

AVALIAÇÃO DE AMIDOS NA REMOÇÃO DE COBRE EM CACHAÇA

Sara dos S. FERNANDES^{*2}; Maiara R. L. da SILVA²; Roberta de S. LEONE¹; Manuel PLATA-OVIEDO¹

¹Professor, Departamento de Alimentos e Engenharia Química (DAAEQ)/Universidade Tecnológica Federal do Paraná

²Discente, DAAEQ/Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*E-mail para correspondência: saraf@alunos.utfpr.edu.br

RESUMO: A cachaça, destilado típico brasileiro obtido do caldo de cana-de-açúcar fermentado, pode apresentar contaminação por cobre devido ao uso de alambiques desse material, comprometendo sua qualidade e aceitação em mercados internacionais. Este estudo avaliou a eficiência de amidos nativos e modificados de milho, mandioca e batata na remoção de cobre em cachaça contaminada. As amostras foram tratadas com adsorventes (os amidos) na concentração de 6 g/L, sob agitação por 1 hora, e o teor de cobre foi determinado por espectrofotometria a 530 nm. Os resultados evidenciaram baixa eficiência dos amidos nativos, com remoções entre 5,49% e 37,13%, atribuídas à limitada disponibilidade de sítios ativos. Em contraste, os amidos modificados do tipo A01 apresentaram elevada eficiência, com remoções próximas a 90% para todas as fontes. Já o tratamento A02 não resultou em ganhos substanciais, indicando baixa efetividade na geração de sítios adsorptivos. Os melhores resultados foram obtidos com os amidos duplamente modificados (A03), que atingiram até 100% de remoção, destacando-se o amido de batata. De modo geral, a fonte botânica influenciou o desempenho, sendo o amido de batata o mais eficiente, seguido pelo milho e pela mandioca. Os resultados foram comparáveis aos de adsorventes convencionais, como resinas e carvão ativado. Conclui-se que amidos tratados representam uma alternativa promissora, sustentável e de baixo custo para a redução de cobre em cachaça artesanal.

Palavras-chave: destilado, amiláceo, contaminação metálica, adsorção.

INTRODUÇÃO

A aguardente produzida no Brasil é definida pelo Decreto Federal nº 6.871/2009 como cachaça, sendo obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, com teor alcoólico entre 38% e 48% a 20 °C (Brasil, 2009). O volume de destilado produzido no país é expressivo; em 2024, a produção de cachaça atingiu 292,46 milhões de litros, sendo a região Sudeste responsável por 59,04% da produção nacional (Brasil, 2025).

Na produção de cachaça de alambique, o cobre desempenha papel essencial na qualidade sensorial da bebida, participando de reações químicas, como a eliminação de compostos voláteis sulfurados formados durante a fermentação, contribuindo para a melhoria do perfil sensorial. Entretanto, durante a destilação, o “azinhavre” [Cu₂(OH)₂CO₃], presente nas paredes internas dos alambiques de cobre, pode ser dissolvido pelos vapores alcoólicos ácidos (Garbin; Bogusz Junior; Montano, 2005).

A legislação brasileira estabelece limite máximo de 5 mg/L de cobre em cachaça (Brasil, 2009). Contudo, esse valor pode representar uma barreira técnica à exportação para países da União Europeia, cuja recomendação legal é inferior a 2 mg/L desse componente (Souza, 2015). Embora o cobre seja um elemento essencial ao organismo, em excesso pode causar efeitos tóxicos e estar associado a doenças como Wilson, Menkes, epilepsia, melanoma e artrite reumatoide (Nunes, 2018).

Diante desse cenário, diversos estudos têm investigado a remoção de cobre utilizando adsorventes, como carvão ativado e resinas de troca iônica. A resina promoveu pouca alteração nos teores de álcoois e ésteres, enquanto o carvão ativado adsorveu quantidades significativas de

compostos orgânicos voláteis (Lima et al., 2009). Em meio aquoso, amidos modificados têm demonstrado capacidade de adsorver diferentes cátions metálicos, como Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} e Pb^{2+} (Gupta et al., 2021). Nesse contexto, o presente trabalho avaliou o desempenho de amidos nativos e modificados de milho, mandioca e batata na remoção de cobre em destilado contaminado, visando sua aplicação na produção de cachaça artesanal para a redução da contaminação por cobre (II).

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Os amidos nativos (batata, mandioca e milho), obtidos em mercado local de Campo Mourão, foram submetidos a tratamentos adequados no Laboratório de Tecnologia de Amidos, Cereais e Cerveja da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), para obtenção dos adsorventes mencionados na Tabela 1.

A cachaça incolor (38% etanol v/v) empregada no estudo foi adquirida na Vinícola Bertoletti, localizada no município de Bituruna, Paraná.

Metodologia de Quantificação de Cobre (II)

A determinação de cobre foi realizada conforme o método proposto por Ravindhranathan (2012), com adaptações. Em balões volumétricos de 10 mL, adicionaram-se 0,500 mL da amostra, 3 mL de água destilada, 0,250 mL de EDTA 0,1 M, 0,250 mL de ácido calconcarboxílico (IACC) 0,007299 M e 5 mL de NaOH 1,0 M, seguidos de homogeneização.

Posteriormente, os balões foram mantidos em banho termostatizado (Cienlab) a 30 °C por 50 minutos. A absorbância foi determinada a 530 nm em espectrofotômetro (Kasvi, modelo TESTCOO QC). O teor de cobre (ppm) foi calculado por meio da curva de calibração ($y = 0,017x - 0,0109$), construída com padrões de sulfato de cobre nas concentrações de 2, 4, 8, 12, 16 e 20 ppm.

Avaliação da eficiência dos amidos na remoção do Cu^{2+} em cachaça contaminada

As amostras de cachaça (40 mL), contaminadas com 10 ppm de Cu^{2+} e acondicionadas em tubos Falcon de 50 mL, em triplicata, foram tratadas com amidos na concentração de 6 g/L de bebida. Após 1 hora de agitação rotativa (22 rpm), os tubos foram centrifugados por 20 minutos a $2150 \times g$, sendo posteriormente realizada a quantificação do cobre residual na cachaça.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software Assistat, versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados na Tabela 1 evidenciam, de forma clara, a influência do tipo de modificação do amido na eficiência de remoção de cobre, bem como o efeito da fonte botânica do material. Os amidos nativos apresentaram baixa capacidade de adsorção, com valores variando de 5,49% (mandioca) a 37,13% (batata), o que pode ser atribuído à limitada disponibilidade de sítios ativos para captura dos íons Cu^{2+} .

Tabela 1 – Porcentagens da captura pelos amidos em cachaça contaminada com 10 ppm de Cu (II)

Adsorvente	Milho (%)	Mandioca (%)	Batata (%)
Nativo	18,78 ^{dB}	5,49 ^{dC}	37,13 ^{cA}
A01	92,19 ^{bA}	89,87 ^{bB}	91,98 ^{bA}
A02	22,36 ^{cB}	6,54 ^{cC}	31,43 ^{dA}
A03	98,95 ^{aB}	95,36 ^{aC}	100,00 ^{aA}

Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na linha indicam diferença significativa (Tukey, $p < 0,05$).

Em contraste, os amidos tratados A01 apresentaram aumento expressivo na eficiência de remoção, com valores próximos ou superiores a 90% para todas as fontes avaliadas (milho: 92,19%; mandioca: 89,87%; batata: 91,98%).

Por outro lado, o tratamento A02 resultou em apenas ligeira melhoria da capacidade adsorviva, apresentando valores de remoção entre 6,54% (mandioca) e 22,36% (milho), próximos aos observados para os respectivos amidos nativos (5,49% e 18,78%). Para o amido de batata, o tratamento A02 promoveu redução da capacidade adsorviva, de 37,13% para 31,43%. Esses resultados indicam que o tratamento A02 não foi eficiente na geração de sítios de adsorção eficazes.

Os melhores desempenhos foram observados para os amidos tratados A03, que apresentaram os maiores percentuais de remoção em todas as amostras, com destaque para o amido de batata, que atingiu 100% de remoção. Os amidos de milho (98,95%) e mandioca (95,36%) também apresentaram elevada eficiência. Esses desempenhos estão associados às alterações estruturais e químicas promovidas pelos tratamentos, como o provável aumento da porosidade e a introdução de grupos funcionais capazes de interagir com os íons metálicos.

Em relação à fonte botânica, o amido de batata apresentou, de modo geral, o melhor desempenho, possivelmente em função de sua estrutura granular e composição, que favorecem os processos de modificação e adsorção. O amido de milho também demonstrou alta eficiência quando modificado, enquanto o de mandioca, embora eficaz, apresentou desempenho ligeiramente inferior.

Resultados semelhantes são relatados na literatura, destacando a eficiência de diferentes materiais na remoção de cobre. Enquanto a resina Amberlite apresenta consistentemente os melhores desempenhos, com remoção em torno de 97% (Arantes, 2022; Dusi, 2024), outros materiais também se mostraram viáveis: resíduos de palmito pupunha atingiram 86% de remoção (Arantes, 2022), e sistemas à base de sericina/alginato alcançaram cerca de 80% (Dusi, 2024). Adicionalmente, o uso de carvão ativado (puro ou modificado) e de argilas caulínicas também proporciona reduções expressivas nos teores de cobre, permitindo que os níveis residuais atendam aos padrões internacionais de comercialização (Lima et al., 2009; Duarte et al., 2014).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo reforçam o potencial dos amidos modificados como alternativas eficientes para a adsorção de cobre em cachaça. O desempenho observado foi comparável ao de adsorventes convencionais, com destaque para os amidos de milho (A03) e batata (A03), que apresentaram elevada capacidade de remoção.

Além da eficiência técnica, a aplicação desses biopolímeros mostra-se economicamente viável para o setor produtivo. Considerando a dosagem de 6 g/L, o custo operacional estimado foi de aproximadamente R\$ 0,045 por litro de cachaça tratada, consolidando os amidos modificados como adsorventes de baixo custo e promissores para a mitigação de contaminantes na indústria de bebidas destiladas.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARANTES, M. S. T. **Desenvolvimento de um adsorvente a partir do resíduo da agroindústria de palmito de pupunha para a remoção de cobre (II) de soluções aquosas**, 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/82766>. Acesso em: 24 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário da Cachaça 2025: ano de referência 2024**. Brasília: MAPA/SDA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/arquivos/anuario-da-cachaca-2025/view>. Acesso em: 20 abr. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Decreto 6.871 de 4 de junho de 2009**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm. Acesso em: 21 out. 2025.

DUARTE, F. C. et al. Remoção de cobre em cachaças utilizando argilas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 4, p. 382–389, jul./ago. 2014. Acesso em: 22 abr. 2026.

DUSI, G. G. **Avaliação do processo de biossorção na remoção de íons cobre de soluções aquosas e da cachaça**, 2024. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Disponível em: <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>. Acesso em: 22 out. 2025.

GARBIN, R.; BOGUSZ JUNIOR, S.; MONTANO, M. A. Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1436-1440, nov./dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40421998000600013>. Acesso em: 04 abr. 2026.

GUPTA, A. D. et al. Recent trends in the application of modified starch in the adsorption of heavy metals from water: a review. **Carbohydrate Polymers**, [s. l.], v. 273, 118576, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118576>. Acesso em: 22 abr. 2026.

LIMA, Annete de J. B. et al. Efeito de substâncias empregadas para remoção de cobre sobre o teor de compostos secundários da cachaça. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 845-848, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400004>. Acesso em: 22 abr. 2026.

NUNES, Edilene do Nascimento. **Avaliação do potencial do uso do pó de pedra-sabão (esteatito) e de biomassas modificadas como adsorventes de cobre e chumbo presente em cachaças artesanais**, 2018. 62 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição) – Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/server/api/core/bitstreams/b50805c5-f78a-44f9-ba05-0f703390310f/content>. Acesso em: 10 nov. 2025

RAVINDHRANATH, K. A simple method for spectrophotometric determination of traces of copper. **Rasāyan Journal of Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 38–41, jan.–mar. 2012. ISSN 0974-1496. Disponível em: <http://www.rasayanjournal.com>. Acesso em: 30 out. 2025.

SOUZA, Juliane Cristina de. **Determinação de íons cobre (II) em aguardente de cana-de-açúcar utilizando a combinação spot test - espectroscopia de reflectância difusa**. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2015. Acesso em: 22 abr. 2026.