

# METODOLOGIAS DE EXTRAÇÃO DE MUCILAGEM DE PALMA PARA USO COMO FLOCULANTE NATURAL

## PALM MUCILAGE EXTRACTION METHODOLOGIES FOR USE AS A NATURAL FLOCCULANT

**Júlia Berto Rodrigues da Silva**

Aluna de Graduação do segundo período, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Período PIBIC: março de 2024 a agosto de 2024  
juliaberto@eq.ufrj.br

**Suellen Cristina da Silva Marques dos Santos**

Engenharia de Materiais, M.Sc.  
ssantos@cetem.gov.br

**Silvia Cristina Alves França**

Engenharia Química, D.Sc.  
sfranca@cetem.gov.br

### RESUMO

O presente trabalho consistiu em investigar diferentes metodologias de extração da mucilagem de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.), visando maior rendimento, além de avaliar seu uso como floculante em ensaios de sedimentação para o rejeito de minério de fosfato. As metodologias consistiram basicamente em cortar, pesar e imergir as raquetes em água. A esse respeito, utilizando a metodologia 3 resultamos em 47,70% de rendimento de mucilagem, maior porcentagem quando relacionada às metodologias 1 e 2. Dessa forma, a mucilagem foi utilizada para testes tanto em proveta quanto em espessador. Foram analisadas as características físico-químicas, a velocidade de sedimentação e a granulometria das partículas de rejeito. Para a dosagem de 40 g/t, a sua velocidade média foi 75 vezes maior quando comparada à amostra sem adição da mucilagem. Constatou-se que, mesmo com o uso do polímero natural, partículas permaneceram em suspensão, entretanto, no ensaio em espessador, a mucilagem da palma resultou em turbidez de 38,7 NTU, apta para o reuso da água.

**Palavras chave:** mucilagem, floculante natural, palma forrageira.

### ABSTRACT

The present work consisted of investigating different methodologies for extracting mucilage of forage palm (*Opuntia ficus-indica* L.), aiming for greater yield, in addition to evaluating its use as a flocculant in sedimentation tests for phosphate ore waste. The methodologies basically consisted of cutting, weighing and immersing the rackets in water. In this regard, using methodology 3 we resulted in a 47.70% yield, a higher percentage when compared to methodologies 1 and 2. Therefore, the mucilage was used for testing both in a test tube in a thickener. The physicochemical characteristics, sedimentation speed and particle size of the waste particles were analyzed. For the dosage of 40 g/t, its average speed was 75 times higher when compared to the sample without the addition of mucilage. It was found that, even with the use of the natural polymer, some particles remained in suspension, however, in the thickener test, the palm mucilage resulted in a turbidity of 38.7 NTU, suitable for water reuse.

**Keywords:** mucilage, natural flocculant, forage palm.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de polímeros naturais em tratamento de água, tem crescido consideravelmente em análises de coagulação e floculação. Essas etapas são indispensáveis para viabilizar o processo de clarificação da água. As plantas se destacam como forma de obtenção do polímero, como a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* L.) devido a sua abundância e biodegradabilidade (GOIS, 2013). Inicialmente no Brasil a palma ganhou relevância na alimentação humana e de animais sendo adaptada a se desenvolver na região semiárida do país (GOIS, 2013). Além disso, outra aplicação da palma está na extração da mucilagem que é obtida por meio de suas raquetes. O líquido viscoso é constituído por cadeias de açúcares, unidas, formando um polímero, presente no interior dos cladódios, que possui capacidade de absorver água e aumentar o seu volume (CEPLAMT, 2016). Este é um fator positivo para o seu uso como aditivo em argamassa e em processos de sedimentação de polpas de rejeitos (OLIVEIRA, 2018). O potencial uso da palma como biopolímero pode estar relacionado à ação da pectina (ácido galacturônico) que potencializa a agregação das partículas durante a floculação devido a sua estrutura (SANTOS et al., 2023).

## 2. OBJETIVO

Analisar metodologias de extração de mucilagem da palma forrageira e sua eficiência como floculante em ensaios de espessamento para rejeito de minério de fosfato.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Extração da Mucilagem da Palma

#### Metodologia 1:

Seguindo a metodologia utilizada por FARIAS et al. (2015), o biopolímero foi obtido através de duas extrações na proporção 1:1 de palma e água em triplicata. Para isso, os cladódios foram sanitizados com água e cloro, cortados em pedaços de 1 cm<sup>3</sup> e imersos em água destilada durante 24 horas para ser obtida a primeira extração. Posteriormente foi separado em extrato aquoso e biomassa (resíduo). A segunda extração foi realizada com a imersão dessa biomassa durante 1 hora seguindo as mesmas proporções. Após a separação, juntou o segundo extrato aquoso com o anterior e descartou o resíduo. A mucilagem final foi congelada em um freezer.

#### Metodologia 2:

De acordo com os estudos de (OLIVEIRA, 2018), o floculante natural foi obtido por meio da retirada da epiderme dos cladódios de palma em proporção 1:1 de palma e água. Para isso, as raquetes da palma foram higienizadas com água clorada e cortadas em pedaços de 1 cm<sup>3</sup> retirando completamente a sua epiderme. Foi feita a imersão em água destilada por 2 horas e separada em escorredor comum. O extrato aquoso foi reservado e o resíduo foi descartado. Devido a sua perecibilidade, a mucilagem foi congelada por 24 horas para uma melhor eficiência final. Depois foi descongelada em temperatura ambiente e homogeneizada em liquidificador, resultando assim um gel aquoso.

#### Metodologia 3:

Neste método a extração da mucilagem foi obtida por meio da adaptação da metodologia utilizada por SANTOS et al., (2023) em proporção 1:4. Foi realizada a lavagem da raquete e o seu corte, mantendo medidas menores que 1 cm<sup>3</sup> (2,0 mm x 0,4 mm) a fim de aumentar a superfície de contato e obter maior extração da mucilagem. Para a sua extração, os cladódios foram imersos em água destilada na proporção 1:4 de palma e água por 93 horas. Com isso, a mucilagem foi separada por meio de um escorredor comum e refrigerada.

### 3.2 Preparo da Polpa de Rejeito de Minério de Fosfato

Para o preparo da polpa, foi preciso homogeneizar com auxílio da célula DENVER. Em sequência, foi separada uma alíquota e colocada em estufa a 100° C, verificando uma concentração de sólidos equivalente a 6,3%.

#### Caracterização granulométrica da polpa

A análise de granulometria foi feita por peneiramento a úmido e por difração a laser. Para o ensaio realizado, foi preparada uma polpa com 3 L de amostra contendo 6,3% de concentração de sólidos para 30 L de água. Para a sua determinação, foram utilizadas as seguintes peneiras: 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200, 270, 325 e 400 mesh Tyler. Depois do ensaio de peneiramento, o rejeito que ficou retido nas peneiras foram postas para secar na estufa a 105° C e depois foram pesadas. O rejeito retido na peneira de 400 mesh foi determinado através de difração a laser por meio do equipamento Mastersizer 2000, da Malvern.

#### Ensaio em proveta

A polpa foi preparada com amostra contendo 6,3% de sólidos, separada em três provetas de 1 L cada em: branco, 40 g/t e 100 g/t. Desse modo, as amostras foram homogeneizadas, e a mucilagem que foi adicionada corresponde a metodologia 3, com base nas respectivas dosagens supramencionadas. Após esta etapa, foi realizado o teste de velocidade de sedimentação. Esta análise permaneceu em repouso durante 24 horas e o sobrenadante foi separado do espessado. Em seguida, o espessado foi colocado na estufa a 100° C até a verificação de massa constante.

#### Ensaio em espessador

O ensaio ocorreu em espessador de pastas com dimensões de 115 cm x 9 cm e capacidade de 6 L. Preparou, sob o mesmo procedimento já descrito no presente trabalho, uma nova polpa para a análise em espessador, com o objetivo de verificar os resultados em uma escala maior com o favorecimento da separação sólido-líquido. Dessa forma, as amostras foram organizadas em: branco e 60 g/t de mucilagem correspondente a metodologia 3. Optou-se por utilizar uma dosagem intermediária àquelas avaliadas no ensaio em proveta. As amostras permaneceram em repouso por 24 horas, e posteriormente coletou o sobrenadante e o material espessado.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Rendimento da mucilagem da palma

Utilizando a metodologia 1 (Met 1), com o método de duas extrações para a proporção 1:1 foi obtido o total de 43% de rendimento de mucilagem final. Na metodologia original de Farias et al. (2015), são feitas extrações em duas proporções 2:1 e 1:1 de palma e água, no entanto, foi observado maior rendimento na última proporção em seu estudo e por isso foi realizada a adaptação. A segunda lavagem da biomassa tem a finalidade de aumentar a obtenção do extrato que devido a sua alta viscosidade, parte dele fica retido entre os cladódios cortados.



**Figura 1:** Mucilagem (Met 1) em triplicata.

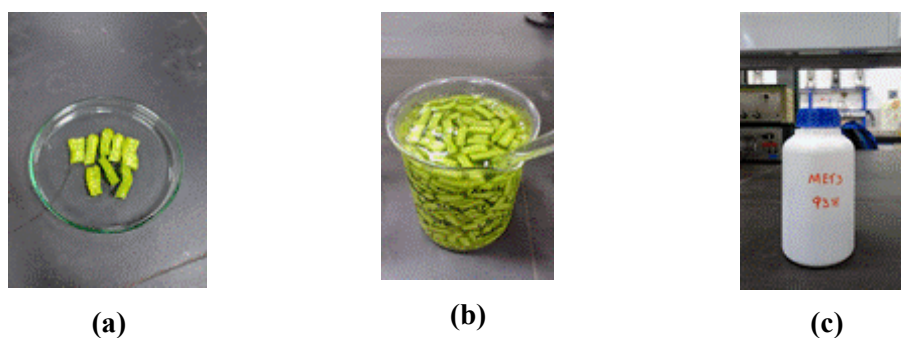
Para a metodologia 2 (Met 2), utilizando o método de descascar a epiderme para aumentar a superfície de contato na proporção 1:1, foi obtido 32% de rendimento de mucilagem. A metodologia de Oliveira, (2018), estuda o rendimento e aplicação do extrato final aplicado em argamassa de cimento portland II Z e obteve resultado positivo para a menor absorção de água, menor porosidade e maior resistência mecânica do uso da mucilagem na argamassa final.

Seguindo o método, a epiderme da palma foi retirada para melhorar a extração de mucilagem aumentando a superfície de contato, entretanto obtivemos pouca diferença de resultados. No final, o extrato aquoso foi passado pelo liquidificador com o objetivo de homogeneizar e formar um gel espesso.



**Figura 2:** a) cladódio sem epiderme; b) mucilagem (Met 2).

Já para a metodologia 3 (Met 3), com o método utilizando a proporção 1:4 de palma e água com imersão de 93 horas, seguindo uma adaptação à metodologia de preparo de Santos et.al., (2023), foi obtido 47,70% de rendimento de mucilagem final. Nesta metodologia o extrato ficou em ambiente refrigerado pois contribui para a conservação da mucilagem. Com isso, os resultados obtidos tornam a metodologia de Santos et.al., (2023) mais eficiente quando comparada às anteriores para a obtenção de maior rendimento de extrato aquoso final.



**Figura 3:** a) corte dos pedaços de palma; b) imersão da palma em água; c) mucilagem (Met 3).

### Caracterização granulométrica da polpa e ensaios de sedimentação

#### **Distribuição granulométrica da polpa de rejeito de minério fosfato**

A caracterização granulométrica determinou que mais de 90% do material fino, para a peneira de 400 mesh, está abaixo de 37  $\mu\text{m}$ . Para a determinação do tamanho das partículas foi utilizada a técnica de difração a laser e foi observado que o diâmetro médio está abaixo de 10  $\mu\text{m}$ . Tal característica não é favorável segundo os estudos de Santos et al, (2023) por dificultar no processo de desaguamento devido a elevada superfície de contato, ou seja, pelo efeito da permanência da dispersão de partículas ultrafinas no fluido, seguindo o movimento browniano. Dessa forma, quanto menor for a granulometria do rejeito, maior será a demanda por agentes floculantes a fim de permitir a agregação das partículas e a posterior separação sólido-líquido (FRANÇA et al., 2010).

#### **Ensaio de sedimentação em proveta**

Na Tabela 1 foram feitas análises físico-químicas. Observou que proporcionalmente, a condutividade aumentou com as dosagens de mucilagem. A respeito da turbidez para as

amostras, não foram interessantes para o reuso de água, considerando um limite de 100 NTU, e necessitando de uma etapa posterior de tratamento. Pode ser afirmado que mesmo com o uso do polímero natural, permaneceram partículas em suspensão. Desse modo, foi observado que devido o uso da mucilagem (Met 3), na qual passou por 93 horas de imersão, há a possível influência de resíduos e da quebra de suas cadeias poliméricas que podem impactar na sua atividade como floculante. A elevada concentração de sólidos na amostra branco e a elevada turbidez podem ser exemplos dessa influência.



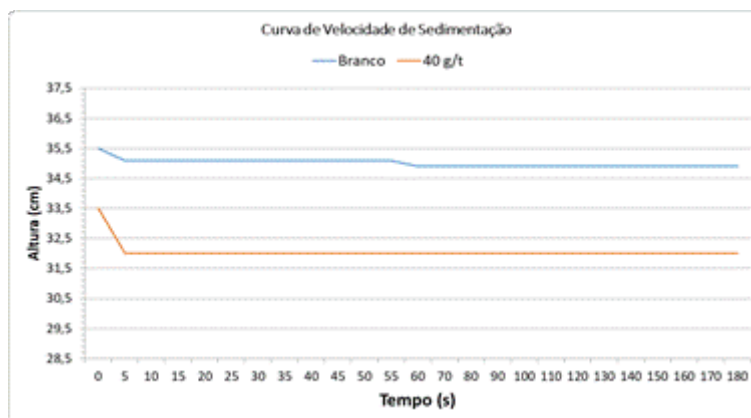
**Figura 4:** a) teste de sedimentação das amostras: branco, 40 g/t e 100 g/t respectivamente; b) espessados secos.

**Tabela 1:** Resultados de caracterizações físico-químicas do sobrenadante e do espessado.

Amostra	Turbidez	Condutividade	pH	Concentração de sólido
Branco	1710 NTU	134,2 uS	8,43	59,65%
40 g/t	812 NTU	134,3 uS	7,94	52,70%
100 g/t	200 NTU	144,4 uS	7,20	57,48%

### Velocidade de sedimentação

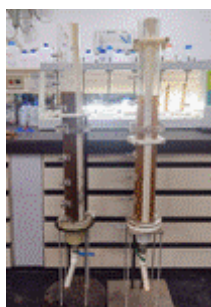
Devido ao aumento da concentração de sólidos, foi observado que a velocidade de sedimentação da amostra com a mucilagem é 75 vezes maior que a velocidade de sedimentação da amostra sem floculante, sendo  $8,33 \times 10^{-4}$  m/s para 40 g/t e  $1,11 \times 10^{-5}$  m/s para branco.



**Gráfico 1:** Curva de velocidade de sedimentação.

### Ensaio de sedimentação em espessador

Na Tabela 2 foram feitas análises físico-químicas nas amostras. Os resultados de turbidez para o espessador foram positivos quando comparados aos feitos em proveta por apresentar redução significativa permitindo o reuso da água. Isso pode ser explicado pelo efeito da pressão hidrostática sobre as partículas do rejeito causado pela coluna d'água, favorecendo a sedimentação.



**Figura 5:** Rejeito espessado; ensaio à esquerda referente a amostra branco e a direita a 60 g/t.

**Tabela 2:** Resultados de caracterizações físico-químicas do sobrenadante e do espessado.

Amostra	Turbidez	Condutividade	pH	Concentração de sólido
Branco	29,7 NTU	134,7 uS	6,89	44,78%
60 g/t	38,7 NTU	138,7 uS	7,32	50,17%

## 5. CONCLUSÕES

A (Met 3) apresentou o maior rendimento de extração da mucilagem da palma: 47,70% quando comparada a (Met 1) e (Met 2) tendo o maior tempo de imersão em água. Além disso, comparando o rendimento da (Met 1) com o da (Met 2) podemos afirmar a importância da segunda extração. Para o ensaio em proveta com a dosagem de 40 g/t, a velocidade média foi 75 vezes maior que a da amostra sem mucilagem. Já para o ensaio em espessador, resultou no favorecimento da concentração de sólidos e em valores para turbidez abaixo de 100 NTU. Assim, o uso da mucilagem da palma forrageira é potencializado como flocculante natural em sedimentação de rejeito de fosfato.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica; à supervisora Sílvia França; à orientadora Suellen Marques, assim como ao CETEM pela infraestrutura.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPLAMT. Centro Especializado em Plantas Aromáticas, Medicinais e Tóxicas. UFMG. Minas Gerais, 2016. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/mhnpj/ceplamt/plantas-medicinais-na-escola/mucilagem/>> Acesso em 30 jun. 2024.

FARIAS, P.M; LIMA, L.V; PINTO, C.O; LIMA, J.R; TORRES, L.B.V. Estudo e otimização do processo de extração da mucilagem de palma forrageira. **Higiene Alimentar**, vol. 29, p. 4774-4778, 2015.

GOIS, G.C; SILVA, F.C.S; RIBEIRO, W.S. Descrição morfológica, origem, domesticação, dispersão da palma forrageira e sua introdução no Brasil. A palma e sua importância no nordeste brasileiro, 2013.

FRANÇA, S.C.A.; MASSARANI, G. Separação sólido-líquido. In: Tratamento de Minérios. 5 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2010. Cap.15, p. 637-678.

OLIVEIRA, H.C.M. **Incorporação da mucilagem de palma forrageira na elaboração de argamassa cimento portland**. 2018. Trabalho de conclusão de curso - Centro de Ciências Agrárias. UFPB/CCA, Brasil.

SANTOS, S.C.S.M; FRANÇA, S.C.A; GALVÃO, N; BATISTA, B.T. Estudos sobre o impacto do uso de diferentes polímeros floculantes nas variáveis de processo do desaguamento. In: 22º Simpósio de Mineração, 2023, ABM Week, 7 ed. São Paulo, Brasil.