

TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS POR MEIO DE FILTRO COM LEITO ASSOCIADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, ESPONJAS UTILIZADAS E ANTRACITO

GRAY WATER TREATMENT USING A FILTER WITH AN ASSOCIATED BED OF CONSTRUCTION WASTE, USED SPONGES AND ANTHRACITE

Resumo

A escassez dos recursos hídricos evidencia a necessidade de uma política de sustentabilidade com o meio ambiente. Desse modo, algumas pesquisas focaram na busca de tecnologias de preservação e recuperação da água como uma alternativa de gestão sustentável. As águas cinzas são efluentes provenientes de lavatórios, máquinas de lavar e chuveiros, que devidamente tratadas podem substituir atividades com fins não potáveis, como a lavagem de pisos, carros e até mesmo descarga sanitária. Nesse estudo, águas cinzas, recolhidas no banheiro feminino do Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju, foram caracterizadas antes e após a passagem em filtro com leito associado de resíduos da construção civil, esponjas de poliuretano usadas e carvão mineral, em relação aos parâmetros Turbidez, pH e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) com o intuito de avaliar a eficiência do sistema de tratamento. Os resultados revelaram eficiência na remoção de 95,69 % de Turbidez, aumento de 33,33% no pH e 12,07% nos SDT. O tratamento possibilitou um ótimo aspecto visual e um odor imperceptível, além de um efluente filtrado enquadrado na classe 4 da ABNT NBR 13.969, podendo ser reutilizado em pomares, cereais, forragens, pastagem de gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Palavras-chave: Efluente; Águas Residuárias; Filtração; Reúso; Resíduos

Abstract

The scarcity of water resources highlights the need for a policy of sustainability with the environment. Thus, some research focused on the search for water preservation and recovery technologies as an alternative for sustainable management. Gray waters are effluents from washbasins, washing machines and showers, which, if properly treated, can replace activities with non-potable purposes, such as washing floors, cars and even sanitary flushing. In this study, gray waters, collected in the feminine bathroom of the Federal Institute of Sergipe, Campus Aracaju, were characterized before and after passing through a filter with an associated bed of construction waste, used polyurethane sponges and mineral coal, in relation to the parameters Turbidity, pH and Total Dissolved Solids (TDS) in order to evaluate the efficiency of the treatment system. The results revealed efficiency in the removal of 95.69% of Turbidity, an increase of 33.33% in pH and 12.07% in TDS. The treatment provided a great visual aspect and an imperceptible odor, in addition to a filtered effluent classified in class 4 of ABNT NBR

Erik Santos Passos

Graduado em Engenharia Civil/IFS, Mestrando em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFS, Bolsista Capes de Demanda Social.

E-mail: erikspassos@gmail.com

Louise Francisca Sampaio Brandão

Graduada em Engenharia Civil/UFS, Mestra em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos/UFGM, Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe.

Email:

lusampaio_eng@yahoo.com.br

Roseanne Santos de Carvalho

Graduada em Engenharia Civil/UFS, Mestra e Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFS, Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe.

Email:

roseanne.carvalho@uol.com.br

13.969, which can be reused in orchards, cereals, forages, cattle pastures and other crops through runoff or through a drainage system punctual irrigation.

Keywords: Effluent; Residual Waters; Filtration; Reuse; Waste

INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2018), estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras; 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% corresponde às águas superficiais. Na região Nordeste do Brasil, algumas características regionais particulares, como a irregularidade pluviométrica, as altas temperaturas e a sazonalidade de seus cursos d'água, bem como a própria intervenção humana predatória neste meio, contribuem para contaminação dos mananciais, o que limita ainda mais o acesso à fração de água doce disponível

Em muitos países, a água doce disponível já está fortemente comprometida e, para evitar uma crise hídrica, recomenda-se o uso da água de forma eficiente, gerir de forma inteligente a oferta e demanda, além de poluir menos e reduzir os impactos ambientais da população em crescimento, preservando os recursos hídricos tanto em quantidade quanto em qualidade (ANDERSON, 2008). Inúmeros estudos no meio científico aprimoram processos e materiais que possuam potenciais recursos de ajudar na reutilização e reúso de águas para finalidades não potáveis. Asano et al. (2007) destacam que o uso de águas residuárias tratadas para fins não potáveis apresenta um grau de aceitação cada vez maior, uma vez que essa prática repercute na redução da coleta de água de rios e córregos, os autores informam ainda que, em países na qual elevados volumes de águas são preservados, como Singapura e Israel, a viabilidade do uso tem sido comprovada.

Consoante as perspectivas dos recursos hídricos, é imprescindível buscar fontes alternativas de abastecimento de água, bem como, o uso de águas cinzas tratadas para fins não potáveis, como irrigação, ornamentos, lavagem de pisos, pátios e uso em vasos sanitários. Segundo Junior e Martins (2016), as águas cinzas constituem os efluentes provenientes de chuveiros, lavatórios e máquina de lavar roupa e, por não abranger os efluentes dos vasos sanitários e cozinha, contém uma quantidade de resíduos inferior aos do esgoto doméstico, o que torna o tratamento mais simples.

O uso de filtros de areia para tratamento de efluentes é uma alternativa que preserva o baixo custo e as mínimas necessidades de operação e manutenção. Mesquita (2010) define filtros de areia como equipamentos de tratamento físico da água que utiliza

uma ou mais camadas de materiais granulares como elemento filtrante, principalmente areia, pedregulhos e zeólitas. No entanto, em diversas pesquisas têm sido avaliados alguns materiais de menor custo considerados não convencionais e/ou resíduos, com destaque para anéis plásticos, fragmentos de pneu, cilindros ou esferas perfuradas de polietileno, anéis de bambu, casca de coco, esponjas de poliuretano e resíduos cerâmicos e cimentícios (CAMPOS, 1999; TORRES et al., 2003; SANTOS et al., 2010; TONETTI et al., 2013; FERNANDES et al., 2013; CONCEIÇÃO et al., 2013; ISOLANI, 2000; CAMPOS et al., 2008).

O trabalho proposto é de suma importância no contexto atual, o reaproveitamento de resíduos compete uma visão ecológica pela conservação do meio ambiente e a redução de impactos ambientais pela disposição irregular dos mesmos. Além disso, a reutilização, grosso modo, tem grande contribuição para a sociedade em questões como a prevenção de doenças nos habitantes, através do processo de tratamento dos efluentes domésticos, bem como em reduzir a utilização de água de primeira qualidade e de corpos hídricos naturais em atividades não potáveis. Do ponto de vista econômico, o estudo apresenta um modelo de filtro caracterizado como uma opção de tratamento de baixo custo que favorece sua aplicação inserida em todas esferas sociais e que possibilita reduções nos gastos de água e auxilia no equilíbrio ambiental e qualidade de vida.

Em suma, este trabalho tem o escopo principal de avaliar um sistema de tratamento composto de esponjas usadas, resíduos da construção civil e antracito por meio de uma caracterização do pH, Turbidez e Sólidos dissolvidos totais (SDT) de águas cinzas. Parte-se da hipótese que esse tratamento alternativo seja eficiente na melhoria dos parâmetros físico-químicos analisados e possibilite um efluente passível de reutilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do local de estudo

A pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju. Está situado no endereço: Av. Engenheiro Gentil Tavares da Mota, 1166, Bairro Getúlio Vargas, Aracaju – Sergipe.

As águas cinzas, objeto de estudo, são provenientes do banheiro feminino do ginásio de esportes do campus. A coleta das amostras foi realizada seguindo os procedimentos descritos na NBR 9898 (ABNT, 1987) que regulamenta a coleta de

efluentes líquidos. Foram coletadas cinco amostras de águas cinzas oriundas dos lavatórios e chuveiros do banheiro, nos períodos compreendidos na Tabela 01.

Tabela 01 – Amostragem das águas cinzas.

Amostragem	Data	Volume coletado
Amostra 01	25/07/19	3,0 litros
Amostra 02	01/07/19	3,0 litros
Amostra 03	08/08/19	3,0 litros
Amostra 04	15/08/19	3,0 litros
Amostra 05	22/08/19	3,0 litros

Fonte: Autor (2019)

Confecção e caracterização do filtro

O filtro foi confeccionado utilizando-se resíduos de construção civil, esponjas usadas, resíduos de pó de pedra e antracito. Os resíduos da construção civil foram recolhidos de caçambas estacionárias posicionadas na cidade de Aracaju/SE, por onde a empresa de lixo local faz o recolhimento desses resíduos. As esponjas foram adquiridas por meio de doação de estudantes do ensino superior do Instituto Federal de Sergipe, por se tratar de um material que é descartado com frequência no lixo. Os resíduos de pó de pedra foram recolhidos na própria instituição, no Laboratório de Materiais de Construção.

Sendo assim, foi necessário quebrar os resíduos da construção civil até o atendimento de uma granulometria de 4,8 mm para compor a camada suporte e grãos inferiores a 1,2 mm para compor o leito filtrante, para isso utilizou-se um soquete de compactação de solo para aplicar golpes em queda livre até que os resíduos estivessem quebradiços e em grãos menores. Logo após, foi realizada uma caracterização granulométrica por peneiramento visando identificar o tamanho dos grãos dos resíduos. Já as esponjas foram cortadas em cubos para facilitar o acondicionamento dentro do leito de filtração. Posteriormente, todos os materiais foram lavados, os granulares foram colocados em estufa por 24 horas para que não houvesse umidade e fosse possível, assim, executar a montagem do filtro seguindo modelos de referência e a NBR 13.969 (ABNT, 1997).

O modelo piloto em escala de laboratório foi determinado, conforme a Figura 02, englobando uma altura de leito filtrante de 52 cm e uma área interna de 100 cm². As granulometrias das camadas estão representadas na Tabela 02.

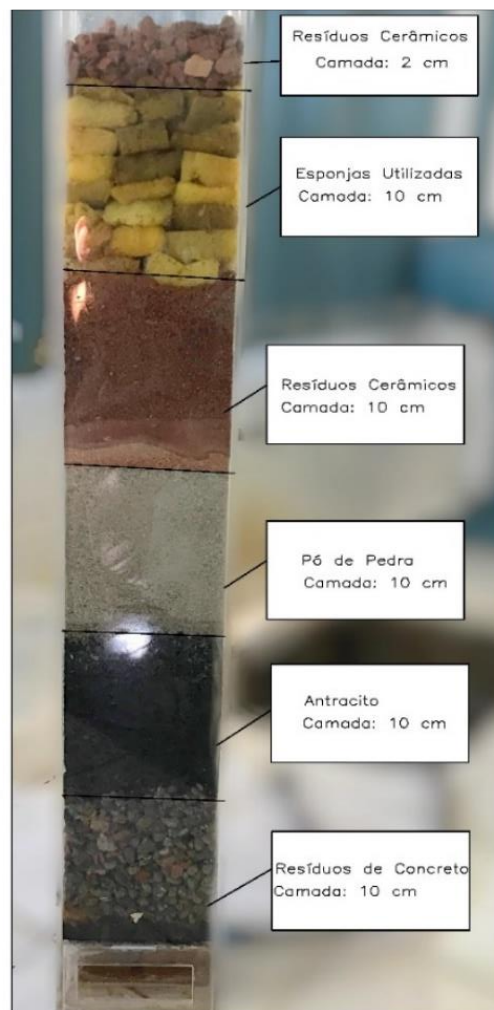
Tabela 02 – Granulometria de camadas do filtro

Camadas	Altura da camada	Material	Tamanho médio dos grãos
Camada 01	2 cm	Resíduo cerâmico	4,8 mm
Camada 02	10 cm	Esponjas usadas	-
Camada 03	10 cm	Resíduo cerâmico	0,6 a 1,2 mm
Camada 04	10 cm	Resíduo pó de pedra	0,6 a 1,2 mm
Camada 05	10 cm	Antracito	1,2 a 2,5 mm
Camada 06	10 cm	Resíduo de concreto	4,8 mm

Fonte: Autor (2019)

A Figura 02 apresenta a configuração do filtro com as respectivas camadas preenchidas com os materiais alternativos. Cabe destacar que o funcionamento do filtro se deu com taxas de aplicações semanais não constantes, em sentido descendente de fluxo, onde foram verificados registros de seu funcionamento como um todo.

Figura 02- Representação do filtro com a altura de cada camada



Fonte: Autor (2019).

Análises e técnicas utilizadas

Na definição dos parâmetros qualitativos a serem analisados, buscou-se a NBR 13.969 (ABNT, 1997) que oferece alternativas de procedimentos técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanques sépticos, com o intuito de verificar quais características são regulamentadas pela mesma, e assim, avaliá-las com o objetivo de sugerir possíveis destinações do efluente a ser tratado nesse estudo.

O Quadro 01 apresenta os parâmetros analisados e as técnicas utilizadas seguindo os *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012). Todas análises foram realizadas no Laboratório de Saneamento da própria instituição, seguindo rigores científicos para que os dados sejam confiáveis e apropriados para análise.

Quadro 01 – Parâmetros físico-químicos exigidos pela NBR 13.969 (ABNT, 1997)

PARÂMETRO	APARELHO UTILIZADO	UNIDADE
pH	Sonda Multiparâmetro,	ad
Turbidez	Horiba. Modelo U 52-G	NTU
Sólidos Dissolvidos		mg.L ⁻¹

Fonte: Autor (2019)

Foram aplicados, semanalmente, 2,0 litros do efluente coletado no filtro, resultando em efluente filtrado para comparação com as características do efluente bruto. Parâmetros operacionais como taxa de filtração e vazão foram calculados de forma empírica, por meio da equação de vazão e taxa de filtração adotada por Von Sperling (2014), para caracterizar a filtração em regime descontínuo. A eficiência do filtro foi verificada de acordo com o modelo proposto por Von Sperling (2014) o qual está expresso na Equação 01.

Equação 01- Cálculo de eficiência

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Onde:

E = Eficiência de remoção (%)

C_o = Concentração afluente do poluente (UNID)

C_e = Concentração efluente do poluente (UNID)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros de operação do filtro

Foram coletados dados experimentais acerca do funcionamento do tratamento, como a carga aplicada e o tempo de percolação do efluente, com isso, obteve-se a vazão de funcionamento e a taxa de filtração. A Tabela 03 apresenta os valores encontrados de operação do sistema filtrante. Por se tratar de um filtro piloto em escala de laboratório, foi avaliado o seu potencial filtrante em aplicações semanais e pontuais, caracterizando-o como um filtro em regime batelada ou descontínuo. Dados de manutenção, limpeza e mensuração da capacidade filtrante dos materiais não são objetivos desse trabalho.

Tabela 03 – Dados de operação do filtro

PARÂMETRO	VALOR
Volume aplicado	0,002 m ³
Tempo de percolação	0,2 h
Vazão de funcionamento	0,01 m ³ /h
Taxa de filtração	1 (m ³ /m ²) x h

Fonte: Autor (2019)

A Figura 03 mostra o efluente bruto após coleta no banheiro feminino do campus e o efluente após o tratamento de filtração proposto no estudo. Nota-se que a filtração removeu grande parte dos sólidos presentes, promovendo um aspecto visual mais límpido. Isso ocorre, principalmente, devido a percolação desse efluente dentro do meio granular do filtro retendo essas partículas em suspensão e também a adsorção do carvão mineral, já que a sua porosidade é um parâmetro importante, uma vez que essa influi diretamente na capacidade de adsorção de turbidez e cor, permitindo uma maior superfície interna (Bansal e Goyal, 2005). Outras características importantes nesse sentido são a área superficial e os grupos químicos que se encontram na superfície desse carvão, pois influenciarão nas interações com adsorvatos (MACHADO, 2013).

Figura 03 – Aspecto visual do efluente antes e após a filtração



Fonte: Autor (2019)

Características das águas cinzas

Foram avaliados os parâmetros qualitativos pré-definidos na metodologia. Na Tabela 04 encontra-se os valores referentes às amostras de água cinza coletadas no banheiro feminino:

Tabela 04 - Valores referentes as amostras de água cinza bruta

PARÂMETROS	1	2	3	4	5	MÉD.	MÍN.	MÁX
pH	5,3	5,1	6,1	7,2	7,5	6,0	5,1	7,5
Turbidez (NTU)	331,5	253	351	410	228	312	228	410
SDT (mg/L)	324,5	283	283	295	293	290	283	324,5

Fonte: Autor (2019).

Considerando os valores médios encontrados nas análises do efluente bruto, pode-se afirmar que as águas cinzas do estudo possuem características semelhantes as referenciadas na Tabela 05. Apesar de Barros (2017) ter coletado as mesmas águas cinzas que o presente estudo, verifica-se que as suas características são divergentes nos parâmetros de turbidez e pH, para Rapoport (2004) os altos índices de turbidez e cor influenciam diretamente na coagulação e impedem a ação de agentes desinfetantes, como também a aceitação do usuário dessa água.

Tabela 05 – Valores encontrados em águas cinzas provenientes de banheiros no Brasil

PARÂMETRO	Estudo em questão	Barros (2017)	Borges (2003)	Chrispim (2014)
pH	6,0	7,0	6,7-8,5	7,18
Turbidez (NTU)	312	900	189	100

Fonte: Autor (2019).

Para Grey e Becker (2002), o efluente com altos valores de turbidez é esteticamente desagradável e o material particulado pode impedir a ação de alguns agentes desinfetantes como o Ultravioleta (UV) e principalmente a reação com o cloro. Já em relação ao pH, Segundo Von Sperling (2014b), valores de pH muito ácidos ou básicos podem afetar a vida aquática de peixes e microrganismos decompositores. Esteves (2011) comenta, ainda, que a variação do pH influencia no equilíbrio de compostos químicos, interferindo nas reações químicas que ocorrem no corpo d'água.

Na Tabela 06, encontram-se os valores do efluente após o tratamento com as esponjas, resíduos da construção civil e o carvão mineral. Desse modo, é possível verificar as alterações na qualidade do efluente e discuti-las.

Tabela 06 – Valores referentes as amostras de água cinza filtrada

PARÂMETROS	1	2	3	5	6	MÉD.	MÍN.	MÁX
pH	8	7,5	8,0	8,6	8,0	8	7,5	8,6
Turbidez (NTU)	4,2	14,3	5,3	20,7	38,7	13	4,2	38,7
SDT (mg/L)	349	272	342	549	283	325	272	549

Fonte: Autor (2019).

Houve um aumento considerável no pH após o tratamento, saindo de um pH ácido no valor 6 para um pH básico no valor de 8, o que pode se atribuir ao fato da utilização de resíduos de concreto e argamassas, visto que possuem em sua composição a cal, fruto do carbonato de cálcio calcinado que se transforma em hidróxido de cálcio, mas ao ser hidratada em concretos e argamassas volta a ser carbonato de cálcio, gerando características alcalinas que contribuem para o aumento do pH. Campos *et al.* (2008) ao utilizar resíduos cerâmicos e cimentícios em um filtro anaeróbico para tratar efluente de tratamento secundário, obteve um aumento no pH final de 1,2. O pH aumentou de 7,1 para 8,3, havendo, desse modo, um efetivo aumento na alcalinidade do efluente.

Houve uma redução de 299 NTU na turbidez do efluente filtrado, pode-se associar que isso aconteceu devido a retenção da grande parte dos sólidos suspensos na camada filtrante de esponjas e do leito com pó de pedra e resíduo cerâmico, isso porque as esponjas possuem alta porosidade e os resíduos acondicionados retêm esses sólidos durante a percolação. Isolani (2000), utilizando um filtro composto de esponjas de poliuretano novas para filtrar águas de abastecimento avaliou a capacidade de retenção e conseguiu uma eficiência de 90% na remoção de turbidez e 73% na remoção de cor.

No trabalho de Kemerich *et al.* (2010), utilizando esponjas novas associadas com areia e brita, foi obtida uma diferença de 191 NTU, entre a água bruta e a água filtrada. Indiscutivelmente, a potencialidade de filtração com esponjas em tratamentos para água e até mesmo efluentes, já é uma realidade para os caminhos científicos. No entanto, ainda há muito o que se descobrir e aprimorar na utilização desses materiais plásticos.

Os sólidos totais dissolvidos é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob formas moleculares ionizadas ou microgranulares. (ARAÚJO; SANTOS; OLIVEIRA, 2013). Os sólidos agem de maneira indireta sobre a

vida aquática, impedem a penetração da luz, induzem o aquecimento da água o que, consequentemente, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido no meio (LOUGON, 2009).

Em relação aos sólidos dissolvidos totais, notou-se um aumento na quantidade após o tratamento de 35 mg/L. Barros (2017), obteve um aumento de 103 mg/L que é potencialmente maior. O aumento, no filtro em questão, foi de valor inferior e pode ser atribuída a dissolução de sais presentes na camada suporte do filtro que afetou de forma negativa o desempenho do tratamento.

Eficiência do tratamento e possibilidades de reúso

Analisando-se a caracterização físico-química do tratamento, foi calculada a eficiência dos parâmetros relevantes para a pesquisa segundo a Eq. 01 apresentada na metodologia. A Tabela 07 apresenta as reduções e aumentos proporcionados pelo tratamento em termos de eficiência.

Tabela 07 - Eficiências físico-químicas do tratamento

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO BRUTO	VALOR MÉDIO FILTRADO	EFICIÊNCIA
pH	6	8	+ 33,33%
Turbidez (NTU)	312	13	-95,83%
SDT (mg.L⁻¹)	290	325	+ 12,07%

Fonte: Autor (2019).

Fazendo-se uma analogia a trabalhos que utilizaram resíduos da construção civil ou esponjas, cabe citar que Barros (2017) utilizando resíduos de vidro obteve uma remoção média de turbidez de 96,05%, enquanto o trabalho proposto consegue uma eficiência de remoção de 95,83%. Quando se trata de pH, houve um aumento de 33,33%, assim como os sólidos dissolvidos totais que subiram em 12,07 %. Esses valores podem influenciar nas atividades de reúso pretendidas com o efluente filtrado.

A Tabela 08 apresenta as classes de reúso estipuladas pela ABNT NBR 13969 em atividades não potáveis. Com isso, o efluente filtrado pode ser utilizado em atividades da classe 4, desde que feita uma desinfecção dessa água cinza. Nas outras classes não é possível sua utilização devido a turbidez média do efluente filtrado ser maior que 10 NTU, que é o limite estabelecido para classe 3, e de 5 NTU para classes 1 e 2.

Tabela 08- Qualidade de água por classe de uso não potável segundo ABNT NBR 13969

Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L

Fonte: ABNT (1997).

Ademais, deve-se atentar aos parâmetros microbiológicos desses efluentes para que seja possível fazer o reuso seguindo a legislação e sem pôr em risco a saúde e segurança das pessoas que vão manusear ou reutilizar as águas cinzas tratadas. Ao se debater o viés sustentável dentro de ações cotidianas, fica claro o quão essas tecnologias podem contribuir para um desenvolvimento sustentável nas relações sociedade e natureza. A urbanização trouxe consigo mudanças que acarretaram, atualmente, numa degradação das florestas e rios, afetando diretamente esses recursos essenciais para a vida. A mudança nos cursos dos rios, a poluição de suas nascentes e seu assoreamento são consequências advindas pela falta de preocupação sustentável, uma visão ultrapassada do homem moderno que corrobora com os diversos problemas enfrentados pela preservação desses bens naturais.

Os impactos socioambientais dessas ações são geralmente positivos, já que os cursos de água têm sido reféns do descarte irregular de resíduos, sofrendo dessa forma grandes perdas na qualidade desse bem natural. A Engenharia Civil, assim como outras áreas, busca alternativas de reutilização de seus próprios resíduos, seja em produção de materiais na própria indústria da construção ou substituição de matérias primas, seja na criação de materiais novos para englobar na cadeia construtiva. Assim sendo, enfatiza-se

que deve haver uma união interdisciplinar de várias áreas do conhecimento, contribuindo para solucionar e evitar novos danos sociais, ambientais e econômicos.

O reaproveitamento dos resíduos aliado à redução do consumo de água por meio do reuso de seus efluentes, não só diminui a demanda de água retirada dos mananciais e o sobrecarregamento das estações de tratamento, mas também afeta o modo de viver do público alvo e impacta em uma economia na conta de água, já que utilizando suas águas cinzas para regar jardins, lavar carros e pisos ou utilizar em descargas sanitárias possibilita uma redução no consumo de água advindo das empresas distribuidoras.

CONCLUSÕES

O funcionamento do tratamento constituído por esponjas descartadas e resíduos da construção civil mostrou ser um sistema de operação simples e que não apresentou problemas operacionais durante o período experimental. No que diz respeito aos resultados obtidos, no princípio observou-se que os leitos de resíduos cerâmicos e de concreto interferiram no aumento dos parâmetros de pH e sólidos dissolvidos totais.

O filtro com esponjas e resíduos da construção civil associados ao antracito proporcionou uma remoção de 95,69 % de Turbidez. Ressalta-se que o tratamento em questão possibilitou um ótimo aspecto visual e um odor imperceptível, garantindo assim uma água para um possível reuso.

Com os valores médios atingidos nesse estudo, o efluente filtrado enquadrou-se na classe 4 da ABNT NBR 13.969 e pode ser reutilizado em pomares, cereais, forragens, pastagem de gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Vale destacar, também, que essas classificações devem ser revisadas após uma análise microbiológica desse efluente, já que, desse modo, pode-se ter certeza de um efluente saudável e sem riscos para saúde humana. A hipótese inicial do estudo foi corroborada, e o filtro se mostrou capaz de tratar o efluente para uma atividade de reuso. Cabe, no entanto, progredir o estudo para obtenção de maiores eficiências para reutilização em outras classes.

Para tanto, as ações decorrentes da ambientalização curricular têm aumentado a difusão de práticas de reutilização e do entendimento e importância de ações benéficas ao meio ambiente. Apesar do reuso ainda ser bastante debatido devido à sua aceitabilidade

por parte da população, cabe fomentar essas discussões entre a ciência das instituições e comunidade para que seja explicitado os impactos que elas produzem.

Os critérios de operação do filtro e manutenção devem ser analisados com maior atenção em projetos futuros, já que é necessário entender o processo de limpeza do filtro, a eficiência dos materiais utilizados na remoção ao longo das filtrações e a durabilidade dos mesmos. Sugere-se como pesquisas futuras, pesquisas que utilizem resíduos em granulometrias diversificadas, fazendo um estudo mais aprofundado e longo para detalhar os processos de manutenção e limpeza. Outra sugestão é trabalhar com um filtro somente com esponjas utilizadas, fazendo uma análise da sua porosidade e de que forma influencia na retenção da matéria orgânica do efluente.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Tanque sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes- Projeto, construção e operação** – NBR 13969. Rio de Janeiro, 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>. 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed., Washington-APHA/AWWA/WEF, 2012.

ANA; FIESP; SAS/ANA; SindusCon-SP; COMASP. **Manual Conservação e Reuso de Água em Edificações**. São Paulo, 2005.

ANDERSON, J. Municipal water reuse. In: JIMENEZ, B. (Ed); ASANO, T(Ed). **Water Reuse: an international survey of current practice, issues and needs**. London: 2008

ARAÚJO, M. C. de; SANTOS, F. M. da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco - UFPE**. Recife, PE. 2012/2013. Disponível em Acesso em 16 de setembro de 2020

ASANO, T. et al. **Water reuse: issues, technologies and applications**. Mc Graw Hill, 2007.

BANSAL, Roop Chand. GOYAL, Meenakshi. **Activated carbon adsorption**. Taylor & Francis Group, LLC. United States of America, 2005.

BARROS, J. P. R.; CARVALHO, C. L.; MARQUES, K. R.; BRANDÃO, L. S.; GOES, J. R.; SILVA, F. V. Projeto de reuso de água cinza no IFS, Campus Aracaju, por meio de recirculação nos banheiros e irrigação de jardins, com seus aspectos econômicos e qualitativos. In: **Congresso de Iniciação Científica, 2016, Aracaju**. Artigo. Aracaju: IFS, 2016. p. 1 - 9.

BARROS, João Paulo Reis. **Análise de eficiência de um filtro com leito de areia associado a resíduos de vidro da construção civil no tratamento de água cinza**. 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Aracaju, 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 08 out. 2019

CAMPOS, J.R. (Org.). (1999) **Tratamento de Esgoto Sanitário por processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB. 464 p.

CAMPOS, Luis Erasmo de F., PETTER, Carlos Otávio, KAUTZMANN, Rubens Müller. Filtro anaeróbio: uso de resíduos de construção como material suporte. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.2, n.1, p. 5-13, 2008.

CONCEIÇÃO, V.M.; FREIRE, F.B.; CARVALHO, K.Q. (2013) Treatment of textile effluent containing indigo blue dye by a UASB reactor coupled with pottery clay adsorption. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 35, p. 53-58.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro. Editora Interciência Brasil, 2011. 790 p.

FERNANDES, B.S.; SAAVEDRA, N.K.; MAINTINGUER, S.I.; SETTE, L.D.; OLIVEIRA, V.M.; VARESCHE, M.B.A.; ZAIAT, M. (2013) The effect of biomass immobilization support material and bed porosity on hydrogen production in an Upflow Anaerobic Packed-Bed Bioreactor. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 170, n. 6, p. 1348-1366. <https://doi.org/10.1007/s12010-013-0262-70>,

FIORI, S., FERNANDES, V. M. C., PIZZO, H. S. Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reuso de águas cinzas em edificações. In: **IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental: Qualidade ambiental e Responsabilidade Social**. Porto Alegre: ABES. CD-ROM. 2004.

GREY, S. R.; BECKER, N. S. C. Contaminant flows in urban residential water system. **Urban Water**. v. 4, n. 4, p. 331-346, 2002.

ISOLANI, D. **Filtração de águas de abastecimento com esponjas de poliuretano**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/78747/175238.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 Set 2019.

JUNIOR, R. M., MARTINS, M. V. L. Dimensionamento de Filtro de Areia para Tratamento de Água Cinza do Bloco Novo do IRN. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.3, p.356-363, 2016.

KEMERICH, P. D. C.; RUOSO JUNIO, H. Filtro para água de chuva: análise de eficiência. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 4, p. 201-210, dez, 2010. Acesso em: 07 Out 2019.

LOUGON, M. S. et al. **Caracterização dos sólidos totais, fixos e voláteis nas águas residuais geradas pela lavagem dos frutos do cafeeiro**. UFES - Departamento

Engenharia Florestal, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Jerônimo Monteiro, ES. 2009 a 2010.

MACHADO, Larisse Maria de Oliveira. **Estudo da Regeneração com NAOH em Carvão Ativado Saturado Utilizado no Tratamento de Efluentes de Refinaria de Petróleo**. 2013. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental – Programa de Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MESQUITA, M. **Avaliação dos componentes hidráulicos e do material filtrante em filtros de areia utilizados na irrigação**. 2010. 120 f. Tese (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RAPOPORT, B. FERREIRA, A. P. ROQUE, O. C. C. Caracterização das águas cinzas e avaliação do custo benefício para reuso domiciliar. In: **Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2004, Natal. ABES. CD-ROM. 2004.

SANTOS, D.A. dos; ARROSTI, L.T.B.; TERAN, F.J.C. Emprego de pneu triturado como meio suporte de um reator anaeróbio de leito expandido tratando efluente de indústria de refrigerantes. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 250-262, 2010.

TONETTI, A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; GUIMARÃES, J.R.; FADINI, P.S.; NICOLAU, C.E. (2013) Desnitrificação em um sistema simplificado de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 381-392.

TORRES, P.; RODRÍGUEZ, J.A.; URIBE, I.E. (2003) Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca em filtro anaerobio: influencia del medio de soporte. **Scientia et Technica**, n. 23, p. 75-80.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2014a. 452p.