



DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ANALÍTICO UTILIZANDO CARTUCHOS "SPE" COM ADSORVENTE NATURAL (CORTIÇA) PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Gabriel L. Ferreira¹; Lisânia M. S. Lima¹; Sabrina K. M. Silva¹; Gardoela R. M. Nascimento²;
Denise D. Silva³

¹ Graduando Licenciatura em Química, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba, Brasil;

² Graduando bacharelado em Farmácia, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, Paraíba, Brasil;

³ Professora Universidade Federal de Campina Grande BIOAMB/UABQ/CES, Cuité, Paraíba, Brasil.

Palavras-Chave: separação, amostras aquosas, potabilidade

Introdução

A água é um recurso natural essencial para a manutenção de todas as formas de vida presentes na Terra e desempenha papel indispensável nas atividades domésticas, agrícolas, industriais e comerciais, possuindo elevado valor social, econômico e ambiental. Uma de suas principais características é a elevada capacidade de dissolver diversas substâncias, como sais minerais, proteínas e açúcares, sendo, por esse motivo, conhecida como "solvente universal".

O consumo de água tratada é fundamental para garantir a qualidade de vida da população, sendo indispensável para o consumo direto, preparo de alimentos e demais atividades cotidianas. Entretanto, quando contaminada por microrganismos patogênicos ou substâncias tóxicas, a água pode representar sérios riscos à saúde humana. Entre as principais fontes de contaminação destacam-se o descarte inadequado de resíduos domésticos e industriais, a disposição incorreta de óleos, o uso indiscriminado de pesticidas e fertilizantes, além da falta de manutenção dos sistemas de armazenamento de água, fatores que favorecem a contaminação do solo e, conseqüentemente das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento da população (Colvara et al., 2009).

Diante desse cenário, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias eficientes, sustentáveis e de baixo custo para o tratamento de águas. Entre as alternativas disponíveis, destaca-se o processo de adsorção, amplamente empregado na remoção de contaminantes presentes em matrizes aquosas. Nesse processo, ocorre a interação entre o adsorvato e o



material adsorvente que pode ser constituído por biomassa, bactérias, fungos, algas ou resíduos vegetais (Santos, 2015).

Os adsorventes podem ser classificados em naturais e sintéticos. Entre os adsorventes naturais, destacam-se os materiais lignocelulósicos provenientes de resíduos agroindustriais, que apresentam elevada disponibilidade, baixo custo e potencial para retenção de contaminantes. Nesse contexto, a cortiça, obtida da casca do sobreiro (*Quercus suber*), apresenta características físico-químicas que favorecem a adsorção de compostos orgânicos e metais potencialmente tóxicos.

Paralelamente aos problemas relacionados à qualidade da água, a escassez hídrica constitui um dos principais desafios enfrentados pelas regiões semiáridas do Brasil, especialmente no Nordeste. As precipitações irregulares, os longos períodos de estiagem e as elevadas temperaturas reduzem a disponibilidade de água superficial e intensificam a evaporação dos reservatórios. Além dos fatores climáticos, deficiências na infraestrutura de abastecimento e armazenamento contribuem para dificultar o acesso da população à água potável, levando muitas comunidades a dependerem de fontes alternativas, como poços, cisternas, chafarizes e carros-pipa.

Essa realidade é observada no município de Coronel Ezequiel, localizado no estado do Rio Grande do Norte, onde parte da população utiliza águas provenientes de poços e outras fontes alternativas para suprir suas necessidades diárias. Considerando que a qualidade dessas águas pode ser comprometida por diferentes processos de contaminação, torna-se necessária a avaliação de métodos capazes de melhorar suas características físico-químicas e ampliar a segurança para o consumo humano.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da cortiça como adsorvente natural na melhoria da qualidade da água proveniente de poços utilizados no município de Coronel Ezequiel-RN, por meio da análise de parâmetros físico-químicos antes e após o processo de filtração pelos cartuchos SPE, contribuindo para a busca de alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para o tratamento de águas destinadas ao consumo humano, visando a possibilidades de utilização dessa metodologia para uso em atividades diversas.



Material e Métodos

As amostras de água foram coletadas em triplicata em diferentes pontos da zona rural do município de Coronel Ezequiel-RN, utilizando garrafas de politereftalato de etileno (PET) de 1,5 L previamente higienizadas. Após a coleta, as amostras foram mantidas sob refrigeração até a realização das análises no Laboratório BioAmb/CES/UFCG.

Foram determinados os parâmetros físico-químicos; pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza total, teor de cloretos e sólidos totais dissolvidos, empregando metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2006) e no Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013). As medidas de pH foram determinadas em peagâmetro Hanna pH 21, as de turbidez em turbidímetro TB1000, e as de condutividade elétrica em condutivímetro mCA-150/MCA-150P. A alcalinidade foi determinada por volumetria de neutralização, a dureza total por volumetria de complexação utilizando EDTA como titulante e o teor de cloretos por volumetria de precipitação, empregando o método de Mohr.

Como adsorvente natural foi utilizada cortiça proveniente de rolhas de garrafas de vinho selecionadas. O material obtido da casca do sobreiro (*Quercus suber*) foi lavado, fragmentado manualmente e triturado, sendo posteriormente submetido à análise granulométrica em agitador Rot-Up com peneiras de diferentes malhas. Para o estudo foram selecionadas partículas com granulometrias de 500 e 250 μm (Leite, 2016).

As amostras de água foram submetidas ao processo de extração em fase sólida (SPE), utilizando cartuchos preenchidos com a cortiça como material adsorvente. Para a montagem dos cartuchos foi utilizado algodão na base antes de iniciar o empacotamento, seguida com o preenchimento do adsorvente. As amostras foram percoladas duas vezes pelo sistema e, posteriormente, submetida às análises físico-químicas, permitindo a comparação dos parâmetros antes e após o tratamento.

Resultados e Discussão

Os resultados dos parâmetros físico-químicos apresentados na tabela 1 foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021,



que regulamenta os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, bem como define os padrões de potabilidade vigentes no Brasil.

Tabela 1-Valores médios de pH, turbidez, dureza total, teor de cloretos, alcalinidade, condutividade elétrica e sólidos totais das águas provenientes de Coronel Ezequiel-RN

parâmetros	A	B	C	D	VPM
pH	$5,37 \pm 0,38$	$4,97 \pm 0,06$	$6,27 \pm 0,06$	$6,00 \pm 0,00$	6 a 9
Turbidez (NTU)	$0,43 \pm 0,17$ NTU	$0,35 \pm 0,11$ NTU	$0,09 \pm 0,00$ NTU	$0,32 \pm 0,15$ NTU	5 NTU
Dureza Total (mg/L de CaCO_3)	$71,42 \pm 0,61$	$142,37 \pm 0,03$	$49,03 \pm 0,82$	$170,05 \pm 0,05$	300 mg/L
Teor de Cloreto (mg/L)	$4,04 \pm 0$	$4,08 \pm 0$	$3,46 \pm 0,02$	$3,57 \pm 0,02$	250 mg/L
Alcalinidade (mg/L)	$220,00 \pm 0$	$220,00 \pm 0$	$280,00 \pm 0$	$140,00 \pm 0$	Não especificado
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$428,00 \pm 0,10$	$299,27 \pm 1,01$	$177,50 \pm 0,44$	$104,10 \pm 3,71$	Não especificado
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	$0,187 \pm 0,05$	$0,246 \pm 0,06$	$0,022 \pm 0$	$0,304 \pm 0,01$	1000 mg/L

fonte: Elaborada pelo autor (2026).

A portaria apresenta valores de pH que variam de 6 a 9. Após realizadas as análises observou-se que as amostras A e B ficaram com resultados abaixo do que o Ministério da Saúde permite com valores de $5,37 \pm 0,38$ e $4,97 \pm 0,06$ respectivamente, as amostras C e D ficaram dentro do permitido pela portaria com valores de $6,27 \pm 0,06$ para amostra C e $6,00 \pm 0,00$ para amostra D.

Nas análises da turbidez observou-se valores que variaram entre $0,09 \pm 0,00$ NTU na amostra C e $0,43 \pm 0,17$ NTU na amostra A, resultados positivos com valores menores do que é permitido pelo Ministério da Saúde, que é 5,0 NTU.

Em relação à dureza total, os valores variaram de $49,03 \pm 0,82$ a $170,05 \pm 0,05$ mg/L de CaCO_3 , permanecendo abaixo do limite de 300 mg/L estabelecido pela legislação. As amostras A e B foram classificadas como moderadamente duras, a amostra C como levemente



dura e a amostra D como dura. Embora dentro do padrão de potabilidade, valores mais elevados podem favorecer a formação de incrustações em tubulações.

Para a alcalinidade, a legislação não estabelece valor máximo permitido. Os valores obtidos variaram de $140,00 \pm 0$ a $280,00 \pm 0$ mg/L, sendo a amostra C a que apresentou o maior valor e a amostra D o menor.

A condutividade elétrica apresentou valores entre $104,10 \pm 3,71$ e $428,00 \pm 0,10$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, refletindo diferenças na concentração de sais dissolvidos entre as amostras. A amostra A apresentou a maior condutividade, indicando maior teor de espécies iônicas dissolvidas, enquanto a amostra D apresentou a menor. Como a legislação brasileira não estabelece valor máximo para esse parâmetro, ele é utilizado como indicador da mineralização da água.

Para os sólidos totais dissolvidos a Portaria GM/MS n 888/21 estabelece um valor limite de 1000 mg/L, a amostra C teve o menor valor obtido de $0,022 \pm 0$ mg/L e o maior valor analisado foi o do poço D $0,304 \pm 0,01$ mg/L. Porém, valor bem abaixo do limite permitido.

Após a passagem das amostras pelos adsorventes os parâmetros físico-químicos das matrizes aquosas tiveram excelentes resultados indicando a eficiência do processo. Em relação às medidas de pH de todas as amostras observou-se uma elevação significativa em seus valores especialmente o poço A e B, que antes da filtração apresentou $5,37 \pm 0,38$ e $5,37 \pm 0,38$, após a passagem pelo adsorvente obteve os valores de $6,17 \pm 0,06$ e $6,37 \pm 0,06$ respectivamente. Esses resultados regularizaram as medidas para os padrões da portaria.

Na turbidez apenas o poço A teve uma diminuição no resultado com o valor inicial de $0,35 \pm 0,11$ NTU e após a filtração $0,24 \pm 0,06$ NTU. As amostras B, C e D tiveram uma elevação baixa na turbidez, o que não afeta a qualidade da matriz, pois a portaria em vigência atual estimula um valor máximo de 5 NTU.

Na dureza total verificou-se redução significativa após o tratamento, evidenciando a diminuição da concentração de íons cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). A amostra A reduziu de $71,42 \pm 0,61$ para $28,63 \pm 0,44$ mg/L de CaCO_3 (59,91%), a amostra B apresentou eficiência de 43,77%, a amostra C reduziu de $49,03 \pm 0,82$ para $18,34 \pm 0,05$ mg/L de CaCO_3 (62,60%) e a amostra D de $170,05 \pm 0,05$ para $84,57 \pm 0,16$ mg/L de CaCO_3 , correspondendo a uma remoção de 50,26%.



O teor de cloretos apresentou diminuição dos valores após o tratamento utilizando os cartuchos SPE. Na amostra A, observou-se uma redução de $4,040 \pm 0,00$ mg/L para $2,260 \pm 0,02$ mg/L. A amostra B reduziu de $4,080 \pm 0,00$ mg/L para $2,330 \pm 0,02$ mg/L. Na amostra C, houve redução de $3,460 \pm 0,02$ mg/L para $1,100 \pm 0,00$ mg/L e na amostra D passou de $3,570 \pm 0,02$ mg/L para $2,480 \pm 0,00$ mg/L.

A alcalinidade não tem um valor máximo perante a portaria, os valores obtidos antes e após a passagem do adsorvente foram iguais para a amostra A e B, $220,00 \pm 0$ mg/L antes e $80,00 \pm 0$ mg/L depois $80,00 \pm 0$ mg/L, para a amostra C $280,00 \pm 0$ mg/L antes e $60,00 \pm 0$ mg/L depois sendo o melhor resultado com uma diminuição de 78,57% na amostra D antes da filtração o valor era de $140,00 \pm 0$ e após a filtração passou para $40,00 \pm 0$ mg/L.

A condutividade apresentou uma redução em todas as amostras. A maior redução foi observada na Amostra A, passando de $428,00 \pm 0,10$ para $216,10 \pm 12,17$ μ S/cm, e a menor condutividade elétrica na amostra D, apresentando uma redução de $104,10 \pm 3,71$ para $45,50 \pm 2,78$ μ S/cm.

Os sólidos totais dissolvidos apresentaram redução em todas as amostras após o processo de adsorção. A amostra D apresentou os maiores valores, reduzindo de $0,304 \pm 0,01$ para $0,15 \pm 0,01$ mg/L, enquanto a amostra C apresentou as menores concentrações, passando de $0,022 \pm 0$ para $0,011 \pm 0$ mg/L.

Conclusões

O adsorvente natural cortiça mostrou-se eficaz no tratamento das matrizes aquosas analisadas, configurando-se como uma alternativa sustentável, de baixo custo e com potencial para aplicação no tratamento de águas. Os resultados evidenciaram melhorias significativas na qualidade da água após o processo de adsorção, demonstrando a capacidade do material em reduzir parâmetros físico-químicos de interesse. As amostras A e B que inicialmente apresentavam valores de pH fora da faixa estabelecida pela legislação atual passaram a atender aos limites permitidos após o tratamento, indicando a eficiência da cortiça na adequação desse parâmetro. Além disso, observaram-se reduções significativas nos valores de dureza total, alcalinidade e teor de cloretos, reforçando o potencial do adsorvente na remoção de substâncias presentes nas matrizes aquosas. Em relação à turbidez, verificou-se um discreto aumento após a filtração, entretanto, os valores permaneceram dentro dos padrões



estabelecidos para águas destinadas à população, não comprometendo sua qualidade. Dessa forma, os resultados obtidos demonstraram que a cortiça apresenta elevada viabilidade técnica e econômica como adsorvente natural, constituindo uma alternativa promissora para o tratamento de águas de poços, especialmente em regiões com limitações no acesso a tecnologias convencionais de tratamento.

Agradecimentos

À orientadora Profa. Dra. Denise Domingos da Silva, a bolsa do PIBIC/CNPQ/PROPEX - UFCG pelo apoio e incentivo ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

VIVAS-REYES, R.; NAVARRO, D.; CORTES, L. E. Exploring Emergent Properties in Chemistry Education: A Philosophical Perspective on the Molecular Revolution. **J. Chem. Educ.** 101(10), 4173–4181, 2024.

BÖCK, F. C.; HELFER, G. A.; COSTA, A. B.; DESSUY, M. B.; FERRÃO, M. F. Rapid Determination of Ethanol in Sugarcane Spirit Using Partial Least Squares Regression Embedded in Smartphone. **Food Analytical Methods**, 11(4), 1951-1957, 2018.

APHA-AWWA-WPCF. American Public Health Association; American Water Work Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed. Washington, D.C., 2006.

COLVARA, J. G.; LIMA, A. S.; SILVA, W. P. Avaliação da contaminação da água subterrânea em poços artesianos no Sul do Rio Grande do Sul. Braz. **J. Food Technol.**, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2013. 150 p.

LEITE, F. Prevenção de contaminação de vinhos e bebidas pelo uso de rolha de cortiça e madeira de barril. **Revista Analytica**, (84), Ago/Set, 2016.

SANTOS, C. M. **Uso de cascas de laranja como adsorvente de contaminantes no tratamento de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Sorocaba, Sorocaba, 2015. 126 f.