Vértices (Campos dos Goitacazes)
ISSN: 1415-2843
ISSN: 1809-2667
essentia@iff.edu.br
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Brasil

Uso do biossorvente coco verde para remoção de Ferro e Manganês em água de poço

Gomes Tavares, Matheus; do Nascimento Moreira, Antônio Sérgio
Uso do biossorvente coco verde para remoção de Ferro e Manganês em água de poço
Vértices (Campos dos Goitacazes), vol. 24, núm. 3, 2022
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Brasil
Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=625773845013
DOI: https://doi.org/10.19180/1809-2667.v24n32022p932-947
Este documento é protegido por Copyright © 2022 pelos autores.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Artigos Originais

Uso do biossorvente coco verde para remoção de Ferro e Manganês em água de poço

Use of green coconut biosorbent for removal of Iron and Manganese in well water

Uso de biosorbente de coco verde para la eliminación de Hierro y Manganeso en agua de pozo

Matheus Gomes Tavares [1]
Brasil
tavmatheusg@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-5693-5484

Antônio Sérgio do Nascimento Moreira [2]
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Brasil
ansernam@iff.edu.br
https://orcid.org/0000-0003-1223-5993

DOI: https://doi.org/10.19180/1809-2667.v24n32022p932-947
Redalyc: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=625773845013

Recepción: 30 Marzo 2022
Aprobación: 24 Octubre 2022

Resumo:

A presença de íons ferro e manganês em águas de poço acaba por gerar problemas na qualidade da água que comprometem seu uso tanto doméstico quanto industrial. Para evitar isso, é comum a utilização de tecnologias caras que acabam não sendo tão eficientes quanto deveriam. Este estudo apresenta um meio alternativo utilizando materiais naturais biossorventes que além de apresentarem uma grande eficiência na remoção de íons proveniente de seus elevados níveis de matéria orgânica, como celulose, hemicelulose e lignina, também possuem uma alta capacidade adsortiva devido à presença de grupos funcionais na sua estrutura. A pesquisa em questão tem como foco avaliar a eficiência das cascas de coco verde na remoção dos íons metálicos ferro e manganês presentes na água de poço coletada no Polo de Inovação do IFF. Para isso, foram realizadas análises para determinação da concentração desses metais pelo Método de Absorção Atômica nas amostras de entrada e nas amostras após a passagem pelo filtro contendo o biossorvente. A concentração na retenção dos íons ferro e manganês mostrou-se elevada, 87,85% e 66,81% respectivamente, para a granulometria de 2,0 mm do material biossorvente.

Palavras-chave: Água de poço, Biossorventes, Coco verde.

Abstract:

The presence of iron and manganese ions in the well water end up generating problems in the water quality that compromise its domestic and industrial use. To avoid this, it is common to use expensive technologies that end up not being as efficient as they should be. This study presents an alternative mean by using natural biosorbent materials that, in addition to presenting a great efficiency in the removal of ions from their high levels of organic matter, such as cellulose, hemicellulose and lignin, also have a high adsorption capacity due to the presence of functional groups in their structure. The research focuses on the efficiency of green coconut shells in the removal of iron and manganese metal ions present in well water collected at the Polo de Inovação do IFF. For this, analyses were performed to determine the concentration of these metals by the Atomic Absorption Method in the input samples and in the samples after the passage through the filter containing the biosorbent. The concentration in the retention of iron and manganese ions was high, 87.85% and 66.81% respectively, for the 2.0 mm granulometry of the biosorbent material.

Keywords: Well water, Biosorbents, Green coconut.

Notas de autor

1 Graduado em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Cachoeira Paulista/SP – Brasil. E-mail: tavmatheusg@gmail.com.

2 Doutor em Ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: ansernam@iff.edu.br.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Resumen:

La presencia de iones de hierro y manganeso en las aguas de pozo terminan generando problemas en la calidad del agua que comprometen su uso doméstico e industrial. Para evitar esto, es común utilizar tecnologías costosas que terminan por no ser tan eficientes como deberían ser. Este estudio presenta un medio alternativo utilizando materiales biosorbentes naturales que, además de presentar una gran eficiencia en la eliminación de iones de sus altos niveles de materia orgánica, como celulosa, hemicelulosa y lignina, también tienen una alta capacidad de adsorción debido a la presencia de grupos funcionales en su estructura. La investigación en cuestión se centra en la eficiencia de las cáscaras de coco verde en la eliminación de iones metálicos de hierro y manganeso presentes en el agua de pozo recolectada en el Polo de Inovação do IFF. Para ello, se realizaron análisis para determinar la concentración de estos metales por el Método de Absorción Atómica en las muestras de entrada y en las muestras después del paso a través del filtro del biosorbente. La concentración en la retención de iones hierro y manganeso fue alta, 87,85% y 66,81% respectivamente, para la granulometría de 2,0 mm del material biosorbente.

Palabras clave: Agua de pozo, Biosorbentes, Coco verde.

1 Introdução

Nas últimas décadas, a qualidade da água vem se deteriorando globalmente devido às atividades antrópicas, à rápida industrialização, ao crescimento populacional, à urbanização sem planejamento e à utilização desenfreada de recursos hídricos naturais. Dentre as principais fontes de poluição, incluem-se a descarga de resíduos industriais tóxicos e não tratados, o despejo de esgotos domésticos, o escoamento das lavouras, dentre outros (BHATNAGAR; SILLANPAA; WITEK-KROWIAK, 2015). Essas fontes poluidoras vêm gerando demasiada preocupação por parte dos Órgãos Regulamentadores Internacionais dos países empenhados com as políticas ambientais para a preservação do meio ambiente. Devido ao descarte, muitas vezes em corpos hídricos superficiais ou subterrâneas, são gerados impactos significativos para o lençol freático e as águas de abastecimento da população (FONTES, 2010).

Esses impactos acabam por levar à contaminação das águas subterrâneas que culminam na perda da qualidade mediante à presença de íons metálicos tais quais ferro (Fe) e manganês (Mn) que se encontram em altas concentrações nesses corpos hídricos e acabam por prejudicar tanto o uso doméstico quanto o industrial da água. De acordo com o artigo 39 da Portaria n. 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), com relação à qualidade da água potável, são permitidos valores máximos de 2,40 mg/L Fe e 0,40 mg/L Mn em águas destinadas ao consumo da população, e vômitos, diarreias assim como problemas cardiovasculares podem ser causados mediante o consumo da água com altas concentrações desses metais (ABDULRAHMAN *et al.*, 2012).

A presença do íon Fe é um fator frequente em águas subterrâneas, sendo considerado um dos materiais mais abundantes encontrados na composição da crosta terrestre, sendo os minérios de Fe mais frequentemente vistos na forma de hematita (Fe_2O_3), calcopirita ($CuFeS_2$), pirita (FeS_2) e magnetita (Fe_3O_2) (MADEIRA, 2003). Adicionalmente, a presença do elemento Fe causa diversos problemas em águas destinadas ao abastecimento, apresentando gosto e cheiro enjoativos, ocasionando a perda de roupas e utensílios que ficam manchados pelos íons metálicos presentes na água, depósitos e incrustações em tubulações, aparecimento de bactérias nas redes de abastecimento, além de interferir nos processos industriais (MORUZZI; REALI, 2012).

Diante disso, utilizam-se diversos processos visando a remoção e redução dos íons metálicos presentes nas águas, que acabam sendo dispendiosos e muitas vezes com uma baixa eficiência, tais como, carvão ativado, floculação, precipitação química, troca iônica, osmose reversa, etc. (BHATNAGAR; SILLANPAA, 2010; TARLEY; ARRUDA, 2003). Dessa forma, a ciência vem a cada dia buscando desenvolver tecnologias capazes de dar uma destinação aos resíduos agrícolas, assim resolveu-se testar sua utilização na remoção e recuperação de metais dissolvidos, como já tinham demonstrado os ótimos resultados obtidos. (BHATNAGAR; SILLANPAA, 2010).

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Nos últimos anos, pesquisas voltadas para o uso de adsorventes alternativos de baixo custo utilizando resíduos agrícolas, por exemplo, vêm representando uma alternativa interessante e atraente como o uso de biossorventes, devido ao seu grande potencial mediante à sua estrutura particular e porosa, assim como suas características químicas e físicas, sua grande capacidade reativa e sua seletividade elevada em comparação a compostos aromáticos e metais (BHATNAGAR; SILLANPAA; WITEK-KROWIAK, 2015; RAULINO, 2011).

Esse potencial observado nas biomassas residuais agrícolas está relacionado ao fenômeno de biossorção, um processo no qual há o contato do líquido, proveniente do solvente contendo os íons metálicos dissolvidos em alta concentração, com o sólido, representado pelo material biossorvente, em que os íons metálicos (adsorvato) presentes no líquido (solvente) serão adsorvidos devido a o material biológico (biossorvente) apresentar uma grande afinidade com tais componentes (AHALYA; RAMACHANDRA; KANAMADI, 2003).

Nessa perspectiva, a utilização do coco verde como biossorvente indica que deve haver uma alta capacidade adsortiva nesse material, mediante à presença de grupos funcionais, como fenóis e ácidos, que possibilitam ligar e complexar os íons metálicos presentes em solução, além de apresentar elevadas quantidades de matéria orgânica, como celulose, proteínas, hemicelulose, substâncias húmicas e fúlvicas e lignina (FERREIRA *et al*., 2011; TARLEY; ARRUDA, 2003; SILVA *et al.*, 2013). Ademais, apresenta diversos pontos positivos como ser um produto natural, ser de fácil produção e baixo custo, se encontrar no meio ambiente de forma abundante e por se tratar de resíduos provenientes de atividades antrópicas que podem ser reutilizados de forma a reduzir seu acúmulo no planeta e seu descarte em aterros sanitários, vazadouros e lixões (BHATNAGAR; SILLANPAA, 2010; MIGUEL, 2021).

Sendo assim, a pesquisa em questão tem como foco avaliar a eficiência do material biossorvente coco verde na remoção dos íons metálicos Fe e Mn presentes na água de poço, com foco nas áreas rurais que não possuem acesso à água potável tratada. Também pela escassez de trabalhos que utilizam os adsorventes produzidos do coco verde na remoção do elemento Fe e Mn, além de ser um meio alternativo e eficaz na reutilização de resíduos descartados que contribuem para a poluição ambiental.

Nesse contexto, o objetivo geral deste artigo é testar um filtro com adsorvente natural casca/palha de coco para a remoção de metais tóxicos Fe e Mn em água de poço, e posteriormente realizar o reaproveitamento do material proveniente do coco, evitando assim a poluição ambiental gerada por seus resíduos.

2 Metodologia

O estudo foi composto de experimentos que visaram avaliar a eficiência do coco verde utilizado como material biossorvente na adsorção dos metais ferro (Fe) e manganês (Mn) encontrados na água de poço.

2.1 Preparo do material biossorvente

2.1.1 Cocos nucifera L.

Os cocos verdes (*Cocos nucifera* L.) foram obtidos de vendedores autônomos de água de coco que se encontram em alguns pontos de venda na cidade de Campos Goytacazes/RJ. Os frutos foram cortados, e foi feita a remoção do endosperma (Figura 1), utilizando apenas o mesocarpo e o endocarpo.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

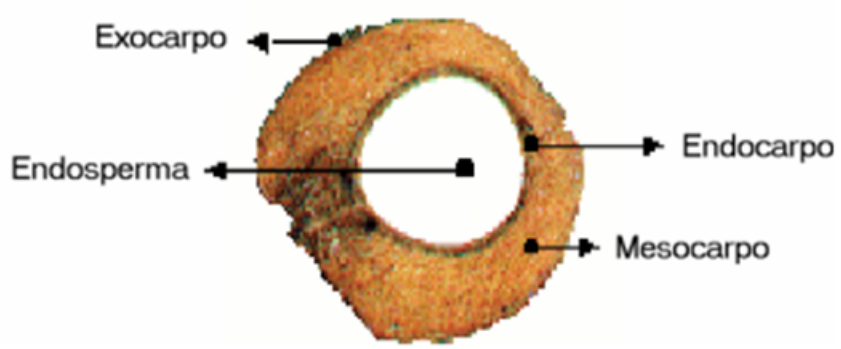

FIGURA 1.
Estrutura do coco verde
Fonte: Carvalho (2005)

Previamente à realização das análises, o material foi dilacerado utilizando o Triturador de Cocos – Marca: Trapp/ Modelo: TRC 50, gerando-se grãos e fibras de coco, que posteriormente, passaram pelo processo de secagem, com duração de duas semanas em condição ambiental favorável (ROSA *et al*., 2004; SOUSA, 2007) com reviramento, a fim de se remover de maneira homogênea o excesso de umidade. Após isso, esse material foi moído utilizando um moedor de facas Triturador/Picador: Marca Nogueira, que reduziu a grãos e fibras ainda mais finos, de forma a compor os filtros. A partir daí, as análises puderam ser realizadas.

2.2 Análise Granulométrica

Nesta etapa, foram utilizadas as peneiras da série Tyler de malhas (Mesh) para obtenção de diferentes frações de partículas de coco. Foram escolhidas as peneiras com granulometrias de 2,0 mm e de 0,25 mm, classificadas na série de Tyler como 10 Mesh e 60 Mesh, respectivamente, de modo que permanecessem posicionadas em pilha, na ordem de maior abertura de malha até a de menor abertura. Em seguida, esse conjunto foi disposto em uma máquina vibratória, o granutest, com o intuito de se obter a separação granulométrica.

Após a distinção de partículas, essas amostras foram armazenadas e identificadas para posterior utilização. No presente artigo foi utilizada a granulometria de 2 mm do coco verde (Figura 2) para a produção dos filtros, já que é sabido que partículas maiores e esféricas, em geral, preveem uma maior adsorção, diante a uma maior transferência de massa que as partículas de menor granulometria (SOUSA, 2007).

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

FIGURA 2.
Fibra de coco com granulometria de 2 mm
Fonte: Dados do acervo da pesquisa

2.3 Teor de umidade

Foram pesados em vidros de relógio, 5,0 g de cada fração de partícula obtida da separação granulométrica dos materiais biossorventes, que, posteriormente, foram submetidos ao processo de secagem na temperatura de 120 °C por 2 horas dentro de uma estufa. Após o preparo, o conjunto (vidro + biossorvente) foi submetido a resfriamento em dessecador por cerca de 30 minutos. Essa técnica foi repetida até a obtenção de uma massa constante de cada material.

Com os valores de massa obtidos, foi realizado o cálculo do teor de umidade através da fórmula abaixo:

$$UMIDADE\left(\%\right) = \frac{(100 * N)}{P} \quad (1)$$

Onde,

N= massa em gramas de umidade (perda de massa em g);

P = massa em gramas da amostra

Foi realizado o procedimento para a determinação do teor de umidade para as duas granulometrias do coco verde (2,0 mm e 0,25 mm).

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

2.4 Preparo e lavagem dos filtros

Na escala de campo, foram construídos os protótipos dos filtros utilizados neste estudo, que consistiam em tubos de material PVC de 100 cm de comprimento e 100 mm de diâmetro adquiridos no comércio local. Nos dois extremos dos filtros foram inseridos um tubo em formato afunilado para garantir a entrada da água de forma que suportasse a pressão e fluxo contínuo. Eles foram preenchidos com material proveniente do coco verde com granulometria de 2,0 mm que foi inserido nos canos de forma a preenchê-los integralmente.

A quantidade necessária para o seu preenchimento foi mensurada de modo que seja colocada a mesma massa em todos os próximos filtros que foram testados. Posteriormente foram utilizadas duas caixas d´água de 500 L, que tiveram todas as aberturas lacradas para evitar a perda das amostras e do volume gerado após a passagem pelo filtro.

Dois canos de 1,0 m foram inseridos em uma abertura de cada caixa d'água, sendo que um deles ficava ligado à uma extremidade do cano contendo o material, que tinha a sua outra ponta inserida em um cano de 2,0 m conectado à bomba na qual saía a água do poço (Figura 3), onde está ilustrado o experimento montado para a lavagem do filtro e coleta das amostras e na Figura 4, na qual são mostradas imagens dos filtros montados e o processo de lavagem. Ao encher uma caixa d´água, o cano era ligado à outra caixa, para coletar constantemente as amostras da água.

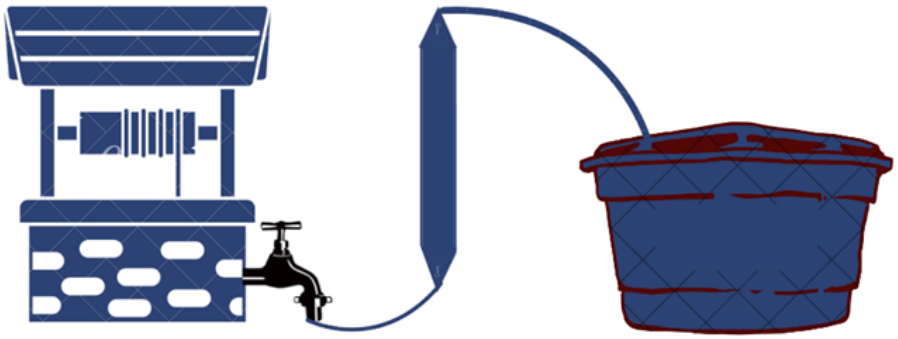

FIGURA 3.
Esquema do experimento realizado em campo
Fonte: Autor

FIGURA 4.
Montagem e lavagem dos filtros contendo coco com granulometria de 2 mm
Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Antes do início da lavagem nos filtros contendo coco 2,0 mm, foram coletadas amostras de água do poço contaminado, retirando as amostras base para comparação nos cálculos.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

À medida que a caixa d´água de 500 L foi enchida, foram coletadas 3 amostras de 500 ml, no total de 10 repetições, completando assim o total de 5.000 L referentes ao processo de lavagem de um filtro com água contaminada com ferro e manganês.

2.5 Preparo das Amostras

Com o intuito de não perder ferro e manganês durante as análises, as amostras foram tratadas com ácidos concentrados HCl e HNO_3, para diluir o ferro e manganês mais ainda na amostra. Pipetando de 1 em 1 ml, os ácidos foram depositados em 100 ml de amostra de forma alternada até ser perceptível a retenção do ferro e manganês dissolvidos e a dissolução do precipitado. Em seguida, as amostras com pH baixo foram diluídas, pegando-se 50 ml da solução e diluindo-se com um fator de 1:75, para posterior análise.

2.6 Análise das concentrações de Fe e Mn nas soluções

Para a quantificação das concentrações de Fe e Mn encontrados nas soluções, elas foram analisadas no Método de Absorção Atômica no laboratório de análises clínicas na UFRRJ.

3 Resultados e Discussão

3.1 Determinação do Teor de Umidade

Através dos resultados da Tabela 1, foi possível determinar o teor de umidade para as duas granulometrias de coco (2,0 mm e 0,25 mm), que apresentaram 8,6% e 9,2% de umidade, respectivamente (Tabela 2). É importante avaliar esse parâmetro, principalmente para o armazenamento do material, pois o excesso de umidade pode favorecer a degradação da matéria orgânica.

TABELA 1.
Massas de coco pesadas para determinação do teor de umidade

Massa do coco (g)	Granulometria	
	2,0 mm	0,25 mm
Antes do procedimento	5,00	5,00
Após 1 h na estufa	4,58	4,55
Após 2 h na estufa	4,57	4,54

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

TABELA 2.
Teor de umidade médio para cada granulometria estudada

Tipo de Filtro	Granulometria (mm)	Teor de Umidade (%)
Coco	2,00	8,60
	0,25	9,20

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

3.2 Determinação das Concentrações de ferro (Fe) e manganês (Mn)

Primeiramente coletaram-se os dados referentes às análises com relação aos valores relacionados à concentração dos metais das amostras. Tendo como referência as amostras de entrada 1.1 e 1.2 (Tabela 4), obtiveram-se os valores de base para fazer o comparativo na hora de se analisar a retenção do metal nas amostras ao longo da coleta da água do poço que passou no filtro.

Realizando a triplicata na hora da coleta ao longo de 10 coletas (Figura 5), fizeram-se as médias de cada triplicata, o desvio padrão, a retenção e a percentagem de retenção de Fe e Mn em cada caixa d'água ao se passarem 500 L de água.

FIGURA 5.
Amostras da água de entrada coletadas antes de conectar o poço no filtro
Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Nas amostras de entrada coletadas antes da água passar pelo filtro é possível observar que as concentrações de Fe - média de 23,46 mg/L (Tabela 3), e Mn - média de 0,68 mg/L (Tabela 5) encontraram-se muito acima dos limites estabelecidos pela Resolução do Ministério da Saúde de 2,4 mg/L e 0,40 mg/L, respectivamente (BRASIL, 2011), sendo um valor bastante significativo que ultrapassa os limites de concentração aceitáveis para a utilização pública e industrial da água.

TABELA 3.
Resultados obtidos da análise do ferro (Fe) nas amostras de entrada da água de poço contaminado

Volume de água coletada de Fe (entrada) (L)	Concentração (mg/L)	Média de Concentração (mg/L)	Desvio Padrão
1,00	24,48	23,46	1,44
1,00	22,44		

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Pode-se observar na Tabela 4 os níveis de absorção do metal das amostras, mostrando a redução da concentração deste na água, com uma taxa de retenção logo após a primeira passagem pela caixa d'água de aproximadamente 83%, o que representa uma alta taxa de eficiência absortiva.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

TABELA 4.
Resultados obtidos na análise do ferro (Fe) na água de poço após passagem pelo filtro com coco de granulometria 2,0 mm

Passagem na Caixa d´Água (500 L)	Amostra (1 L)	Concentração (mg/L)	Média da Concentração (mg/L)	Média do Desvio Padrão	Média da Taxa de Retenção (%)
1	1.1 1.2 1.3	4,76 3,40 4,08	4,08	0,68	82,60
2	2.1 2.2 2.3	5,44 2,94 2,89	3,75	1,45	83,98
3	3.1 3.2 3.3	2,65 2,64 2,62	2,63	0,01	88,76
4	4.1 4.2 4.3	2,57 2,52 2,51	2,53	0,03	89,20
5	5.1 5.2 5.3	2,49 2,55 2,61	2,55	0,06	89,13
6	6.1 6.2 6.3	2,50 2,46 2,48	2,48	0,02	89,42
7	7.1 7.2 7.3	2,54 2,54 2,57	2,55	0,01	89,13
8	8.1 8.2 8.3	2,71 2,71 2,69	2,70	0,01	88,47
9	9.1 9.2 9.3	2,62 2,67 2,64	2,64	0,02	88,73
10	10.1 10.2 10.3	2,51 2,58 2,56	2,55	0,03	89,13

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Os mesmos cálculos para o metal Mn foram realizados, e pode-se perceber logo nas amostras de entrada, indicadas na Tabela 5, valores de concentração iniciais iguais, deixando o desvio padrão igual a 0, e a média de concentração igual a 0,68 mg/L, valor esse que ultrapassa os limites de concentração aceitáveis para a utilização pública e industrial da água de 0,40 mg/L estabelecido pelo Artigo 39 da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

TABELA 5.
Resultados obtidos da análise do manganês (Mn) nas amostras de entrada da água de poço contaminado

Volume de água coletada de Mn (entrada) (L)	Concentração (mg/L)	Média de Concentração (mg/L)	Desvio Padrão
1,00 1,00	0,68 0,68	0,68	0,00

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Com relação aos valores relacionados à concentração de Mn na água de poço, pode-se perceber uma taxa média de absorção de aproximadamente 66% do metal, com relação à sua concentração de entrada, assim como uma significativa redução do nível deste na água de poço à medida que ela passava pelo filtro contendo coco com granulometria de 2,00 mm, comprovando a eficácia de absorção do adsorvente, diante dos grupos funcionais presentes em seu material que se ligam aos íons metálicos presentes na solução.

TABELA 6.
Resultados obtidos na análise do manganês (Mn) na água de poço após passagem pelo filtro com coco de granulometria 2,0 mm

Passagem na Caixa d´Água (500 L)	Amostra	Concentração (mg/L)	Média da Concentração (mg/L)	Média do Desvio Padrão	Média da Taxa de Retenção (%)
1	1.1 1.2 1.3	0,68 0,68 0,68	0,68	0,00	0,00
2	2.1 2.2 2.3	0,68 0,19 0,19	0,35	0,28	48,03
3	3.1 3.2 3.3	0,17 0,17 0,17	0,17	0,00	75,00
4	4.1 4.2 4.3	0,15 0,15 0,15	0,15	0,00	77,94
5	5.1 5.2 5.3	0,14 0,14 0,15	0,14	0,00	78,92
6	6.1 6.2 6.3	0,14 0,14 0,14	0,14	0,00	79,41
7	7.1 7.2 7.3	0,19 0,18 0,18	0,18	0,00	73,03
8	8.1 8.2 8.3	0,17 0,17 0,16	0,16	0,00	75,49
9	9.1 9.2 9.3	0,14 0,14 0,14	0,14	0,00	79,41
10	10.1 10.2 10.3	0,13 0,13 0,13	0,13	0,00	80,88

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Os resultados obtidos demonstram a eficácia do filtro na remoção dos íons analisados com a granulometria de 2 mm. De acordo com Espasandim *et al.* (2019), durante o estudo da granulometria, a eficiência do processo de adsorção se dá pelo contato duradouro da superfície do material adsorvente e da solução que será adsorvida, assim como o tamanho das partículas que estão realizando a adsorção que garantem a qualidade do processo, mostrando que quanto maior a superfície de contato proveniente de maiores granulometrias pode-se obter uma maior eficiência de adsorção.

Observa-se na Tabela 6 a redução expressiva de Mn com uma grande liberação logo após a terceira lavagem, apresentando uma redução de 75% na concentração desse metal. No entanto, o material continuou sendo lavado até a concentração de Mn permanecer constante, a partir da nona lavagem, gerando uma concentração de aproximadamente 19% com relação à primeira lavagem.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Na Tabela 7 são apresentadas as porcentagens de retenção dos metais Fe e Mn para o filtro de coco 2,00 mm, onde se nota que foi alcançada uma alta taxa de biossorção.

TABELA 7.
Análise do potencial médio de retenção do coco 2,0 mm

Filtro 2 mm (coco)	Retenção (%)	Média da Retenção (%)	Desvio Padrão
Fe	82,60 83,98 88,76 89,20 89,13 89,42 89,13 88,47 88,73 89,13	87,85	2,44
Mn	0,00 48,03 75,00 77,94 78,92 79,41 73,03 75,49 79,41 80,88	66,81	25,34

Fonte: Dados do acervo da pesquisa

Observa-se que os biossorventes obtiveram um alto potencial de retenção de Fe e Mn, apresentando uma porcentagem de 87,86% e 66,81%, respectivamente. Além disso, pode-se observar uma homogeneidade na retenção do Fe, o que não é visto no Mn, que apresentou um desvio padrão de aproximadamente 25% devido às suas primeiras amostras analisadas apresentarem valores baixos de retenção.

4 Considerações Finais

Os metais Fe e Mn na água de poço apresentaram valores de concentração bem acima do recomendado pela Resolução do Ministério da Saúde para água de uso doméstico e industrial, podendo trazer riscos à saúde humana, diante do grau de nocividade das elevadas concentrações dos metais. No entanto, os resultados obtidos mostraram que o biossorvente de fibra de coco verde apresentou ótima eficiência na remoção dos metais de ferro e manganês da água, como observado no filtro equipado com material de granulometria 2 mm que reproduziu dados eficientes.

Além de um baixo custo para preparo, o filtro pode ser acessível a todos os tipos de classes sociais e pode vir a evitar problemas relacionados à contaminação com água, sendo uma alternativa viável em locais que não dispõem de um tratamento adequado ou recursos, devido à facilidade de produção do filtro, alta disponibilidade do material, baixo custo e origem natural de fácil acesso.

Além disso, por se tratar de resíduos agrícolas provenientes das atividades humanas, a utilização desse material para a confecção de filtros pode incentivar e favorecer o seu reaproveitamento. Possibilitando a destinação produtiva e ambientalmente adequada das fibras de coco verde, evitando que o seu descarte e acúmulo no meio ambiente contribuam para poluição ambiental.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Referências

ABDULRAHMAN, F. I. *et al.* Levels of heavy metals in human hair and nail samples from Maiduguri Metropolis. **World Environment**, Borno State, Nigeria, v. 2, n. 4, p. 81-89, 2012.

AHALYA, N.; RAMACHANDRA, T. V.; KANAMADI, R. D. Biosorption of heavy metals. **Research Journal of Chemistry and Environment**, v. 7, n. 4, p. 71-79, 2003. Disponível em: https://wgbis.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/biosorption/biosorption.htm. Acesso em: 31 out. 2022.

BHATNAGAR, A.; SILLANPAA, M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment - a review. **Chemical Engineering Journal**, v. 157, n. 2, p. 277-296, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.01.007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894710000288?via%3Dihub. Acesso em: 31 out. 2022.

BHATNAGAR, A.; SILLANPAA, M.; WITEK-KROWIAK, A. Agricultural waste peels as versatile biomass for water purification – A review. **Chemical Engineering Journal**, v. 270, p. 244-271, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.01.135. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894715001746?via%3Dihub. Acesso em: 31 out. 2022.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

CARVALHO, M. N. **Avaliação do processo de remoção de Ferro em água de origem subterrânea por adsorção com materiais naturais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

ESPASANDIM, J. V. F. *et al*. Fatores que influenciam a capacidade de adsorção de cobre (ii) no pó da casca de coco verde. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 155-169, 2019.

FERREIRA, R. V. P. *et al*. Biodisorption of Am-241 and Cs-137 by radioactive liquid waste by coffee husk. *In*: INTERNATIONAL NUCLEAR ATLANTIC CONFERENCE; MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 10th; MEETING ON REACTOR PHYSICS AND THERMAL HYDRAULICS, 17th; MEETING ON NUCLEAR INDUSTRY, 2nd, October 24-28, 2011, Belo Horizonte, MG. **Proceedings**... São Paulo: ABEN, 2011. Disponível em: http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/16218. Acesso em: 31 out. 2022.

FONTES, V. A. **Estudo de adsorvente obtido de terras diatomáceas para remoção de metais pesados em águas produzidas**: processamento, caracterização e dinâmica em leito fixo. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

MADEIRA, V. S. **Desenvolvimento de um carvão adsorvente para remoção de íons ferro em águas naturais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

MIGUEL, J. G. S. **O uso da fibra de coco como adsorvente de metais pesados**: uma revisão. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), 2021.

MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29-43, abr. 2012. Disponível em: https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11291. Acesso em: 31 out. 2022.

RAULINO, G. S. C. **Sistema piloto de adsorção de íons de metais em coluna (leito fixo) utilizado como adsorvente o pó da casca do coco verde.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2011.

ROSA, M. F. *et al.* Resúmenes de la 50ª Reunión de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical, **La Mercedes de Guácimo**, Costa Rica, 2004.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

SILVA, K. M. D. *et al.* Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. **Engevista**, v. 15, n. 1, p. 43-50, 2013. DOI: https://doi.org/10.22409/engevista.v15i1.387. Disponível em: https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8925. Acesso em: 31 out. 2022.

SOUSA, F. W. **Adsorção de metais tóxicos em efluente aquoso usando pó da casca de coco verde tratado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

TARLEY, C. R. T.; ARRUDA, M. A. Z. Adsorventes naturais: potencialidades e aplicação da esponja natural. **Analytica**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 25-32, 2003.

Información adicional

COMO CITAR (ABNT): TAVARES, M. G.; MOREIRA, A. S. N. Uso do biossorvente coco verde para remoção de Ferro e Manganês em água de poço. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, v. 24, n. 3, p. 932-947, 2022. DOI: https://doi.org/10.19180/1809-2667.v24n32022p932-947. Disponível em: https://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/17058.

COMO CITAR (APA): Tavares, M. G., & Moreira, A. S. N. (2022). Uso do biossorvente coco verde para remoção de Ferro e Manganês em água de poço. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, *24*(3), 932-947. https://doi.org/10.19180/1809-2667.v24n32022p932-947.

PDF generado a partir de XML-JATS4R por Redalyc
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto