condutividade específica | Medidor de condutividade específica e de SDT, marca Hanna, modelo HI9835 |
| Cor aparente ⁽²⁾ | uC | Espectrofotométrico ⁽³⁾ | Espectrofotômetro para leituras no UV/Visível, marca Hach, modelo DR 5000 |
| Demanda química de oxigênio (DQO) ⁽²⁾ | mg/L | Colorimétrico do refluxo fechado ⁽³⁾ | Reator de DQO, marca Hach, modelo DRB 200; Espectrofotômetro para leituras no UV/Visível, marca Hach, modelo DR 5000 |
| Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ⁽²⁾ | mg/L | DBO 5 dias ⁽³⁾ | Incubadora tipo B.O.D., marca Solab, modelo BOD SL 200/334 |

Notas: ⁽¹⁾Determinações realizadas *in loco*. ⁽²⁾Determinações laboratoriais. ⁽³⁾Segundo Clesceri, Greenberg e Eaton (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao pH das águas residuárias analisadas, os valores médios observados nas águas cinza brutas dos três sistemas variaram entre 6,24 e 7,30 e, os valores medianos, entre 6,30 e 7,27. Já, com relação aos valores mínimos e máximos, a variação foi 5,92 a 7,79. Tais análises decorreram de amostras simples, indicando condições pontuais da qualidade destas águas, o que pode explicar estes valores mais distantes dos médios e medianos. Fiori, Fernandes e Pizzo (2006) encontraram valores médios de pH em efluentes de chuveiros de residências com animais, sem crianças e animais, e com crianças, respectivamente de: 6,94, 7,09 e 7,37, sendo estes, relativamente próximos aos encontrados no presente estudo. Quanto aos valores de pH dos efluentes aos filtros dos SBF a, b e c, observaram-se, respectivamente, valores médios de 6,61, 6,49 e 6,70 e medianos de 6,64, 6,55 e 6,66.

Com relação aos valores de temperatura (Figura 2B), considerando o afluente e efluente ao filtro de cada SBF (a, b e c), os valores oscilaram entre 26,2 e 34,4 °C. Esta variação está dentro da faixa considerada ótima (25 a 35°C) para atividade biológica (METCALF & EDDY, 2016). Para a temperatura do ar, foram registrados valores entre 26 e 38 °C. Sendo leituras instantâneas, tanto da água, quanto do ar, estes valores possivelmente podem ser explicados pelas condições do entorno de cada sistema, assim como, do horário de coleta das amostras e dos próprios usos da água.

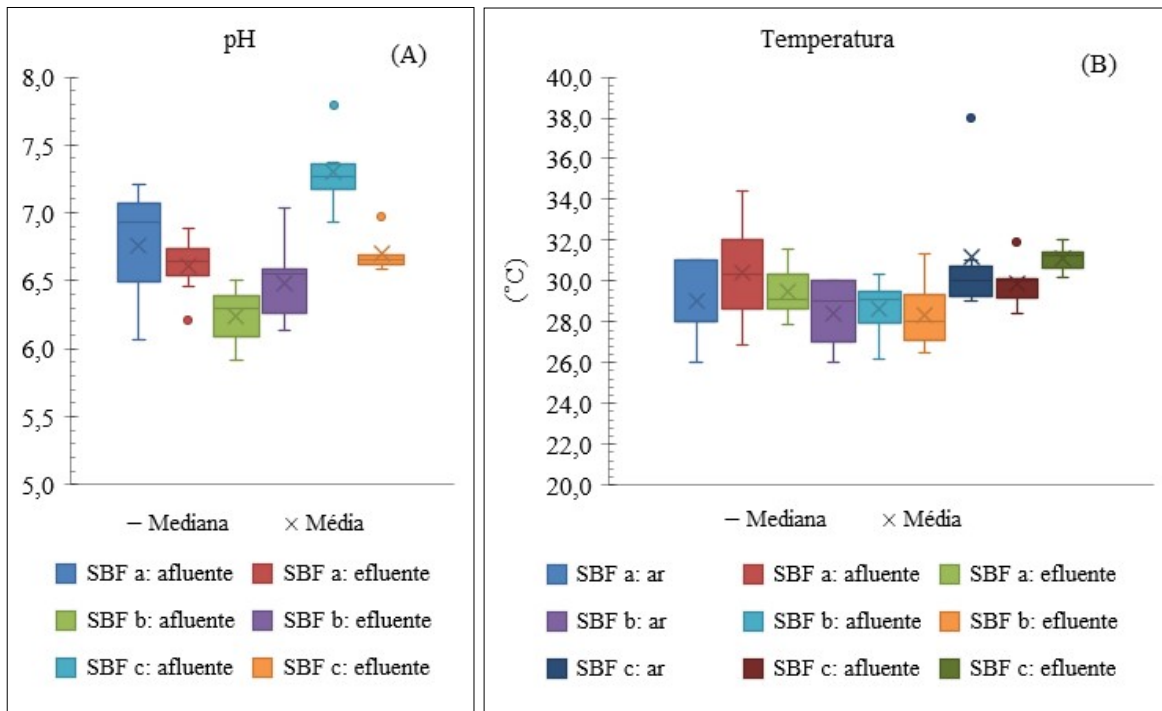


Figura 2 - Estatística descritiva para os resultados observados nos sistemas SBF a, SBF b e SBF c quanto a: pH do afluente e efluente ao filtro (A) e temperatura do ar e do afluente e efluente ao filtro (B).

Os resultados de cor aparente (Figura 3A) indicaram valores médios de 1666, 2320 e 2579 uC e valores medianos de 1590, 2720 e 2815 uC para as águas cinza brutas dos SBF a, b e c, respectivamente. Devido a isto, podem ser consideradas como águas cinza de “concentração alta”, em analogia aos termos utilizados para esgoto doméstico bruto de baixa, média e alta concentração (METCLAF & EDDY, 2016) e quando estes valores são comparados com outras águas como para água cinza clara bruta (mistura de 4 efluentes) com valores médios de 303 uC (MAY; HESPANHOL, 2008) e 85 uC (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010). Com relação às concentrações nos efluentes aos filtros dos SBF a, b e c, os valores médios observados foram de 297, 295 e 1645 uC e os valores medianos de 285, 216 e 548 uC, respectivamente. Os valores, relativamente, altos de cor aparente no efluente ao filtro do SBF c, possivelmente, resultaram da substituição de parte do meio filtrante (serragem e húmus de minhoca *Eisenia fetida*), tendo sido observado um valor de 7025 uC na primeira coleta. Nos sistemas SBF a e b, os valores médios de eficiência de remoção de cor aparente resultaram em 74 e 88%, respectivamente. No sistema utilizado por May e Hespagnol (2008) para tratar águas cinzas claras (tanque de equalização, reator biológico de contato, reservatório de decantação, filtro de areia de pressão e sistema de desinfecção com cloro), os autores observaram uma remoção de 86,3%.

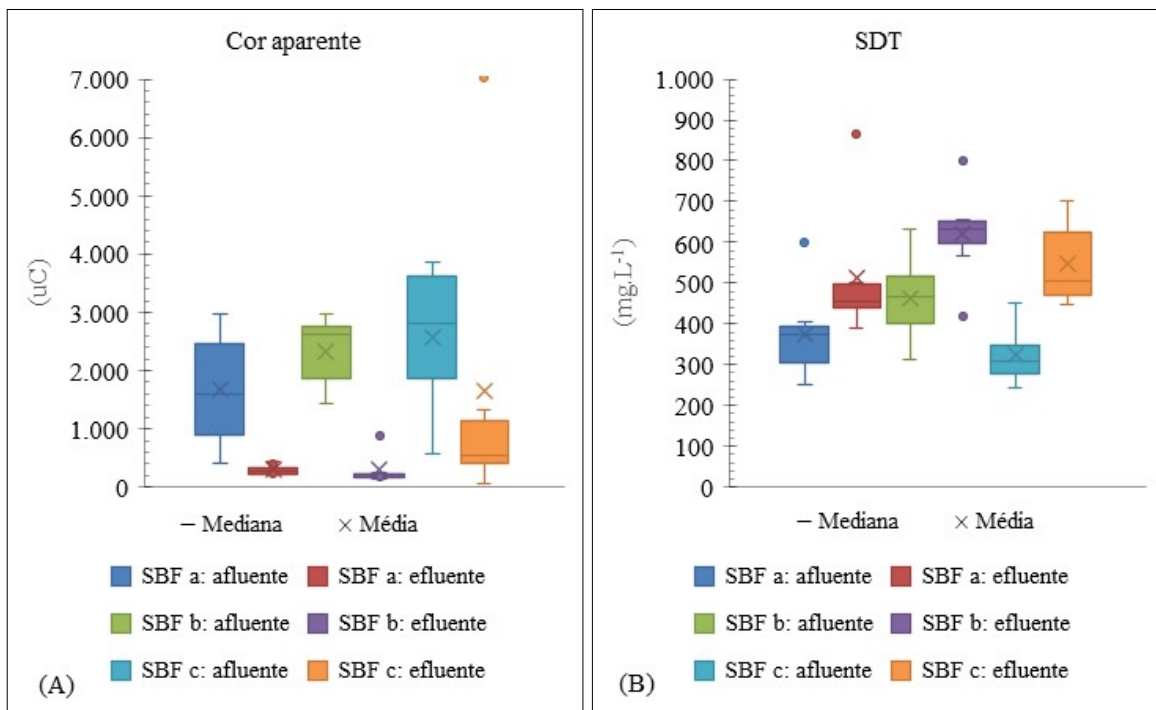


Figura 3 – Estatística descritiva para os resultados observados de cor aparente (A) e SDT (B) no afluente e efluente ao filtro dos sistemas SBF a, SBF b e SBF c.

Na Figura 3B observa-se que as águas cinza brutas apresentaram concentrações médias de SDT entre 324 e 464 mg/L, sendo, relativamente próxima à concentração média observada por May e Hespagnol (2008) para uma água cinza clara bruta (mistura), de 385 mg/L. Nos efluentes aos filtros dos três SBF em questão, verificaram-se valores médios entre 513 e 622 mg/L, cujas concentrações estiveram próximas àquela referida para esgoto doméstico bruto de concentração média (560 mg/L), segundo Metcalf & Eddy (2016) e abaixo da concentração média verificada para efluente da lavagem de roupa (1º ciclo) de 1050 mg/L (MAY; HESPANHOL, 2008).

As concentrações médias de DQO nas águas cinza brutas (Figura 4A) resultaram em 691, 1321 e 1727 mg/L, nos SBF a, b e c, respectivamente, sendo comparáveis a esgotos domésticos brutos de concentração média (200 a 800 mg/L) e alta (acima de 800 mg/L), de acordo com Jordão e Pessôa (2017). Na literatura, são observadas altas variações de concentrações DQO para águas cinza brutas como, por exemplo, 594 a 674 mg/L (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006), 64 a 651 mg/L (MAY; HESPANHOL, 2008), 237 mg/L (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010), 706 mg/L (FEITOSA et al., 2011), 2568 mg/L (HALALSHEH et al., 2008). Halalsheh *et al.* (2008) caracterizaram a água cinza bruta na área estudada (área rural da Jordânia) como sendo de concentração muito alta de DQO, DBO e sólidos em suspensão, devido, aparentemente, ao consumo *per capita* de água muito baixo. Quanto à DBO (Figura 4B), foram verificadas concentrações médias de DBO das águas cinza bruta de 556, 704 e 847 mg/L referentes aos SBF a, b e c, respectivamente. No estudo de Halalsheh *et al.* (2008), foi observado um valor médio de DBO da água cinza bruta de 1056 mg/L.

Os efluentes aos filtros dos SBF a, b e c apresentaram, respectivamente, concentrações médias de DQO de 83, 126 e 64 mg/L e de DBO de 21, 11 e 132 mg/L. As análises de DQO foram executadas para amostras coletadas a partir do 46º dia do monitoramento, como já relatado. Desta forma, não houve esta análise durante uma possível instabilidade do filtro do SBF c e alta variação da qualidade de seu efluente, o que poderia explicar uma concentração média maior de DBO do que DQO deste efluente.

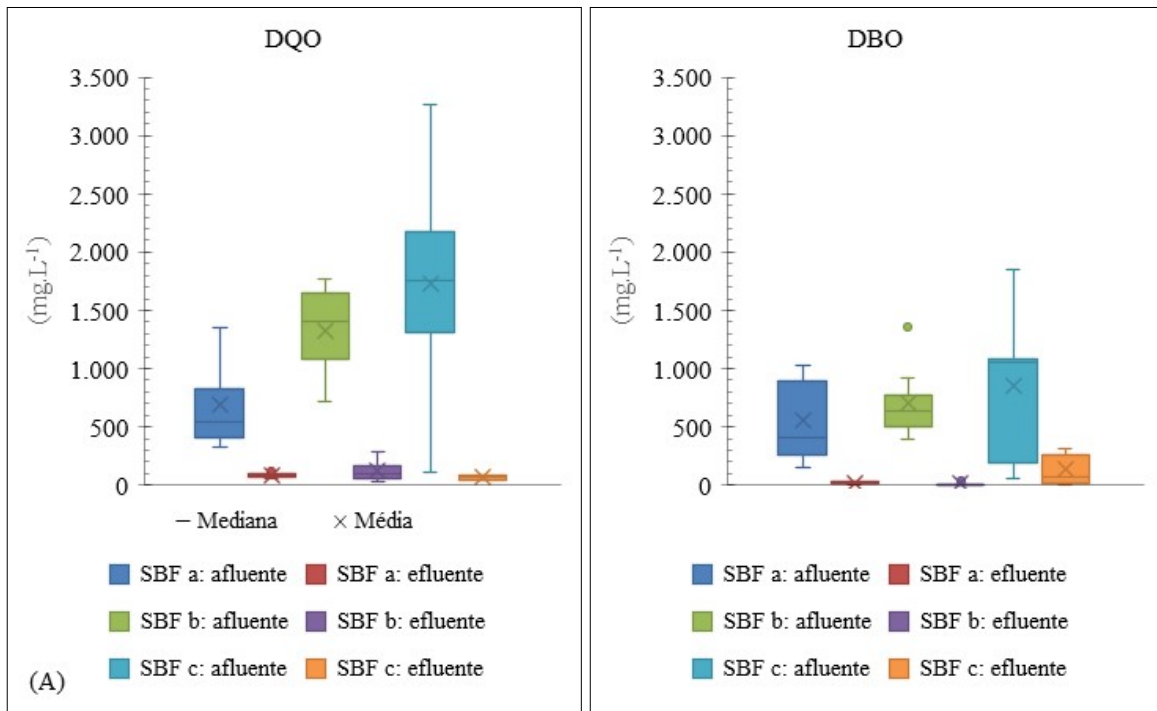


Figura 4 - Estatística descritiva para os resultados de DQO (A) e DBO (B) observados no afluente e efluente ao filtro dos sistemas SBF a, SBF b e SBF c.

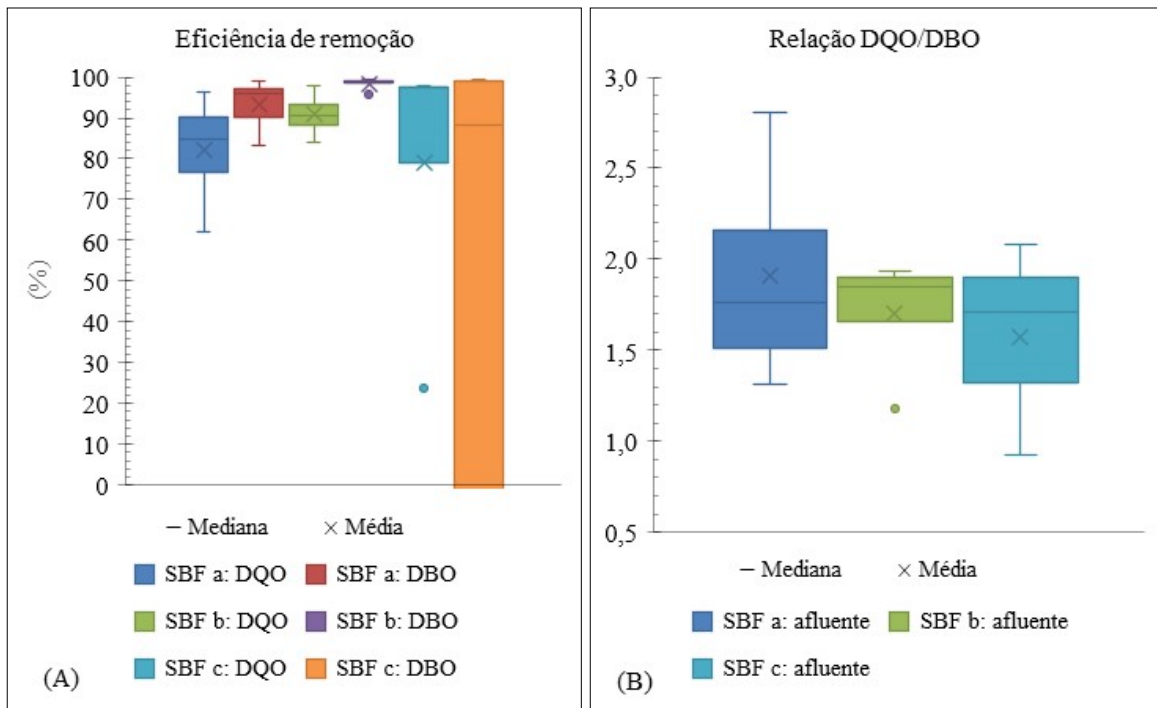


Figura 5 - Estatística descritiva para os resultados de eficiência de remoção de DQO e de DBO (A) e relação DQO/DBO (B) observados para os sistemas SBF a, SBF b e SBF c.

Quanto à eficiência de remoção de DQO, verificaram-se valores médios de 82, 91 e 64%, respectivamente, para os filtros dos SBF a, b e c (Figura 5A). Para DBO, a eficiência média correspondeu a 93 e 98% para os filtros dos SBF a e b, respectivamente (Figura 5A). No SBF c, este valor resultou negativo devido, possivelmente, à instabilidade da unidade filtrante pela troca do material do filtro. May e Hespanhol (2008) observaram em seu trabalho com águas cinzas claras tratadas por tanque de equalização, reator biológico de contato, reservatório

de decantação, filtro de areia de pressão e sistema de desinfecção com cloro, uma remoção de 86,3% para DQO e de 93,4% para DBO.

Os valores médios da relação DQO/DBO (Figura 5B) da água cinza bruta resultaram entre 1,6 e 1,9 para os SBF deste estudo, indicando um fácil tratamento por processo biológico (valores ≤ 2 , METALF & EDDY, 2016). Possivelmente, esta qualidade tem relação com os usos das águas realizadas nas residências. Halalsheh *et al.* (2008) observaram um valor de 2,4 para água cinza concentrada. Para esgoto municipal bruto, Metcalf & Eddy (2016) mencionam uma faixa de variação da relação DQO/DBO de 1,2 a 3,3.

Os resultados verificados para o SBF a e SBF b, em termos de valores médios, de eficiência de remoção quanto a cor aparente (74 e 88%, respectivamente), DQO (82 e 91%, respectivamente) e DBO (93 e 98%, respectivamente) foram similares a valores citados na literatura para água cinza de qualidade distinta da observada no presente trabalho, assim como, por diferente sistema de tratamento. Diante disso, entende-se que o sistema estudado se apresenta como uma solução de tratamento de água cinza com desempenho satisfatório em relação aos parâmetros mencionados.

Os efluentes do SBF a e SBF b apresentaram teores de cor aparente (297 e 295 uC, respectivamente), DQO (83 e 126 mg/L, respectivamente) e DBO (21 e 11 mg/L, respectivamente) superiores aos observados por May e Hespanhol (2008) (cor = 11 uC, DQO = 34 mg/L e DBO < 10 mg/L em efluente de um reator biológico de contato), indicando, em princípio, uma pior qualidade da água cinza tratada pelos SBF em comparação ao sistema utilizado pelos pesquisadores mencionados. No entanto, -é importante lembrar que no presente estudo, as águas cinza eram mais concentradas do que as águas estudadas por May e Hespanhol (2008), denominadas de águas cinza claras. Já, comparando-se os resultados do presente estudo quanto às concentrações de DQO e DBO no efluente do SBF a e SBF b, observam-se que as mesmas foram inferiores àquelas verificadas por Feitosa *et al.* (2011) no efluente (DQO = 211 mg/L, DBO = 84 mg/L) de uma mini estação de tratamento de água cinza, constituída por caixa de gordura, tanque anaeróbio, filtro inorgânico, mini sistema alagado construído, reator solar e sumidouro. De um modo geral, considera-se que os resultados de DQO e DBO indicaram uma qualidade satisfatória do efluente dos SBFs tratando água cinza concentrada no semiárido brasileiro.

Para reúso agrícola, a qualidade verificada dos efluentes dos SBF a e SBF b, em termos de DBO estiveram (21 e 11 mg/L, respectivamente) abaixo de limites sugeridos na literatura (25 mg/L para irrigação irrestrita: PEARSON, 1986 apud TSUTIYA, 2003. Até um máximo de, aproximadamente, 100 mg/L: HESPANHOL, 2003). Contudo, para irrigação, outros parâmetros de qualidade da água são de interesse como *Escherichia coli*, ovos de helmintos, razão de adsorção de sódio, nitrogênio, dentre outros.

CONCLUSÕES

As águas cinza brutas investigadas indicaram altas concentrações de DQO, DBO e cor aparente, sugerindo baixo consumo *per capita* de água nas residências de aplicação do estudo. Tais águas foram consideradas de fácil tratamento biológico. A qualidade do efluente do filtro de um sistema estudado sugeriu uma condição de não estar em estado de equilíbrio dinâmico, possivelmente pela troca de material filtrante. Os resultados de desempenho dos filtros dos outros dois sistemas de tratamento de água cinza estudados indicaram capacidade satisfatória de remoção de DQO (82 e 91%), DBO (93 e 98%) e cor aparente (74 e 88%). Com base nos resultados de DQO e DBO observou-se uma qualidade satisfatória do efluente dos filtros (com operação estável) dos SBFs tratando água cinza concentrada no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). *Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2016*. Brasília: ANA, 2016.
2. ANDRADE NETO, C. O. Uso de esgoto tratado e aproveitamento imediato de água da chuva como recurso hídrico alternativo para o semiárido nordestino. In: Mattos, A.; Mattos, K. M. C. (Coord.). *Monitoramento da evaporação e mudanças climáticas*. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica Editora. cap. 5, p. 91-127. 2014.



3. BRASIL, J.; ATTAYDE, J. L.; VASCONCELOS, F. R.; DANTAS, D. F.; HUSZAR, V. L. M. Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia*, v. 770, p. 145-164, 2016.
4. CLESCERI, L. S. GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (Eds.) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington (DC): APHA, AWWA, WEF, 1998.
5. FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; MOURA, F. N. Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro. *Engenharia Ambiental*. v. 8, n. 3, p. 196 – 206, 2011.
6. FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.
7. GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. da S.; WANKE, R. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista AIDIS*, v. 3, n. 1, p. 120-131, 2010.
8. HALALSHEH, M. et al. Grey water characteristics and treatment options for rural areas in Jordan. *Bioresource Technology*, n. 99, p. 6635-6641, 2008.
9. HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (ed). *Reúso de água*. 1 ed. Barueri: Manole, 2003. cap. 3, p. 37 – 95.
10. HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, n. 22, v. 63, p. 131-158, 2008.
11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades. Panorama. *Olho d'Água do Borges*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/olho-dagua-do-borges/panorama>>. Acesso em 10 out. 2018.
12. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro: ABES. 8 ed. 2017.
13. KUBLER, H.; FORTIN, A.; MOLLETA, L. *Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil*. S.l. ABES São Paulo, Aladyr, CH2M, 2015.
14. MAY, S. HESPANHOL, I. Tratamento de águas cinzas claras para reúso não potável em edificações. *REGA*, v. 5, n. 2, p. 15-24, jul./dez. 2008.
15. METCALF & EDDY. *Tratamento de efluentes e recuperação de recursos*. Tradução: HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
16. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MIN). *Relatório final do grupo de trabalho interministerial para a redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas*. Brasília, 2005. Disponível em: <file:///C:/Documents/Livros%20e%20outros%20materiais%20bibliográficos/Semiárido/relatorio_semi_ari_do_2005.pdf>. Acesso em: 19 out.2018.
17. SANTIAGO, F. et al. *Manual de implantação e manejo do sistema Bioágua Familiar*. Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro. Caraúbas: ATOS, 2015.
18. SCHIMIDT, D. M.; MATTOS, A.; Ciclo anual das chuvas e as condicionantes do regime de precipitação no Estado do Rio Grande do Norte. In: MATTOS, A.; MATTOS, K. M. C. (org.). *Projeto MEVEMUC – Monitoramento da Evaporação e as Mudanças Climáticas*. 1 ed. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica editora.2014. cap. 6, p. 129-146.
19. UN-WATER. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. *Água para um mundo sustentável*. Sumário executivo. Colombella: UNESCO, 2015.
20. UN-WATER. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017. *Resumo executivo*. Águas residuais. O recurso inexplorado. Colombella: UNESCO, 2017.
21. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater*. Wastewater use in agriculture. v. II. Geneva: World Health Organization, 2006