

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE FILTRO COM LEITO DE AREIA ASSOCIADO A RESÍDUOS DE BLOCOS CERÂMICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA.

João Paulo Reis Barros¹; Caroline Lucas de Carvalho²; Raylline Costa da Cunha Lime³; Silmara Nunes Dantas⁴; José Resende Goes⁵; Louise Francisca Sampaio Brandão⁶;

3.07.00.00-0 – Engenharia Sanitária; 3.07.02.00-3 – Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias

RESUMO

Introdução: A água é um recurso natural renovável com volume inalterado devido ao seu ciclo hidrológico, porém, segundo Lima e Machado (2008, p.13), de todo esse volume existente, apenas 0,0075% representa a água doce utilizável pelos seres humanos, encontrada em lagoas, rios e reservatórios (IDEC, 2005). O Brasil detém cerca de 13% de toda água doce superficial do planeta, porém, sofre com a má distribuição desta, uma vez que, cerca de 81% deste percentual está localizado na Amazônia, que detém menos de 5% de toda população brasileira, e o restante, cerca de 19%, está localizado nas demais regiões do país, que concentram 95% da população; dentre essas, a nordeste e a sudeste, possuidoras das menores parcelas desse

percentual, são responsáveis por abastecer, aproximadamente, 70% da população brasileira, caracterizando um exemplo claro da má gestão desse recurso pelos órgãos responsáveis (ANA, 2015). Para agravar essa situação, o intenso processo de urbanização, desenvolvimento desordenado das cidades, industrialização e o aumento da população mundial, que triplicou nos últimos 100 anos, associado a uma má gestão, má distribuição e uso irracional da água doce, tem aumentado em até seis vezes a demanda por esse bem, de acordo com Martins Júnior e Martins (2016, p.2), contribuindo para o aumento da dificuldade de acesso ao saneamento básico, que quando existente, muitas vezes é ineficiente; além de encarecer os processos de tratamento para obtenção de água potável e não-potável, visto que, a

1 Pesquisador - IFS, e-mail: joao_p.14@hotmail.com. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

2 Pesquisadora - IFS, e-mail: caarol.carvalho@outlook.com. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

3 Pesquisadora -IFS, e-mail: rayllinelima@hotmail.com. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

4 Pesquisadora -IFS, e-mail: silmarandantas@gmail.com. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

5 Coorientador-IFS, e-mail: resende.goes@ifs.edu.br. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

6 Orientadora-IFS, e-mail: lusampaio_eng@yahoo.com.br. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe/Coordenação de Engenharia Civil/Campus Aracaju/SE.

maior parte das localidades lançam seus dejetos *in natura* nos corpos hídricos ou solos, comprometendo a qualidade da água que será utilizada para fins de abastecimento, consumo, irrigação ou recreação, segundo Tonetti et al (2012, p. 2). De acordo com Tonetti et al (2012, p.2), apesar das vantagens e eficiência dos processos empregados no Brasil, o efluente que sai das estações de tratamento não atende aos padrões legais, por isso, necessita de um tratamento terciário posterior. A NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997) apresenta várias formas de pós-tratamento, dentre essas estações, merece atenção o filtro de areia, uma vez que, para tratamento de esgoto, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) recomenda a obtenção de dados da NBR 11.799/1990 (ABNT, 1990) cujas especificações são voltadas para tratamento de água para abastecimento público, uma finalidade mais nobre; demonstrando, para alguns casos de tratamento de esgotos, uma inviabilidade financeira, devido a um possível superdimensionamento, e uma carência de estudo técnico do uso desse filtro aplicado ao tratamento dos diversos tipos de águas residuárias. Diante de toda essa conjuntura apresentada, este trabalho tem como **objetivos:** construir filtros-pilotos para tratamento de água cinza gerada no Instituto Federal de Sergipe (IFS), com camadas filtrantes compostas de areia associada a vidro ou a blocos cerâmicos, moídos, oriundos da construção civil; analisar a eficiência de cada um dos filtros com e sem decantação prévia, e com alturas de camadas filtrantes diferentes das recomendadas pelas normas NBR 13.969 (ABNT, 1997) e NBR 12.216 (ABNT, 1992); além de verificar a eficiência do processo de desinfecção do efluente oriundo dos filtros com concentrações de cloro variáveis, correlacionando os resultados obtidos com os parâmetros exigidos pela legislação para as diversas aplicabilidades desse tipo de esgoto tratado. **Materiais e Métodos:** Primeiramente, foram feitos o dimensionamento, a orçamentação e a obtenção das unidades-piloto de tratamento escolhidas, confeccionadas em acrílico por empresa especializada. Foram criadas: duas unidades de de-

cantação com dispositivo de saída do esgoto decantado; duas colunas de filtração, uma com leito filtrante de areia lavada e vidro moído, e outra com leito filtrante de areia lavada e blocos cerâmicos moídos, sendo que ambos os filtros possuíam uma saída para escoamento do efluente; e, duas unidades de desinfecção com as mesmas características dos decantadores. Referindo-se à areia filtrante requerida pelas normas, optou-se por substituí-la, tanto por resíduos de vidro, quanto por blocos cerâmicos, ambos moídos e advindos da construção civil. Quanto ao antracito, resolveu-se removê-lo, por ser, geralmente, um material financeiramente caro, mesmo sabendo do seu papel em dirimir substâncias, sabores e odores; como opção, adotou-se areia com propriedades granulométricas semelhantes as requeridas para o antracito pela norma regente com as finalidades de ter-se, não só mais uma camada filtrante, como também melhorar a carreira do filtro. Considerou-se, para a areia a ser manuseada nos filtros, grãos retidos entre peneiras de malhas 0,60 mm e 1,18 mm, e para os resíduos moídos, tanto vidro, quanto blocos cerâmicos, grãos retidos entre peneiras de malhas 0,425 mm e 0,60 mm, devido a inexistência, na instituição, de peneiras específicas para os tamanhos dos grãos exigidos pelas normas. No tocante a camada suporte, utilizou-se os seguintes materiais e granulometrias: resíduos moídos com grãos entre 0,60 mm e 1,18 mm; areia grossa com granulometria entre 1,2 mm e 4,8 mm, e brita zero (grãos entre 4,8 mm e 9,5 mm). Além disso, colocou-se, sobre o leito filtrante, uma fina camada de 2,0 cm de brita zero, para retenção de materiais grosseiros, presentes no esgoto coletado. Todos os materiais utilizados foram lavados abundantemente com água potável e água destilada, e logo após, foram postos para secagem em estufa, a 100 °C, durante um período de 24 horas, antes de serem acomodados no filtro. Referindo-se a ordem de acomodação das camadas, tanto a dos materiais filtrantes, quanto a da camada suporte, essa foi escolhida observando o que é sugerido por normas e bibliografias; já com relação as espessuras dessas, resolveu-

-se alterá-las, no intuito de analisar a eficiência dos filtros com alturas de camadas diferentes das exigidas pelas normas e para a finalidade prevista. Com relação à água cinza de estudo, foram utilizadas amostras provenientes do banheiro feminino do ginásio de esportes do IFS, pois, de acordo com pesquisas realizadas por Barros et al. (2016) na mesma instituição, essas águas são as que possuem características mais críticas se comparadas com as dos demais locais. As amostras foram coletadas semanalmente, no período compreendido entre 01/02/2018 e 30/05/2018. Quanto ao número de amostras, coletou-se uma quantidade suficiente para que fosse possível analisar a eficiência do filtro, de antemão, coletou-se, para cada filtro, um total de 8 amostras, cada uma com 6 litros de água cinza. Cada efluente foi coletado com o auxílio de uma concha e um balde e, em seguida, levado até o laboratório de saneamento da instituição para ser analisado no período máximo de quatro horas após a sua obtenção. Para a escolha dos parâmetros qualitativos a serem analisados, requisitou-se a NBR 13.969 (ABNT, 1997) com a finalidade de verificar quais características da água de reuso são regulamentadas pela mesma, e assim, monitorá-las com o objetivo de sugerir possíveis destinações do esgoto a ser tratado nesse estudo. Os parâmetros a serem avaliados foram: pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), sólidos dissolvidos totais (SDT), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais e totais, e cloro residual livre; e as análises para obtenção desses dados seguiram os Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2005). Para ter-se um maior controle sobre parâmetros como, tempo de passagem, volume filtrado e vazão, dos filtros elaborados, estabeleceu-se que, dos 6 litros de água cinza coletados, por amostra, 2 litros seriam diretamente filtrados sem decantação prévia; os 4 litros remanescentes, deveriam ser postos para decantar por um período de 1 hora e, após esse intervalo, ser coletado, pelo menos, 2 litros de esgoto decantado, para assim pros-

seguir-se com a filtração e, posteriormente, ser possível comparar a eficiência dos filtros com e sem decantação prévia da água cinza coletada. Quanto a desinfecção, resolveu-se utilizar concentrações de cloro ativo de 7 mg/L (mínimo de recomendado pelo fabricante), 14 mg/L, 28 mg/L e 56 mg/L, e analisar, para cada uma dessas, as concentrações de coliformes totais e fecais, além do cloro residual livre, em tempos de detenção de 30 minutos (mínimo exigido pela NBR 13.969 (ABNT, 1997)), 1 hora e 24 horas. Para cloração, foram utilizadas pastilhas de hipoclorito de cálcio com concentração de cloro ativo de 86,6%. Já para medição do cloro residual livre, utilizou-se reagentes específicos e uma paleta colorimétrica disponibilizados pelo fabricante desses materiais. Por fim, a análise estatística dos resultados qualitativos e quantitativos foi realizada utilizando-se planilhas eletrônicas e gráficos, para que dessa forma fosse possível obter dados como: médias, valores máximo e mínimo, percentuais, etc. **Resultados:** analisando-se os efluentes finais de ambos os filtros estudados, com e sem decantação prévia, percebeu-se que houve um melhoramento da qualidade se comparado ao estado bruto desses efluentes. O pH tornou-se levemente alcalino, situação essa desejável, tanto para desinfecção com o cloro utilizado, quanto para o reuso desse efluente segundo a norma regulamentadora; houve elevação considerável da concentração do oxigênio dissolvido, demonstrando uma elevada diminuição da quantidade de matéria orgânica presente no esgoto em seu estado bruto, com conseqüente reduções da DBO e da DQO, além de contribuir para a decomposição aeróbia do material biodegradável remanescente, que gera menos subprodutos desagradáveis, como odores, por exemplo, se comparada com a decomposição anaeróbia; e, por fim, teve-se uma elevada redução da turbidez e dos sólidos dissolvidos totais, que melhoraram, significativamente, o aspecto estético final da água cinza tratada nas unidades. Durante os processos de decantação e filtração, não houveram reduções detectáveis das concentrações de coliformes fecais e totais. Referindo-

-se a desinfecção com cloração dos efluentes, com e sem decantação prévia, e, posteriormente, passados nas unidades de filtração analisadas, percebeu-se que a concentração de 7 mg.L^{-1} conseguiu reduzir a concentração de coliformes fecais, porém, foi insuficiente para provocar alteração detectável na concentração de coliformes totais e, além disso, não gerou cloro residual livre, necessário para alguns casos de reuso, conforme norma. Já as demais concentrações conseguiram reduzir significativamente as concentrações de coliformes totais e fecais, e ainda mantiveram cloro residual livre no efluente. No filtro com leito de areia e blocos cerâmicos moídos, o esgoto decantado e filtrado alcançou, em média, uma vazão de $0,84 \text{ L.min}^{-1}$; enquanto que o bruto filtrado sem decantação prévia alcançou, em média, vazão de $0,28 \text{ L.min}^{-1}$. Já no filtro com leito de areia e vidros moídos, o esgoto decantado e filtrado alcançou, em média, uma vazão de $0,70 \text{ L.min}^{-1}$; enquanto que o bruto filtrado sem decantação prévia alcançou, em média, vazão de $0,38 \text{ L.min}^{-1}$. Foi notável que o esgoto filtrado com pré-decantação permitiu os filtros trabalharem de maneira mais eficiente, em termos de vazão, uma vez que, houve a redução prévia dos sólidos sedimentáveis presentes no efluente bruto, fazendo-os suportarem cargas volumétricas maiores (quase o dobro, se comparada as cargas do esgoto bruto diretamente filtrado), sem colmatá-las rapidamente, aumentando, dessa forma, a carreira de filtração dos mesmos. Correlacionando os valores médios dos parâmetros analisados das amostras de água cinza tratadas com os exigidos pela NBR 13.969 (ABNT, 1997), conclui-se que os efluentes finais, de ambos os filtros, filtrados com e sem decantação prévia, e desinfetados com a concentração de cloro ativo mínima recomendada pelo fabricante (7 mg/L), podem enquadrar-se na classe 4 da referida norma. **Conclusões:** O leito filtrante composto de areia e resíduos da construção civil teve um desempenho satisfatório em adequar alguns dos parâmetros físico-químicos da água cinza analisada aos valores exigidos normativamente; o processo de desinfecção utilizando-se cloro, em

doses diferenciadas, permitiu saber a dose ideal desejável para cada finalidade de reuso; as unidades de decantação não interferiram, significativamente, nos aspectos qualitativos dos efluentes finais filtrados, entretanto, influenciou nas vazões dos filtros e na carreira de filtração desses; as unidades de decantação e filtração aqui abordadas requerem mais estudos, quanto a suas características técnicas, caso opte-se por reutilização da água cinza nas classes 1, 2 e 3, da referida norma; originou-se um efluente com aspecto estético agradável e com odor imperceptível, o que é interessante visto que pode dirimir a possibilidade de reclamações por parte dos usuários. a possibilidade de reuso gerada, não só traz economia de água, como também traz economia financeira, uma vez que, reduz-se o consumo de água fornecida pelo órgão responsável, para a finalidade de reuso cabível e, além desses aspectos, a pesquisa contribui para a implementação e o estudo de iniciativas sustentáveis semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: água cinza, reuso, filtro.

REFERÊNCIAS:

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015. Brasília, 2015. 88p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed., Washington-USA, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.799: Material filtrante — Areia, antracito e pedregulho — Especificação. Rio de Janeiro, 1990. 7 p.
- _____. NBR 12.216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: [s.n.], 1992. 18 p.
- _____. NBR 13.969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. [S. l.], 1997. 60 p.
- BARROS, João Paulo Reis et al. Projeto de reuso de água cinza no ifs, campus aracaju, por meio de recir-

culação nos banheiros e irrigação de jardins, com seus aspectos econômicos e qualitativos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2016, Aracaju. Artigo. Aracaju: Ifs, 2016. p. 1 - 9.

IDEC. Manual de educação para consumo sustentável. Brasília: [s.i.], 2005. 162 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2018.

LIMA, Ricardo Paganelli de; MACHADO, Thiago Garcia. Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações. 2008. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil Ênfase Ambiental, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2008.

MARTINS JUNIOR, Rubens; MARTINS, Márcia Viana Lisboa. Dimensionamento de Filtro de Areia para Tratamento de Água Cinza do Bloco Novo do IRN. Revista Brasileira de Recursos Renováveis, Minas Gerais, v. 3, n. 5, p.356-363, 2016.

TONETTI, Adriano Luiz et al. Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia: Wastewater treatment and reuse water production using sand filters. Eng Sanit Ambient, Campinas, v. 3, n. 17, p.287-294, jul. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n3/v17n3a05.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.