

ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS NO PÓS TRATAMENTO TERCIÁRIO COMPOSTO POR FILTRO COM BIOCARVÃO

Roseanne Santos de Carvalho

roseanne.carvalho@uol.com.br

Doutora do Programa de Desenvolvimento em Meio Ambiente UFS

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Gregorio Guirado Faccioli

gregorioufs@gmail.com

Doutorado em Engenharia Agrícola UFV

Universidade Federal de Sergipe

Maria de Lara Palmeira de Macedo Arguelho

laurapalm@yahoo.com

Doutora em Química

Universidade Federal de Sergipe

Erik Santos Passos

erikspassos@gmail.com

Doutorado em andamento em Engenharia Civil UFC

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

Beatriz Feitosa Sandes dos Santos

b.fsandes@gmail.com

Mestrado em andamento em Desenvolvimento e Meio Ambiente UFS

Universidade Federal de Sergipe

Rômulo Alves de Oliveira

romulo.oliveira@uol.com.br

Doutorado em Engenharia Elétrica UFRN

Instituto Federal de Sergipe (IFS)

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo principal a investigação das alterações da condutividade elétrica de águas residuárias após tratamento terciário por filtração com dois elementos adsorventes sob forma de carvão, em resposta à aplicação da água residuária de origem doméstica nos filtros. Visa a comparação dos resultados entre os dois sistemas de filtração, bem como uma análise destes resultados com a salinidade do solo. O experimento foi realizado no laboratório de Eletroquímica Ambiental, UFS. O delineamento experimental foi composto por passagens diárias de efluente nos filtros e com duas repetições. Observou-se na análise dos resultados que a reutilização da água residuária voltada à irrigação deverá ser utilizada para a aplicação em solos bem drenados e que as espécies cultivadas deverão apresentar alta tolerância salina.

Palavras-chave: Bagaço de Laranja; Bioadsorvente; Efluentes Domésticos.

ABSTRACT: The main objective of this article is to investigate the changes in electrical conductivity of wastewater after tertiary treatment by filtration with two adsorbent elements in the form of coal, in response to the application of domestic wastewater in filters. It aims to compare the results between the two filtering systems, as well as an analysis of these results with soil salinity. The experiment was carried out at the Environmental Electrochemistry Laboratory, UFS. The experimental design consisted of daily passages of effluent through the filters and with two replications. It was observed in the analysis of the results that the reuse of wastewater for irrigation

should be used for application in well-drained soils and that the cultivated species should have a high salt tolerance.

Keywords: Orange pomace; Bioadsorbent; Domestic Effluents.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural vital à vida de todos os seres vivos, ao desenvolvimento econômico de toda e qualquer região e ao bem-estar social. Embora descoberta em abundância no território nacional, cabe ressaltar a má distribuição nas regiões. Ademais, a mesma apresenta um comprometimento da sua quantidade e qualidade, principalmente nas regiões próximas aos grandes centros.

Diante do cenário atual, o mundo vem buscando tecnologias de menor custo que amortizem os efeitos negativos de suas atividades impactantes. Uma alternativa que se pode destacar é o reuso de água, sobretudo na agricultura, técnica que vem sendo utilizada em grande escala em vários locais do mundo, principalmente podendo ser utilizadas em regiões áridas e semiáridas como encontradas no estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Segundo Ayers & Westcot (1987), a agricultura é responsável pela utilização da maior quantidade de água e pode permitir águas de qualidade mais baixa que a indústria e o uso doméstico, portanto, é notória uma crescente tendência para se encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com águas residuárias. Alves et al. (2021) corroboram com o citado, complementando que a prática do reuso de água na agricultura contempla o viés do desenvolvimento e a própria sustentabilidade.

Hespanhol (2003) resalta a extrema importância para que se atribuam prioridades de institucionalização e regulamentação do uso deste bem natural para fins agrícolas. Os fatores que contribuem, até os dias atuais, para a difusão do uso de esgotos na irrigação de culturas são: o problema crescente de identificar fontes alternativas de águas de irrigação; o custo elevado de fertilizantes; a segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas; os custos elevados dos sistemas de tratamento necessários para descarga de águas residuárias em corpos receptores; a aceitação sociocultural do reuso agrícola; o reconhecimento dos órgãos gestores dos recursos hídricos do valor inerente da prática (PAGANINI, 2003).

Da Silva (2018) e Alves et al. (2021) complementam que o reuso de águas residuárias em áreas irrigadas pode ocasionar riscos ao solo devido à presença de sais. Portanto, para a obtenção de êxito na utilização de águas residuárias em áreas irrigadas é essencial analisar a qualidade físico-química da água. Entende-se como qualidade da água, como a mesma atender a um conceito normativo, aprovado para uma determinada finalidade e que seja capaz de satisfazer uma necessidade ou utilização. Segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), a qualidade da água para irrigação está relacionada à salinidade, por meio da condutividade elétrica ou em relação à quantidade total de sólidos dissolvidos.

A importância da condutividade elétrica consiste no expressar da capacidade de transmissão de corrente elétrica no meio, quando medida em meio líquido, é uma forma indireta de indicação à concentração de sais dissolvidos, ou seja, para irrigação de culturas, indica a salinização do solo e consequentemente decréscimo no rendimento das culturas (SILVA, 2007).

Desta forma, o objetivo deste projeto foi analisar o comportamento da condutividade elétrica em águas residuárias domésticas após passagem por filtros compostos por biocarvão à base do bagaço da laranja e por carvão comercial. Belisário (2009) assinala que o processo da adsorção pode ser utilizado na remoção de poluentes com elevada eficácia. Os processos adsorptivos apresentam-se economicamente viáveis, e vem despertando interesses em relação à pesquisa de novos materiais que possam ser utilizados como adsorventes, podendo dar destaque à bioadsorção.

Dentre os bioadsorventes mais estudados e utilizados destacam-se: mesocarpo do coco verde, serragem de madeira, bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho, palha/ casca de café e casca de banana. A maioria desses resíduos agrícolas mostra-se viável na produção de carvão ativado de alta qualidade, tornando o processo de descontaminação mais econômico, uma vez que carvão ativado comercial possui um custo elevado. Alguns estudos citam que o emprego dos bioadsorventes para o tratamento de águas residuárias quando comparado aos demais métodos de descontaminação, proporcionam uma proposta promissora, eficiente, economicamente viável e ecologicamente sustentável.

Dados atuais do Ministério da Agricultura sinalizam que anualmente o Brasil é o responsável por 18 milhões de toneladas, tornando o país o maior produtor da safra mundial de laranja. Contudo, o resíduo da laranja pode causar muitos problemas

econômicos e ambientais, principalmente a sua elevada fermentação, portanto parte do bagaço tem sido utilizado como aditivo na alimentação de ruminantes, porém a indústria tem interesse no desenvolvimento de novas destinações para o bagaço da laranja, inclusive a utilização do material como adsorvente no tratamento de águas residuárias.

Para que o objetivo proposto fosse alcançado foram construídos filtros em bancada. Esperava-se como resultado o monitoramento do comportamento da condutividade elétrica no efluente, este que pretende em trabalhos futuros, utilizar na irrigação de culturas. Segundo Menezes e De Matos (2018), ao considerar os efeitos deletérios da salinização para a qualidade do solo e das águas subterrâneas, torna-se cada vez mais importante realizar o monitoramento da salinidade como forma a melhorar a compreensão da dinâmica e dos processos afetados pela aplicação de águas residuárias, como por exemplo a fertirrigação de áreas agrícolas.

A escolha da pesquisa deve-se principalmente aos resultados promissores obtidos em estudos de Mendonça et al. (2005), Carvalho et al. (2013) e na continuidade dos trabalhos de Carvalho (2021), voltados ao sistema de tratamento relacionados à eficiência de um sistema de baixo custo e único sistema natural reconhecido pela OMS (Organização Mundial da Saúde) e a aplicação das águas residuárias tratadas por esse sistema para o reuso na agricultura.

Vale destacar a abordagem objeto deste trabalho, na qual procurou-se uma oportunidade de evolução das ações relacionadas ao meio ambiente, focando na interdisciplinaridade, fundadas na ética ambiental e na transformação do próprio ser humano. O trabalho teve como objeto, tanto incentivar a temática do reuso no sentido da diminuição do preconceito presente, como estimular a criação de parâmetros e/ou monitoramento nas legislações brasileiras. Cabe ressaltar que, atualmente as resoluções do País se limitam a citar e classificar por tipos a tecnologia do reuso. Também se pode salientar que não existem estudos em Estações de Tratamento de Esgotos de baixo custo no estado de Sergipe voltados a tratamentos terciários à base de biocarvão.

MATERIAL E MÉTODOS

As águas residuárias tratadas utilizadas no experimento foram provenientes da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Rosa Elze, localizada no bairro do Rosa Elze, município de São Cristóvão, estado de Sergipe (Figura 01). A ETE trata as águas

residuárias geradas pelos bairros do Rosa Elze e do Eduardo Gomes, atuando com vazão aproximada de 7,6 L.s⁻¹, composta por 05 (cinco) lagoas de estabilização dispostas em série, sendo duas facultativas e três de maturação, perfazendo uma área total de 29.650m² (Tabela 01). A ETE Rosa Elze foi construída na década de 80 e é mantida e operada pela Companhia de Abastecimento de Água de Sergipe – DESO (CARVALHO et al., 2013).

Figura 01 – Vista superior da ETE Rosa Elze.



Fonte: CARVALHO, 2012.

Tabela 01 - Características das lagoas da ETE Rosa Elze.

Tipo da Lagoa	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Facultativa primária	2,00	8.735	17.470
Facultativa secundária	1,98	6.962	13.785
Maturação 1	1,96	4.712	9.236
Maturação 2	1,94	4.618	8.959
Maturação 3	1,92	4.623	8.876

Fonte: Planta baixa do projeto do sistema de lagoas de estabilização Rosa Elze fornecida pela DESO (2012).

A ETE utilizada no estudo é alimentada pelo esgoto sanitário em dois pontos: um na lagoa facultativa primária, que representa a maior contribuição do sistema, segundo informações da DESO, recebendo o esgoto proveniente da estação elevatória; outro na lagoa facultativa secundária, que recebe o esgoto por gravidade. Em ambos os pontos, as águas residuárias chegam à unidade de pré-tratamento, composto por

grade e caixa de areia, sendo então encaminhado às lagoas facultativas.

Portanto, a fonte utilizada no experimento foi a água residuária tratada, proveniente da ETE Rosa Elze, transportadas semanalmente até o local do experimento em reservatórios plásticos de 20 litro com tampa e logo após acondicionados em reservatório com tampa de 5 litros para serem colocados sob refrigeração (Figura 02).

Figura 02 – Coleta de águas residuárias tratadas em ETE.



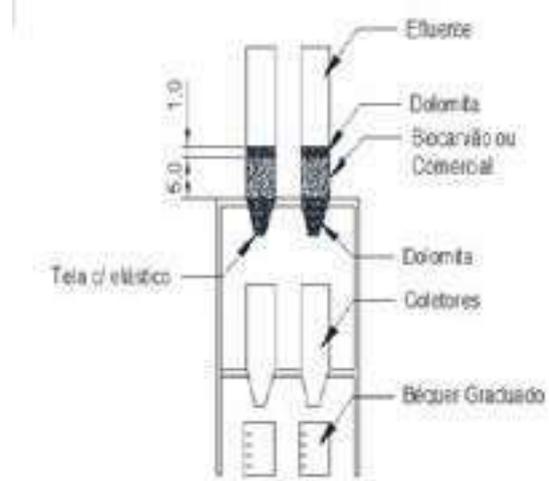
Fonte: próprios autores, 2018.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Ambiental (LQA), localizado na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE. Construiu-se uma bancada de madeira como suporte para duas colunas de filtragem onde ambas foram preenchidas com dois centímetros de altura do material dolomita na parte inferior do filtro, um centímetro de dolomita na parte superior do filtro e entre estas camadas foi disposto cinco centímetros de carvão ativado do bagaço de laranja em um filtro e no outro filtro, o carvão comercial. Para que fossem comparados os resultados, foram realizadas repetições diárias de filtrações por 20 dias visando analisar o comportamento do parâmetro. O biocarvão foi produzido a partir do bagaço da laranja, seco em estufa e moído, em forno tipo mufla a uma temperatura de 550°C.

As duas colunas de filtragem foram constituídas por garrafas plásticas acopladas de diâmetro aproximado

de 5 cm e comprimento de 30 cm (Figuras 03a e 03b); os tubos foram dispostos verticalmente e em suas extremidades inferiores colocaram-se telas presas a elásticos para a contenção da dolomita e todo o sistema.

Figura 03a – Esquema de filtros com seus componentes.



Fonte: CARVALHO, 2018.

Foram colocados beakers abaixo dos filtros para a coleta das águas residuárias tratadas devidamente filtradas. Para promover a alimentação dos filtros adaptou-se mangueiras em seringas plásticas para que não houvesse impacto da altura de queda do efluente no sistema.

Figura 03b - Filtros em bancada no laboratório.



Fonte: próprios autores, 2018.

Mediu-se diariamente a condutividade elétrica de cada efluente filtrado, utilizando o condutivímetro modelo Lutren CD-4301 (Figura 04).

O procedimento consistiu em calibrar primeiramente o aparelho com a solução padrão à temperatura ambiente, logo após cada filtração foi medido o volume para a determinação da eficácia do sistema e medir a condutividade elétrica de cada amostra de água residuária. Foi, portanto, necessário colocar as respectivas águas residuárias em beakers de vidro com altura suficiente para que o eletrodo ficasse totalmente submerso e pudesse então efetuar as devidas leituras no aparelho até a estabilização da leitura no visor.

Entre uma medição e outra, se fez necessário promover a lavagem do eletrodo com água destilada para que não houvesse interferência nas leituras e por fim da utilização do equipamento, utilizou-se álcool a 70% para limpeza do eletrodo. Foram realizadas 20 medidas em cada sistema de filtro no qual foi realizada a média aritmética e confecção de gráficos para as análises.

Figura 04 – Condutivímetro.



Fonte: próprios autores, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de condutividade elétrica das águas residuárias filtradas com o biocarvão e com o carvão comercial foram mensurados diariamente, no LQA (Figura 05). Com os dados coletados, foi construído um gráfico (Gráfico 01) apresentando os comportamentos da condutividade elétrica das águas residuárias tratadas filtradas pelo carvão comercial e pelo carvão à base do bagaço da laranja, o biocarvão. As condutividades elétricas de ambos os sistemas foram medidas diariamente durante o período de 20

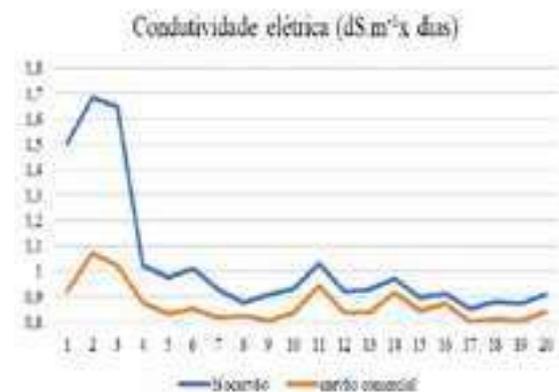
dias, bem como calculadas as médias aritméticas, conforme apresentado na Tabela 02.

Figura 05 - Filtrado com biocarvão (esq.) e com carvão comercial (dir.).



Fonte: próprios autores, 2018.

Gráfico 01 - Comportamento da condutividade elétrica ($\text{dS.m}^{-1} \times \text{dias}$).



Fonte: próprios autores, 2018.

Tabela 02 - Médias das condutividades elétricas.

	Unidade	Bio carvão	Carvão comercial
Cond. elétrica	dS.m^{-1}	1,060	0,880

Fonte: próprios autores, 2018.

Pode-se notar, conforme o Gráfico 01, que em ambos os sistemas, ao passo que foram filtradas as águas residuárias, a condutividade elétrica diminuiu até praticamente se estabilizar. Também cabe ressaltar que os valores obtidos, tanto do biocarvão como do carvão comercial, são inferiores ao que determina a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2006). Em conformidade com a CETESB,

a condutividade elétrica das águas residuárias tratadas deverá estar abaixo de 2,9 dS.m⁻¹ (a 25°C) para limitar o risco de salinização do solo. Ademais, a CETESB destaca que as águas residuárias que apresentem condutividade elétrica entre 0,75 e 2,9 dS.m⁻¹ somente podem ser utilizadas para a aplicação em solos bem drenados, sendo que as espécies cultivadas deverão apresentar elevada resistência aos sais.

CONCLUSÕES

O presente artigo contribui de forma significativa para trabalhos futuros nos quais pretende-se empregar as águas residuárias filtradas pelo biocarvão no reuso voltado para a agricultura. Cabe destacar que a condutividade elétrica está relacionada ao potencial osmótico do solo e, portanto, é possível estimar a salinidade da água, definida como a quantidade total de sais dissolvidos na mesma. Pode-se citar como impactos ocasionados por sais no solo a diminuição da produtividade agrícola, elevação dos custos de produção, aumento no escoamento superficial, decréscimo na recarga dos aquíferos, dentre outros.

Os valores obtidos alertam para a possibilidade de salinização do solo, é possível então perceber que essa aplicação precisa ser feita de forma que não gere os problemas citados anteriormente. Portanto, as águas residuárias domésticas tratadas deverão ser utilizadas para a aplicação em solos bem drenados e que as espécies a serem cultivadas necessitam apresentar elevada tolerância salina para que não possam influenciar no desenvolvimento fenológico das culturas irrigadas.

AGRADECIMENTOS

À FAPITEC pelos recursos disponibilizados para a materialização do experimento.

Ao IFS e UFS pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. de S. et al. Qualidade da água residuária aplicada a cultura da bananeira. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 511-531, 2021.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *La calidad del agua en la agricultura*. Roma: FAO, 1987. 174 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. Ch. **Manual de Irrigação**, 8. ed. Viçosa: Ufv, 2006. 625 p.
- CARVALHO, R. S. et al. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Rev. Ambi-Água**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 157-167, 2013.
- CARVALHO, R. S. de et al. Utilização do biocarvão de bagaço de laranja na remoção de tetraciclina em água residuária. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, 2021.
- DA SILVA, T. L. Qualidade da água residuária para reuso na agricultura irrigada. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 101-111, 2018.
- HESPAHOL, I. Potencial de Reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p. 37 -95, 2003.
- MEDEIROS, S. de S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Rev. bras. eng. agrícola ambient. [online]**. v.9, n.4, p.603-612, 2005.
- MENDONÇA, L. C. et al. Caracterização e avaliação da ETE Rosa Elze para reuso do efluente, **Ver. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9 supl., p.143-145, 2005.
- MENEZES, L. A. N.; DE MATOS, A. T. Nota técnica: condutividade elétrica do solo em função da dose de aplicação de água residuária em áreas de fertirrigação. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 4, p. 383-389, 2018.
- PAGANINI, W.S. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. São Paulo: Manole, p. 37-95, 2003.
- SILVA, K. K. de O. S. **Caracterização do efluente líquido no processo de beneficiamento do índigo têxtil**. 177 p. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.