



AValiação DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DOS IONS Cu^{+2} POR BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PÓ DA FIBRA DO COCO VERDE

Arianna Elizabeth Lima dos Santos
Beatriz Dias Costa
Danilo Duarte Azevedo
Iara Carvalho de Jesus
Julia Machado dos Santos
Thalia Pereira dos Santos
Orientador(A): Thais Taciano dos Santos

RESUMO

O cobre quando se encontra em baixa concentração e seguindo um ciclo de vida contínuo, não representa um risco ao meio ambiente, entretanto com as atividades industriais e outras ações humanas, o cobre assim como outros metais pesados causa contaminações impactando o meio ambiente sobretudo a corpos hídricos, dessa forma a utilização de resíduos agroindustriais como o bagaço da cana-de-açúcar e a fibra do coco verde, podem ser alternativas sustentáveis de adsorventes. O projeto visou avaliar o potencial da casca do coco verde e da cana-de-açúcar como adsorventes do metal cobre, para isso contaminamos água destilada com sulfato de cobre penta hidratado sendo essa, nossa solução de ensaio controlado. A fim de realizar a quantificação do cobre nas fases dos ensaios aplicamos a técnica tradicional, através do cálculo da concentração a partir de uma curva analítica, porém por possíveis interferências da matriz na solução, alteramos a metodologia para adição de padrão, com o propósito de diminuir ou anular tal interferência.

Palavras-chave: cobre, coco verde, cana-de-açúcar, resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

When copper is in low concentration and follows a continuous life cycle, it does not pose a risk to the environment. However, with industrial activities and other human actions, copper, like other heavy metals, causes contamination, impacting the environment, especially water bodies. Thus, the use of agro-industrial waste such as sugarcane bagasse and green coconut fiber can be sustainable adsorbent alternatives. The project aimed to evaluate the potential of green coconut shells and sugar cane as copper metal adsorbents. To do this, we contaminated distilled water with penta-hydrated copper sulphate, which was our controlled test solution. In order to quantify the copper in the test phases, we applied the traditional technique of calculating the concentration from an analytical curve, but due to possible interference from the matrix in the solution, we altered the methodology to add a standard in order to reduce or annul this interference.

Keywords: Copper, green coconut, sugar cane, agro-industrial waste.

¹Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina
Av. Feliciano Corrêa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil
*e-mail: julia.machsantos@hotmail.com

Recebido em: 26/11/2023
Apresentado à banca em: 05/12/2023

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias são as principais causadoras de contaminação por metais no meio ambiente, como fabricantes de eletrônicos, empresas de galvanização, metalúrgicas, entre outras. Essas prejudicam a qualidade da água, solo, ar e a fauna e flora ao redor (PINO, 2005).

Devido às propriedades tóxicas de metais pesados, foram criadas normas para o descarte de resíduos industriais (ARRUDA, 2003). No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão regulador que define as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para o controle de resíduos despejados em corpos d'água (CONAMA, Art. 1º, 2011).

Segundo o CONAMA resolução nº 430 de 2011 é permitido 1mg.L de cobre em corpos d'água.

Os métodos de tratamento de água contaminada tradicionais envolvem processos físicos e químicos, como precipitação química, adsorção, troca iônica e flotação, alguns deles podem gerar alto custo ou resíduos de difícil tratamento (MONTEIRO, 2019).

Indústrias que geram efluentes que contenham metais pesados devem seguir normas para o descarte desses resíduos, de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) as próprias empresas são responsáveis pelo tratamento desses resíduos (CONAMA, Art. 24º, 2011). O automonitoramento e tratamento devem ser realizados em laboratórios autorizados em conformidade com as normas estabelecidas pelo CONAMA (CONAMA, Art. 26º, 2011). Em caso de descumprimento, a empresa pode ser penalizada com o cancelamento da licença (CONAMA, Art. 7º, § 3º, 2011).

Portanto, se houver contaminação em decorrência das atividades industriais em corpos da água é obrigatório a realização de recuperação de forma progressiva (CONAMA, Art. 6º, II, 2011). Em consequência a esta situação são estudadas novas tecnologias para o tratamento de águas residuais, tendo expressivo destaque métodos que utilizem biomassa como material Adsorvente (MONTEIRO, 2009)

Nesse processo podem ser utilizados vários materiais com capacidade adsorvente como bagaço de cana-de-açúcar, casca do coco verde, casca de amendoim, soja e algodão (ARRUDA, 2003). Tais produtos com a devida técnica favorecem a geração de um tratamento alternativo na recuperação de corpos da água (RODRIGUES et al, 2011) com o destaque no uso da casca do cocoverde (*Cocos Nucifera*) e do bagaço da Cana-de- Açúcar.

O Brasil está em 5º lugar na produção de coco mundialmente, em 2019 foram geradas 62,9 milhões de toneladas e no ano de 2020 foi constada a área de 187,5 mil hectares com geração de 1,6 bilhões de frutos (BRAYNER, XIMENES, 2020) e

assim como o coco, o Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, tendo a safra de 2022/23 estimada a produção de 610,1 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Com tal abundância em recursos, os frutos são descartados antes da degradação em aterros e lixões, onde pesquisadores estimam que cerca de 7 milhões de toneladas só do coco, seja despojada por ano (MIOLA et al, 2020).

A biodisorção é descrita como um método de remoção, em que o sólido de origem natural ou seus derivados adsorve contaminantes em meio aquoso (RODRIGUES, 2011). A adsorção com a biomassa tem ligação direta com a composição da mesma e interação com os metais. Fibras naturais apresentam vários compostos químicos formados a base de hidrogênio (H), carbono (C) oxigênio (O), além disso a fibra possui quantidades pequenas de sais inorgânicos, pectina, elementos nitrogenados e corantes naturais, denominadas de frações solúveis (FAGURY, 2005).

A fibra de coco verde (*Cocos Nucifera*) possui lignina, extrativos totais e o teor das cinzas. Sendo a lignina compondo a maior parte da fibra com cerca de 54%, este percentual elevado caracteriza como um material com alto teor lignocelulósico, o que lhe garante alta durabilidade (CABRAL et al, 2017), também observaram uma alta concentração de lignina com 40,10% e a celulose com 24,70%. A fibra também apresenta em sua composição celulose (C₆H₁₀O₅) e hemicelulose (C₅H₈O₄) (BALAT, 2011).

O bagaço da cana-de-açúcar é o subproduto fibroso resultante da moagem da cana-de-açúcar. Esse resíduo agrícola representa uma fonte abundante, barata e prontamente disponível de biomassa lignínica celulósica renovável (KARNITZ, 2007). Ao sair da moenda, o bagaço tem aproximadamente 30% de massa da cana e uma umidade em torno de 50% (SILVA et al., 2007; PEREIRA, 2008).

A composição da cana-de-açúcar consiste em carbono (C) oxigênio (O), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e outros componentes inorgânicos, polissacarídeos como celulose, hemicelulósica e lignina estão presentes na fibra. (SILVA et al, 2007)

Os principais componentes das biomassas são água e polissacarídeos, eles possuem grupos funcionais como carboxila, hidroxila e amino, esses têm grande afinidade com metais pois eles se tornam agentes quelantes no complexo, possibilitando que a biomassa adsorva os metais e com isso permitindo a descontaminação (PINO, 2005).

1.1. Objetivos gerais

Avaliar a capacidade de adsorção dos íons de cobre, utilizando o pó da fibra do coco verde e o bagaço da cana-de-açúcar.

1.2. Objetivos específicos

- Estabelecer os passos necessários para a adequada preparação, trituração e transformação da fibra do coco verde em pó.
- Desenvolver uma simulação controlada de um ambiente contaminado com íons de Cu^{2+} para fins de estudo.
- Avaliar a eficiência da adsorção do cobre pela espectroscopia de absorção molecular.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiais e reagentes

Nos procedimentos foram utilizados os reagentes conforme a tabela 1.

Tabela 1: Reagentes e suas respectivas fórmulas químicas.

| Reagente | Fórmula molecular |
|---------------------------------|---|
| Sulfato de cobre Pentahidratado | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |
| Água deionizada | H_2O |
| Hidróxido de Amônio | NH_4OH |

Para a realização das etapas foram utilizados os seguintes equipamentos: espectrofotômetro UV-Vis (NOVA Instruments®), balança analítica (GEHAKA®); estufa (NOVATECNICA®); capela de exaustão (QUIMIS®) e pipeta automática de 100µl a 1000µl (CALPLAST®).

O sulfato de cobre pentahidratado sendo o objeto de pesquisa, a água destilada para diluições e o hidróxido de amônio que é o agente complexante do cobre.

2.2. Métodos

2.2.1. Preparo das biomassas

O coco verde (*cocos nucifera*) e a cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) foram obtidos através de coletas em áreas de descarte público. Foram utilizados, três cocos verdes e dois caules de canas-de-açúcar.

De forma ordenada, iniciamos com a dilaceração, lavagem, secagem e moagem. Vale ressaltar, que a lavagem e a secagem ocorrem para garantir que menos organismos se proliferem nas fibras com a exposição em temperaturas consideráveis por um período de tempo prolongado.

A casca do coco foi cortada em sua parte fibrosa (mesocarpo) em pequenas tiras. Já com as fibras úmidas, a literatura específica que para a retirada completa da umidade, o coco deve ficar na estufa em

uma temperatura média de 60°C entre 24 e 48 horas.

A cana de açúcar passou por um processo semelhante, já que o manuseio é mais fácil. Após a separação das fibras da cana, elas foram colocadas na estufa na temperatura média de 100°C por 24 horas, dependendo do nível de umidade da matéria orgânica. Após a confirmação da secagem de ambas as fibras, ocorreu a moagem através do liquidificador, obtendo então o pó, que teve o objetivo de aumentar a área de contato e, com isso, alavancara velocidade da reação. Entretanto, para que tivesse mais exatidão do tamanho da área de contato e pureza, tal material foi peneirado e, por fim, armazenado em um recipiente limpo e seco.

2.2.2. Preparo da solução Sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

Foi pesado aproximadamente 9,7383g de sulfato de cobre pentahidratado. Logo em seguida foi preparado duas soluções de cobre, contendo 0,156 mol. L^{-1} de concentração e a outra, contendo 0,0156 mol. L^{-1} que foi utilizada para os ensaios.

2.2.3. Ensaio de Adsorção

Em um béquer de 100 ml foi pesado 1 g (1000mg) do pó do coco verde e de cana separadamente, junto de 50 mL da solução de sulfato de cobre com concentração de 0,0156 mol. L^{-1} . Ambos os processos foram realizados paralelamente.

Este Sistema foi colocado em agitação magnética por 30 minutos, e logo foi feita a filtração simples para a separação das fibras da solução. Este procedimento foi realizado duas vezes, para o método de curva de calibração e para o método de adição de padrão.

2.2.4. Construção da Curva Analítica

Uma varredura foi feita utilizando o padrão três como intermediária, realizada entre 550 à 650 nm com intervalo de 10 nm e um refinamento entre 610 à 620 nm com intervalo de 1 nm para obtenção do comprimento de onda (λ).

Os padrões foram feitos em balões volumétricos de 10 mL contendo as quantidades descritas na tabela 2.

Tabela 2: determinação dos reagentes utilizados para os padrões feitos em balões de 10 mL.

| Preparo | Alíquota de S. Estoque | NH_4OH | H_2O | Conc. |
|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Branco | - | 2 mL | q.s.p. | 0,0000 |
| Padrão 1 | 100 µL | 2 mL | q.s.p. | 0,001560 mol. L^{-1} |
| Padrão 2 | 500 µL | 2 mL | q.s.p. | 0,0076 mol. L^{-1} |
| Padrão 3 | 1000 µL | 2 mL | q.s.p. | 0,0156 mol. L^{-1} |
| Padrão 4 | 1500 µL | 2 mL | q.s.p. | 0,0234 mol. L^{-1} |
| Padrão 5 | 2000 µL | 2 mL | q.s.p. | 0,0312 mol. L^{-1} |

2.2.5. Preparo das amostras

Em três balões volumétricos de 10 mL foi acrescentado uma alíquota de 1 mL das três amostras feitas em respectivas sequências de amostras 1, 2 e 3, acrescentamos 2 mL do agente complexante o hidróxido de amônio e completamos com água destilada, em um balão separado de 10 mL foi preparado o branco que consiste em apenas uma alíquota de 2 mL de hidróxido de amônio e água destilada.

Todas as amostras foram feitas em balões volumétricos de 10 mL conforme a descrição acima, e pasadas para as cubetas e lidas no espectrofotômetro de absorção molecular UV-Vis formando a curva analítica.

2.3. Curva Analítica por Adição de Padrão

Os padrões foram preparados em balões volumétricos de 10ml, de acordo com os dados apresentados da tabela 3:

Tabela 3: Padrões

| Filtrado | NH4OH | S. E. | H2O | Conc. |
|----------|-------|--------|--------|------------------------------|
| B - | 2 mL | - | q.s.p. | 0,0000 |
| 1 1 mL | 2 mL | - | q.s.p. | 0,0000 |
| 2 1 mL | 2 mL | 100µL | q.s.p. | 0,001560 mol.L ⁻¹ |
| 3 1 mL | 2 mL | 500µL | q.s.p. | 0,0076 mol.L ⁻¹ |
| 4 1 mL | 2 mL | 1000µL | q.s.p. | 0,0156 mol.L ⁻¹ |
| 5 1 mL | 2 mL | 1500µL | q.s.p. | 0,0234 mol.L ⁻¹ |
| 6 1 mL | 2 mL | 2000µL | q.s.p. | 0,0312 mol.L ⁻¹ |

2.3.1. Preparo dos Padrões:

As amostras dispunham de 1mL do filtrado, 2mL de NH4OH, diluições de acordo com a tabela e completado até o menisco com água deionizada. Após o preparo dos padrões, realizamos a ambientação e preenchimentos das cubetas para a leitura no espectrofotômetro molecular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resultados das biomassas:

Antes: Bagaço da cana-de-açúcar

Textura: Flexível, **Peso:** 694,9g, **Umidade:** intermediária.

Depois: pó do bagaço

Textura: granulada ríspida, **Peso:** 70,4g, **Umidade:** Baixa ou nula.

Antes: Fibra do coco verde

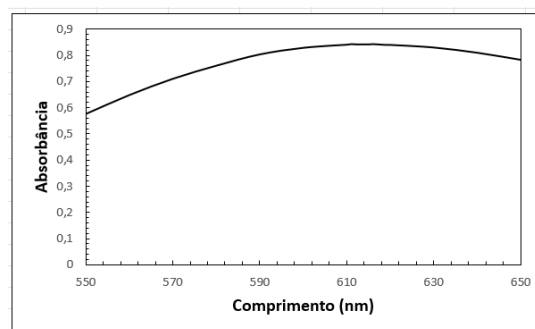
Textura: rígida, **Peso:** 744,1g, **Umidade:** Alta.

Depois: pó da casca do coco verde

Textura: granulada e macia, **Peso:** 16,26g, **Umidade:** baixa ou nula.

3.2. Resultados da curva analítica:

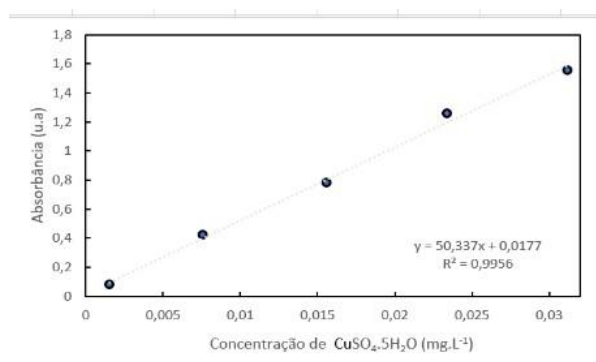
Figura 1: Gráfico varredura espectrofotométrica do CuSO₄.5H₂O



A varredura revelou que o maior pico de adsorbância ocorreu em 616 nm.

As leituras dos valores de absorbância, em cada um dos padrões, permitiram originar a curva analítica (Figura 2) e por meio dessa curva foi determinada a equação da reta média, que a partir dela conseguimos calcular e comparar a concentração de íons Cu⁺² nas soluções após e pré ensaio.

Figura 2: Curva analítica obtida dos padrões



Após a construção da curva obtivemos uma excelente linearidade $R^2=0,9956$, o que permite uma maior eficiência da quantificação de Cu⁺² nas soluções-amostras.

3.3. Ensaio de adsorção

A solução inicial utilizada para os ensaios de adsorção, apresentava uma concentração teórica de 0,0156mol.L⁻¹ entretanto após a leitura no espectrofotômetro revelou-se uma concentração real de 0,01207mol.L⁻¹. Em seguida, as soluções filtradas de coco e cana foram submetidas a análise espectrofotométrica igualmente para realizar uma comparação, e notou-se um aumento de concentração (Tabelas 4 e 5) em relação a solução de origem, dessa forma causando uma interferência de matriz na nossa análise. Para a realização dos cálculos o valor foi multiplicado por dez, pois realizamos as diluições utilizando balões volumétricos de 10mL.

Tabela 4: Concentração (mol. L⁻¹) das amostras do Coco Verde

| 1° Lote | 2° Lote | 3° Lote |
|---------|---------|---------|
| 0,01174 | 0,01466 | 0,01088 |
| 0,01213 | 0,01448 | 0,01656 |
| 0,00758 | 0,01605 | 0,01344 |

Tabela 5: Concentração (mol. L⁻¹) das amostras de cana-de-açúcar

| 1° Lote | 2° Lote | 3° Lote |
|---------|---------|---------|
| 0,01275 | 0,01195 | 0,01521 |
| 0,01154 | 0,00895 | 0,00092 |
| 0,01392 | 0,01070 | 0,01275 |

A segunda amostra do lote 3 da cana-de-açúcar após análise, notamos que a coloração estava um amarelo puxado para o verde indicando uma possível contaminação e foi descartada.

3.4. Adição de padrão:

O efeito matriz pode ocorrer quando as características físico-químicas da substância divergem dos padrões da curva de calibração, desse modo recorreremos a curva de adição de padrão que corrige esse efeito, a diferença dessa curva para o primeiro método, é que o módulo do lado negativo do eixo das concentrações, reflete a concentração do analito de interesse e cada amostra vai exigir uma curva de calibração, ou seja: cada um dos padrões recebe a mesma quantidade de amostra (Donato, 2019).

Tabela 6: Resultados das Amostras do Coco Verde em mol. L⁻¹

| 1° Amostra | 2° Amostra | 3° Amostra |
|------------|------------|------------|
| 0,01996 | 0,01917 | 0,01948 |

Nota-se que mesmo com o método de correção, houve um aumento de concentração ou seja, além do cobre obtivemos alguma outra substância, ocorrendo interferências que mesmo com os dois métodos aplicados, ambos não foram eficazes comprovar e quantificar esse tipo de material adsorvente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os métodos da curva analítica e adição de padrão houve o aumento de absorvância após os ensaios, criando-se a hipótese de que a matriz está interferindo no meio, mesmo com a mudança de metodologia. Com isso não foi possível comprovar a eficiência da cana-de-açúcar e coco verde como material adsorvente. Entretanto o preparo da biomassa foi satisfatório. Para melhores resultados pode utilizar um ativador nas amostras, aumentar o tempo de adsorção e fazer ensaios com a mistura dos dois materiais adsorventes.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que estiveram presentes e aos que compartilharam esta jornada conosco. Muito obrigado por fazerem parte deste capítulo em nossa história.

6. REFERÊNCIAS

ARRUDA, M.A. Z; TARLEY, C.R. T. **Adsorventes naturais: Potencialidades e aplicações da esponja natural (luffa cylindrica) na remoção de chumbo em efluentes de laboratório.** Revista Analytica, v.4, 2003

Balat, M. **Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review.** Energy Conversion and Management, v.52, p.858-875, 2011.

BRAYNER M.S.C.P, XIMENES L.F. **PRODUÇÃO DE COCO — SOERGUMENTO DAS ÁREAS TRADICIONAIS DO NORDESTE.** Caderno Setorial Etene. Banco do nordeste, Ano 5, N° 127, 2020.

CABRAL, M. M. S.; ABUD, A. K. S.; ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; GOMES, M. A.. **Composição da fibra da casca de coco verde in natura e após pré-tratamentos químicos.** Engvista.V19. 99. Janeiro. 2017

CONAB Corporativa. **Produção de cana chega a 610,1 milhões de toneladas na safra 2022/23 com melhora na produtividade nas lavouras.** CONAB — Companhia de abastecimento, 2023. Disponível em <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4977-producao-de-cana-chega-a-610-1-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23-com-melhora-na-produtividade-nas-lavouras>. Acesso em: 29/11/2023

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução nº 430, seção II, ART 16 – §II, de 13 de maio de 2011.

KARNITZ, O. **Modificação química do bagaço de cana de açúcar e celulose usando anidrido do EDTA. Uso destes materiais na adsorção de metais pesados em solução aquosa.** (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos – PROAGUA, UFOP, Ouro Preto - MG, 2007.

MIOLA B.; FROTA M.M.M; OLIVEIRA A.G; UCHÔA K.M; FILHO F.A.L. **Aproveitamento energético dos resíduos de casca de coco verde para a produção de briquetes.** Artigo técnico, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade de Fortaleza. SciELO, 2020.

MONTEIRO, R.A.. **AValiação do potencial de adsorção de U, Th, Pb, Zn e Ni pelas fibras de coco.** Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia

Nuclear – Materiais. Pelicano.ipen.br, São Paulo, 2009.

PINO, G. A. H.. **Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (cocos nucifera)**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de materiais, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005

RODRIGUES A.M; VIEIRA A.J.N; MELO G.H.F; JUNIOR J.B; OLIVEIRA K.B; SILVA N.A; SANTOS U.F; FERREIRA D.C. **Biossorção de metais pelas fibras do coco verde**. Uniube, Universidade de Urubeba, 2011.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, vol.1, p. 27-32, 2007.

DONATO, A. D. (12 de Novembro de 2019). **Química Analítica: o que é Adição de Padrão?** Fonte: linkedin
Acesso em 25/11/2023

FAGURY, R. V. G. **Avaliação de fibras naturais para a fabricação de compósitos: açaí, coco e juta**. Dissertação de Mestrado de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará (UFP), 78 p. 2

