



## Resíduo oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* aplicado para produção de floculante natural

Kayo Lucas Batista de Paiva<sup>1\*</sup>, Paula Evanyyn Pessoa do Nascimento<sup>1</sup>, Denys Santos de Souza<sup>1</sup>, Luana da Silva Taveira<sup>1</sup>, Heitor Bruno Barbosa de Azevedo<sup>1</sup>, Tatiane Kelly Barbosa de Azevedo<sup>1</sup>

**RESUMO:** Nas últimas décadas, a poluição dos mananciais de abastecimento piorou devido à ação humana, exigindo medidas tecnológicas para tratar a água. Os taninos são uma opção ecológica e econômica no tratamento de águas residuais. O objetivo deste estudo foi utilizar resíduos da indústria de *Cocos nucifera* para produzir um floculante natural de tanino. Foram coletados 5 kg de resíduos da empresa Sabor de Coco, localizada no município de Parnamirim, que processa cocos para fins alimentícios. Os taninos foram extraídos por meio do método de banho-maria e cationizados com a reação de Mannich. Os ensaios de coagulação ocorreram com concentração de 200 mg/L, agitando rapidamente (130 rpm por 2 min) e lentamente (30 rpm por 60 min), monitorando pH e turbidez. Os testes com cloreto de ferro seguiram o mesmo procedimento para fins de comparação. O floculante natural à base de tanino oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* obteve eficiência no tratamento de água, reduzindo a turbidez para 88,33 (UTN), sem fazer grandes alterações no pH da água em comparação com o cloreto de ferro. Embora tenha atendido à Resolução 357/05 do CONAMA, são necessários estudos adicionais para aprimorar a remoção de turbidez e ampliar os possíveis usos.

**Palavras-chave:** limpeza de água, agente coagulante, tratamento de efluente.

## Waste derived from the *Cocos nucifera* processing industry applied for the production of natural flocculant

**ABSTRACT:** In recent decades, the pollution of water sources for supply has worsened due to human activity, necessitating technological measures for water treatment. Tannins are an environmentally friendly and cost-effective option in the treatment of wastewater. The objective of this study was to use residues from the *Cocos nucifera* industry to produce a natural tannin-based flocculant. We collected 5 kg of residues from the Sabor de Coco company, located in the municipality of Parnamirim, which processes coconuts for food purposes. The tannins were extracted using the double-boiler method and cationized with the Mannich reaction. Coagulation tests were conducted at a concentration of 200 mg/L, with both rapid agitation (130 rpm for 2 minutes) and slow agitation (30 rpm for 60 minutes), while monitoring pH and turbidity. Tests with iron chloride followed the same procedure for comparison. The natural tannin-based flocculant from the *Cocos nucifera* processing industry proved effective in water treatment, reducing turbidity to 88.33 (NTU), with minimal changes in water pH compared to iron chloride treatment. While it complied with Resolution 357/05 of CONAMA, further studies are needed to enhance turbidity removal and expand potential applications.

**Keywords:** water cleaning, coagulating agent, effluent treatment.

## INTRODUÇÃO

O acesso da população à água tratada funciona como um indicador universal do desenvolvimento sustentável, visto que esse recurso é fundamental para a melhoria das condições de saúde e higiene, todavia, a escassez de água potável, em virtude do aumento da populacional e da ativa intervenção do homem nos ambientes urbano e rural, é uma realidade (FRANCO, 2015). Nas últimas décadas houve o agravamento contínuo dos problemas relacionados à poluição dos mananciais de abastecimento, causados em decorrência da ação antrópica, como lançamento de efluentes industriais,

domésticos, cargas difusas agrícolas e urbanas, causando alterações no fluxo de matéria e energia dos ecossistemas, fazendo necessária a adoção de medidas tecnológicas apropriadas para o tratamento da água destinada ao consumo humano (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013; HOGAN et al., 2014; RAMACHANDRA; BHARATH; BHARATH, 2014; ZHANG et al., 2013).

A água de abastecimento público do Brasil é comumente tratada com a substância química sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), devido a sua propriedade coagulante, alta eficiência e baixo custo de uso

Recebido em 07/12/2023; Aceito para publicação em 07/02/2024

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio Grande do Norte

\*E-mail: kayopk@hotmail.com

(LIMA, 2015). Porém, o uso de coagulantes químicos possui algumas desvantagens, como, os impactos ambientais ocasionados, elevados volumes de lodo gerados com concentrações de íons metálicos não biodegradáveis e tóxicos, que necessitam de um posterior tratamento secundário antes de serem descartados, elevando o custo do processo (SIEBERT et al., 2020). Outros problemas acarretados são referentes a saúde humana, onde à exposição desses metais presentes nos coagulantes químicos, em especial o alumínio, possibilita a formação de doenças neurodegenerativas, como, Alzheimer e Parkinson (DA SILVA et al., 2020).

Uma opção viável é o uso de compostos naturais ou orgânicos em substituição aos inorgânicos, dentre eles, os taninos veem demonstrado ser uma opção ecologicamente correta e econômica, sendo utilizado como coagulante para tratamentos de águas residuais e efluentes, sendo utilizado também como bioadsorvente na remoção de íons metálicos (MARTINS et al., 2014). Os taninos vegetais estão presentes em todas as plantas, onde desempenham a função de defesa. Sua concentração nos tecidos vegetais pode variar, dependendo da idade, do órgão da planta coletado, da época ou, ainda, do local de coleta, sendo constituídos por polifenóis e classificados de acordo com sua estrutura química, em hidrolisáveis e condensados (SARTORI et al., 2014; PAES et al., 2006).

O cultivo do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) tem se expandido nos últimos anos, em decorrência do aumento da demanda pela água de coco (FONTES et al., 2020). Porém, em países tropicais, os resíduos gerados pela indústria do *C. nucifera* atuam como agentes poluidores o meio ambiente, demorando mais de oito anos para que ocorra a sua total biodegradação, o que torna esse material um instrumento para a proliferação de vetores, propagando doenças para a população (CALDAS et al., 2017).

Portanto, o respectivo trabalho teve como objetivo utilizar o resíduo oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* para produção de floculante natural a base de tanino.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Coleta e preparo do material

Foi realizada a coleta de 5 kg de resíduos oriundos da empresa Sabor de Coco, localizada no município de Parnamirim, responsável pelo beneficiamento do fruto de *Cocos nucifera* para fins alimentícios. O material estudado foi selecionado em função do vigor, sendo escolhidos aqueles com ausência de ataque de fungos.

Foram retiradas partes do epicarpo, mesocarpo e endocarpo do fruto de *Cocos nucifera*. Em seguida o

material foi seco ao ar e moídos em moinho do tipo Willey, para obter um material de menor granulometria. Para as análises, os materiais foram classificados, sendo utilizada a porção que passou pela peneira de 16 “mesh” (1,00 mm), e ficou retida na de 60 “mesh” (0,25 mm). A serragem obtida foi homogeneizada e o teor de umidade determinado, para permitir os cálculos, em base seca, do teor de taninos presentes em cada amostra.

### Extrações para a quantificação de substâncias Tânicas

Para as extrações foram tomadas, de cada material, três amostras de 25g de peso seco. As amostras foram transferidas para balões de fundo chato com capacidade de 500 mL, aos quais foram adicionados 250 mL de água destilada (relação 1:10 p/v) e submetidas à fervura, sob refluxo, por duas horas. Cada amostra foi submetida a duas sequências de extrações, a fim de se retirar à máxima quantidade de extrativos presentes. Após cada extração, o material foi passado em uma peneira de 150 “mesh” (0,105 mm) e em um tecido de flanela, para a retenção de partículas de serragem. O extrato obtido foi homogeneizado e filtrado em funil de vidro sintetizado de porosidade 2. Em seguida, foi concentrado para 250 mL pela evaporação da água ao empregar um aparelho tipo Soxhlet. Após a concentração três alíquotas de 50 mL foram retiradas de cada extrato. Duas alíquotas foram utilizadas para a determinação de índice de stiasny (IS) e teor de taninos condensados (TTC) e uma foi evaporada em estufa a  $103 \pm 2$  °C por 48 horas, para a determinação da porcentagem de teor de sólidos totais (TST), segundo a metodologia de Paes et al., 2006.

### Extração de substâncias tânicas para a produção de floculante natural

Para extração do tanino foi utilizado o resíduo que passou por peneira com porção 1,00 mm e ficaram retidas na peneira de 0,25 mm. O material retido foi distribuído em seis béqueres de 500 ml, sendo adicionados 30 gramas de material e 300 ml de água destilada. Os béqueres foram cobertos com papel alumínio e colocados em banho maria até atingir 70°C, ao atingir os 70°C marcou-se três horas. Após as três horas, o líquido de cada béquer foi despejado em um balde passando primeiro por uma peneira de 0,25 mm, com o objetivo de conter os resíduos sólidos. A parte sólida contida na peneira foi prensada com auxílio de uma espátula para retirar o máximo de líquido possível.

Ao final desse processo, o material sólido foi recolocado nos béqueres, reposto mais 300 ml de água destilada em cada béquer e levados novamente para o banho maria por mais um período de três

horas a 70°C. Logo após, foi repetido o processo de retirada do líquido dos béqueres e descartado os resíduos sólidos. O líquido total retirado foi posto em três bandejas para secar em casa de vegetação. Após seco, o material retido na bandeja foi raspado e macerado, obtendo-se assim o tanino do resíduo de *Cocos nucifera* em pó.

### Cationização

A cationização foi feita com base na reação de Mannich relatada por Konrath e Fava (2006), realizada em três etapas: 5,4 g de cloreto de amônio e 24,4 g de formaldeído foram colocados em um balão volumétrico. A mistura aquecida chegou a 80 °C durante um período de 2h. Para verificar a eficácia da reação entre formaldeído e cloreto de amônio, uma avaliação visual foi realizada pelo aparecimento da cor amarelo claro a incolor. O produto obtido no primeiro passo da reação de Mannich foi misturado com 28,0 g de uma solução aquosa de tanino (50%) durante 30 minutos a 60 °C. Após a segunda etapa, foi realizado o estágio pós-reação, que consistiu na adição de 0,2 g de monoetanolamina deixando reagir por 3 horas a uma temperatura de 50 °C.

### Ensaio de coagulação

As amostras de água foram coletadas no açude olho d'água localizado na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), da Escola Agrícola de Jundiá. As amostras foram conduzidas ao laboratório de produção de alimentos vivos. O tanino oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera*, foi cationizado com formaldeído, pela reação de Mannich e avaliado

como agente coagulante, para comparação, o cloreto férrico também será avaliado. Foi selecionado Jar-test como o tratamento padrão a fim de estudar o processo de floculação, utilizando 1L de água de turbidez 150 UTN (Unidade de Turbidez Nefelométrica) e 200 mg.L<sup>-1</sup> de coagulante, que posteriormente foi colocado em um béquer, onde dois períodos de agitação foram aplicados, sendo um a 130 rpm por 2 min e outro a 35 rpm por 60 min, avaliando a turbidez e o pH em 10 min, 35 min e 60 min, com auxílio de turbidímetro e peagâmetro.

### Análise fatorial

Os dados obtidos foram tabulados em Excel Office 2019, sendo posteriormente submetidos a estatística descritiva no BioEstat 5.0 para apuração das médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores encontrados para o resíduo oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* referente a taninos vegetais foram 7,13%, 40,56% e 2,92% respectivamente para o teor de sólidos totais (TST), índice de Stiasny (IS), e teor de taninos condensados (TTC).

Observa-se na tabela 1, que os taninos obtidos a partir do resíduo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* não conseguiram limpar a água em níveis satisfatórios, quando comparado ao cloreto de ferro (tabela 2), porém, o tanino fez pouca alteração no pH da água, o que é uma grande vantagem, pois reduz custos com a correção desse parâmetro, em ambos os testes, foi usada turbidez inicial de 150 UTN.

Tabela 1. Resultados (turbidez e pH) dos testes utilizando 200 mg.L<sup>-1</sup> de tanino do resíduo de *Cocos nucifera* como agente coagulante no jar-test.

Teste lento 30 RPM/ Por 60 minutos				
Tempo de sedimentação (min)	Turbidez inicial (UTN)	Turbidez final (UTN)	pH inicial	pH final
10	150	113,33	9,08	8,38
30	150	98,33	9,08	8,33
60	150	88,33	9,08	8,18
Teste rápido 130 RPM/ Por 2 minutos				
Tempo de sedimentação (min)	Turbidez inicial (UTN)	Turbidez final (UTN)	pH inicial	pH final
2	150	123,33	8,1	8,1

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 2. Resultados (turbidez e pH) dos testes utilizando 200 mg.L<sup>-1</sup> de Cloreto de ferro como agente coagulante no jar-test.

Teste lento 30 RPM/ Por 60 minutos				
Tempo de sedimentação (min)	Turbidez inicial (UTN)	Turbidez final (UTN)	pH inicial	pH final
10	150	6,66	9,08	2,94
30	150	2,93	9,08	2,9
60	150	2,4	9,08	2,85
Teste rápido 130 RPM/ Por 2 minutos				

Tempo de sedimentação (min)	Turbidez inicial (UTN)	Turbidez final (UTN)	pH inicial	pH final
2	150	5,83	8,1	3,04

Fonte: Autoria própria, 2023.

É possível observar que o floculante natural a base de tanino oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* obteve eficiência em remover cerca de 41% da turbidez da água. Enquanto coagulante comercial, Tanfloc®, utilizando metade da dose empregada nesse estudo (100 mg.L<sup>-1</sup>), conseguiu remover 88% da turbidez da água (ANJOS et al., 2022). Tal fenômeno é explicado devido ao fato que distintas espécies de vegetais produzem taninos com diferentes composições, atribuindo características e aplicabilidades próprias aos taninos de cada espécie vegetal (WERMUTH, 2022).

Foi observado que o tratamento utilizando o floculante natural a base de tanino de *Cocos nucifera* alterou minimamente o pH, mantendo-o alcalino e dentro dos limites estabelecidos pela Resolução N° 357 do CONAMA, que estabelece alguns parâmetros no que se refere à qualidade da água para uso doméstico e industrial, permitindo valores de pH que podem variar de 6,0 a 9,0 (CONAMA, 2005). Tal comportamento não foi observado no tratamento contendo Cloreto de ferro, pois, sua utilização reduziu significativamente o pH da água para cerca de 2,3, deixando-o em desacordo com a Resolução N° 357 do CONAMA, sendo necessário a correção deste parâmetro utilizando compostos que neutralizem este fator (CONAMA, 2005).

Em seus melhores resultados o tanino de *Cocos nucifera* conseguiu reduzir a turbidez da água para 88,33 (UTN), tal resultado atende a Resolução 357/05 do CONAMA, que estabelece padrão de turbidez para as diversas classes de corpos hídricos, onde para águas doces de Classe II: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca a respectiva resolução estabelece o limite de turbidez de 100 NTU (CONAMA, 2005).

## CONCLUSÕES

Portanto, conclui-se que o floculante natural a base de tanino oriundo da indústria de beneficiamento de *Cocos nucifera* apresentou resultados satisfatórios, conseguindo remover cerca de 41% da turbidez sem fazer grandes alterações no pH da água, atendendo à Resolução 357/05 do CONAMA (limite de turbidez para corpos hídricos de águas doces de Classe II), todavia, se faz

necessário o desenvolvimento de novos estudos para melhorar o seu efeito na turbidez, e aumentar a sua classe de usos.

## AGRADECIMENTO

Este estudo foi apoiado pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep). Agradecemos ao GEPFLONM – Grupo de Estudos em Produtos Florestais Não Madeireiros por nos auxiliar nas análises e interpretação dos resultados experimentais, e a empresa Sabor de Coco por disponibilizar os resíduos utilizados nesse estudo.

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, B. F. D., AZEVEDO, T. K. B., SILVA, B. R. F., BRAGA, R. M., PIMENTA, A. S., ANDRADE, F. A. F. Taninos da casca do cajueiro (*Anacardium occidentale*) como floculante para clarificação de água. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, p. e2815, 2022.
- BUZELLI, G. M., CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 186-205, 2013.
- CALDAS, A. S., VIANA, Z. C. V., SANTOS, V. L. C. S. Fibras de *Cocos nucifera* como sorvente de petróleo em ambiente marinho. **Acta brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 13-18, 2017.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 15 de jul. de 2023.
- DA SILVA, C. H. S. T., NUNES, B. R. P., DA SILVA, E. S., PIRES, J. J. B., ALMEIDA, S. N. R., MORAIS, M. S. N., FREITA, S. C. Avaliação comparativa de agentes coagulantes químicos e naturais no tratamento do efluente da lavagem de veículos no município de Sumé-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, pág. 1670-1687, 2020.
- FONTES, H. R., CINTRA, F. L. D., RANGEL, J. H. A., MIRANDA, F. R., FIGUEIREDO, M. C. B., GONDIM, R. S., NUNES, M. U. C. **Práticas sustentáveis de manejo e aproveitamento dos resíduos culturais do coqueiro (*Cocos Nucifera* L.)** ano. 2022. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150094>>. Acesso em: 15 de jun. de 2023.

- FRANCO, C. S. **Sistema alternativo de tratamento de água em escala descentralizada**. 2015, 113f. Tese de Doutorado–Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.
- HOGAN, D. M., JARNAGIN, S. T., LOPERFIDO, J. V., NESS, V. K. Mitigating the effects of landscape development on streams in urbanizing watersheds. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 50, n. 1, p. 163-178, 2014.
- KONRATH, R. A., FAVA, F. J, 2006. Processo de preparação de um agente floculante à base de extrato vegetal. **BR n. PI 0500471-3 A**.
- LIMA, N. M. **Aplicação da Moringa oleifera no tratamento de água com turbidez**. 2015. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- MARTINS, A. A., OLIVEIRA, R. M. S., GUARDA, E. A. Potencial de uso de compostos orgânicos como, coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 12, 2014.
- PAES, J. B., DINIZ, C. E. F., MARINHO, I. V., LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no Semi-Árido brasileiro. **Revista Cerne**, Lavras – MG, v.12, p.232- 238, 2006.
- RAMACHANDRA, T. V., BHARATH, S., BHARATH, A. Spatio-temporal dynamics along the terrain gradient of diverse landscape. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 22, n. 1, p. 50-63, 2014.
- SARTORI, C. J., CASTRO, A. H. F., MORI, F. A. Teores de fenóis totais e taninos nas cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 394-400, 2014.
- SIEBERT, A. P. D. F., SILVA, A. C. B., MORAES, C. M., BEZERRA, R. S., SILVA, L. C. M., OLIVEIRA, D. C., BRANDÃO, Y. B. Utilização da Moringa Oleífera Lam e da Radiação Solar no Tratamento de Água para Consumo Humano. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 86102-86129, 2020.
- WERMUTH, B. **Recurtimento de couro wet-blue com taninos de acácia (*Acacia mearnsii*) e de tara (*Caesalpinia spinosa*)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ZHANG, G., GUHATHAKURTA, S., DAI, G., WU, L., YAN, L. The control of land-use patterns for stormwater management at multiple spatial scales. **Environmental management**, v. 51, p. 555-570, 2013.