



## **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES COAGULANTES EM EFLUENTE DE FERTILIZANTE**

R. M. P. Silva<sup>1</sup>, S.S. Fernandes<sup>2</sup>

1– Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande – CEP: 96230-900 – Rio Grande – RS – Brasil,  
Telefone: (53) 98474-0286– e-mail: ([renatapereiraps@hotmail.com](mailto:renatapereiraps@hotmail.com))

2– Escola de Química e Alimentos – Universidade Federal do Rio Grande – CEP: 96230-900 – Rio Grande – RS – Brasil,  
Telefone: (53) 99979-1419 – e-mail: ([sibele.fernandes@furg.br](mailto:sibele.fernandes@furg.br))

**RESUMO** – Este estudo avaliou a eficiência de diferentes coagulantes na remoção de turbidez e cor de efluentes industriais, incluindo mucilagem de chia, sulfato de alumínio e farinha de chia desengordurada. A mucilagem de chia demonstrou a maior eficiência, seguida pelo sulfato de alumínio em baixa concentração. A farinha de chia apresentou um bom desempenho, embora inferior à mucilagem, sendo uma alternativa econômica e ambientalmente amigável. A pesquisa sugere que coagulantes naturais como a mucilagem de chia podem ser uma alternativa sustentável aos coagulantes químicos convencionais.

**ABSTRACT** – This study evaluated the effectiveness of different coagulants in removing turbidity and color from industrial effluents, including chia mucilage, aluminum sulfate, and defatted chia flour. Chia mucilage was the most efficient, followed by low concentration aluminum sulfate. Defatted chia flour also performed well, though inferior to mucilage, and presents an economically and environmentally friendly. The findings highlight natural coagulants like chia mucilage as a sustainable substitute for conventional chemical coagulants.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulantes naturais; Mucilagem de chia; Tratamento de efluentes.

**KEYWORDS:** Natural coagulants; Chia mucilage; Effluent treatment.



## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por água e da concentração de poluentes nos recursos hídricos levam pesquisadores a buscar alternativas acessíveis para tratar água e efluentes industriais. O descarte inadequado de efluentes pode causar eutrofização dos corpos hídricos e diversos danos ambientais e na saúde humana (Kurniawan *et al.*, 2021).

Dentre os processos utilizados para o tratamento de efluentes industriais, destaca-se a coagulação-floculação devido ao baixo custo, flexibilidade, baixo uso de energia e remoção de compostos tóxicos. Este é um processo físico-químico que envolve a adição de coagulantes que neutralizam as cargas repulsivas nas partículas coloidais e produzem um floco, resultando em uma maior taxa de sedimentação (Figueiredo *et al.*, 2022). Os coagulantes mais comumente utilizados são de base química (sais de ferro e alumínio), que são perigosos pois um residual pode ser encontrado conferindo sérios problemas de saúde, como doença de Alzheimer (Sillanpää *et al.*, 2018). Esses coagulantes químicos permanecem no lodo resultante do tratamento, o que representa um problema de geração de resíduo, devido aos elevados volumes gerados e por serem de difícil tratamento e destinação final (Nepumoceno, 2016, *apud*, Botelho, 2020).

Para superar essas questões, os coagulantes naturais estão cada vez mais sendo introduzidos como agentes alternativos para substituir coagulantes químicos, podendo se tornar uma solução tecnológica verde. Dentre os biocoagulantes, destacam-se os subprodutos da semente de chia. A semente de chia é considerada fonte de nutrientes com uso como semente inteira, farinha, mucilagem ou óleo. Entretanto a aplicação como coagulante natural é uma prática recente e pouco estudada. A mucilagem de chia é obtida pela hidratação das sementes em água e possui excelentes propriedades tecnofuncionais e bioativas. A farinha de chia desengordurada é o subproduto originado da extração do óleo de chia, que apesar da elevada produção, apresenta consumo é baixo e subutilização como ração animal.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência da mucilagem de chia e da farinha de chia desengordurada no tratamento de efluente de indústria de fertilizantes e comparar com coagulante químico utilizado industrialmente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material



O efluente avaliado foi de uma indústria de fertilizantes da cidade do Rio Grande/RS. As sementes de chia e farinha de chia desengordurada foram fornecidas pela empresa Produza Foods. O sulfato de amônio foi adquirido em comércio local.

## 2.2. Preparação da mucilagem de chia

As sementes foram misturadas com água nas proporções 1:40 (semente:água) e a agitação foi mantida a 125 rpm em shaker (Incubadora Shaker Refrigerada CT-712RNT – Cientec) por 2 h à temperatura ambiente. Após esse período, a mucilagem resultante foi separada das sementes por filtração a vácuo. O líquido filtrado (mucilagem) foi seco em estufa (Estufa Q314 – Quimis) a 50 °C por 12 h.

## 2.3. Experimentos de coagulação-floculação

Foram realizados seis ensaios utilizando diferentes coagulantes em diferentes quantidades, conforme apresentado na Tabela 1. Os coagulantes naturais mucilagem de chia (MC) a 0,05% e farinha de chia desengordurada (FCD) a 1,0 e 1,5% foram avaliados. O sulfato de amônio (SA) a 0,05 e 0,5% foi utilizado por ser o mais utilizado industrialmente. Além disso, avaliou-se a ação sinérgica da MC e do SA. As soluções de coagulantes foram preparadas conforme a quantidade estabelecida para cada ensaio descrita na Tabela 1, em 100 mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético até completa dissolução. O pH das soluções de coagulantes e do efluente bruto foi ajustado para 7.

**Tabela 1** – Condições experimentais dos ensaios de coagulação

Teste	Coagulante	Quantidade (g) em 100 mL de água destilada
1	MC	0,05
2	SA	0,05
3	SA	0,50
4	SA + MC	0,05 (SA) + 0,05 (MC)
5	FCD	1,00
6	FCD	1,50

MC: Mucilagem de chia; SA: Sulfato de alumínio; FDC: Farinha de chia desengordurada

Os coagulantes e os efluentes (1 L) foram adicionados ao Jar Teste (Milan – 603M6), com cada ensaio em seu recipiente, estes foram primeiramente agitados a 120 rpm por 5 min (coagulação).



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

Em seguida, a velocidade de mistura foi reduzida para 30 rpm e mantida por 15 min como tempo de contato (floculação). Depois disso, a solução foi deixada para sedimentação em 30 min. As condições utilizadas no Jar Teste, bem como o pH utilizado, foram estabelecidas através de ensaios preliminares.

## 2.4. Caracterização dos efluentes

O efluente bruto e os efluentes tratados nas diferentes condições foram caracterizados em relação a turbidez através de turbidímetro portátil (Akso, AK410), cor através de fotômetro (Hanna, HI83399-02) e a pH através de pHmetro (Instrutherm, PH-2600). A fim de verificar a eficiência do tratamento, foi determinada o percentual de remoção da turbidez e da cor comparando os valores brutos com os tratados.

## 2.5. Análise estatística

Os resultados foram tratados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, usando o software *Statistica 5.0* (Statsoft, EUA). A análise estatística foi realizada considerando um nível de 95% de confiança ( $p < 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente bruto apresentou turbidez de 122,6 NTU (Unidades nefelométricas de turbidez) e cor de 2198 PCU (Unidades de platina-cobalto). Esses valores evidenciam a elevada presença de sólidos suspensos e dissolvidos no efluente, os quais se não removidos poderão causar danos ambientais. A Tabela 2 apresenta os resultados da remoção de turbidez e cor para cada coagulante avaliado.

**Tabela 2** – Eficiência dos coagulantes na remoção de turbidez e cor

Coagulantes	Remoção da turbidez (%)	Remoção da cor (%)
MC 0,05%	96,23 ± 0,09 <sup>a</sup>	99,29 ± 0,13 <sup>a</sup>
SA 0,05%	90,73 ± 0,48 <sup>c</sup>	97,63 ± 0,00 <sup>c</sup>
SA 0,5%	71,58 ± 0,12 <sup>f</sup>	94,46 ± 0,27 <sup>e</sup>
MC 0,05% + SA 0,05%	89,32 ± 0,71 <sup>d</sup>	98,27 ± 0,05 <sup>b</sup>
FCD 1,0%	92,50 ± 0,48 <sup>b</sup>	97,92 ± 0,07 <sup>bc</sup>
FCD 1,5%	86,88 ± 0,50 <sup>e</sup>	96,78 ± 0,15 <sup>d</sup>

MC: Mucilagem de chia; SA: Sulfato de alumínio; FDC: Farinha de chia desengordurada. Média de três valores com desvio padrão. Letras iguais na coluna indicam que não há diferença significativa entre as médias ( $p < 0,05$ ).



19 A 21 DE MAIO DE 2025 | BENTO GONÇALVES | RS

A mucilagem de chia (MC) apresentou a maior eficiência na remoção de turbidez (96,23%) e cor (99,29%), superando os demais coagulantes, inclusive o coagulante químico sulfato de amônio, o qual é um dos mais utilizados industrialmente. Isso sugere uma alta capacidade de adsorção de contaminantes neste material devido às suas propriedades poliméricas e hidrofílicas, que permitem interações eficientes com partículas presentes em líquidos. O elevado teor de polissacarídeos na MC forma uma matriz viscosa quando hidratada, o que facilita a agregação de partículas em suspensão, promovendo a coagulação. Como a MC possui a capacidade de formar redes tridimensionais, estas podem capturar as partículas e promover a sedimentação. Além disso, a MC contém grupos funcionais capazes de interagir eletrostaticamente com íons presentes em soluções, facilitando a neutralização de cargas superficiais das partículas suspensas e promovendo sua aglomeração.

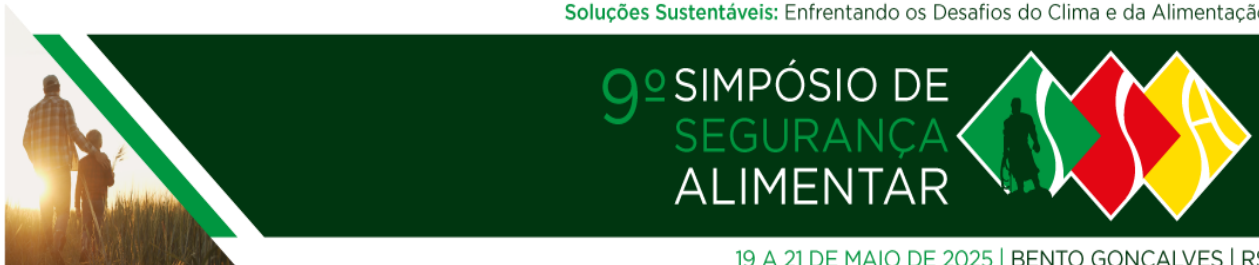
O sulfato de alumínio (SA) em baixa concentração (0,05%) apresentou eficiência de remoção inferior à MC. Além disso, ao aumentar a concentração para 0,5%, houve uma redução significativa na remoção de turbidez (71,58%), sugerindo que o excesso de coagulante pode prejudicar a formação de flocos sedimentáveis.

O segundo coagulante com destaque foi a farinha de chia desengordurada (FCD) a 1,0%. A redução na eficiência da FCD ao aumentar a concentração de 1,0% (92,50% na turbidez e 97,92% na cor) para 1,5% (86,88% na turbidez e 96,78% na cor) pode indicar um efeito onde o excesso de material coloidal impede a formação eficiente dos flocos ou uma mudança no equilíbrio de carga elétrica já que a FCD contém alto teor de proteínas. Esse comportamento reforça a necessidade de otimização da dosagem para maximizar a eficiência do coagulante.

Comparando-se a FCD com a MC, observa-se que a MC apresentou um desempenho superior na remoção de turbidez e cor. A FCD, por ser um resíduo da extração do óleo de chia, pode ter perdido parte dos compostos solúveis que compõem a MC, resultando em menor eficiência. Além disso, as proteínas presentes na FCD podem ter influenciado na adsorção dos contaminantes. Entretanto, a FCD ainda apresentou desempenho bom, indicando que ajustes na concentração, pH e no tempo de contato podem potencializar sua eficácia e instituir a economia circular.

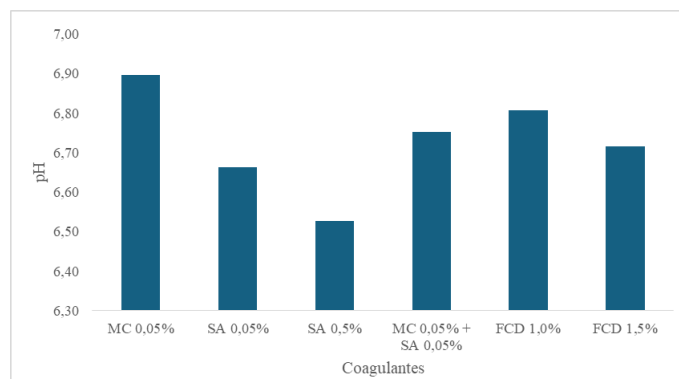
A combinação da MC com SA apresentou uma remoção intermediária de turbidez (89,32%), menor do que a MC isolada; mas melhorou a remoção de cor (98,27%). Isso indica que a associação pode ser vantajosa para efluentes onde a remoção de cor (sólidos dissolvidos) é prioritária.

Após cada ensaio no Jar Test, as medições do pH final mostraram variações, como pode-se observar na Figura 1. Os resultados indicam que o SA promoveu uma redução mais acentuada do pH. A FCD e a MC, por sua vez, mostraram-se mais eficazes na manutenção do pH, sugerindo que essas substâncias não afetam tanto a acidez do meio. Isso pode ser vantajoso em cenários onde o controle



do pH é importante para a estabilidade do processo ou para evitar a necessidade de correção adicional do pH após o tratamento.

**Figura 1** – Variação o pH após ensaio com diferentes coagulantes.



#### 4. CONCLUSÕES

A mucilagem de chia apresentou a maior eficiência na remoção de contaminantes, destacando-se como o melhor agente isolado. Embora a farinha desengordurada tenha mostrado menor eficiência, seu baixo valor de mercado e seu uso na agroindústria proporcionam uma oportunidade para agregar valor a esse subproduto industrial. Além disso, comparando com a mucilagem de chia, não foi preciso fazer nenhum processo de extração, o que diminui o custo do tratamento do efluente.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS

BOTELHO, I. C. **Análise da eficiência da mucilagem da semente de chia como coagulante orgânico no tratamento de água para abastecimento**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, 2020.

FIGUEIREDO, F. F.; FREITAS, T. K. F. de S.; DIAS, G. G.; GERALDINO, H. C. L.; SCANDELAI, A. P. J.; VILVERT, A. J.; GARCIA, J. C. Textile-effluent treatment using Aloe vera mucilage as a natural coagulant prior to a photo-Fenton reaction. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v.429, 2022

KURNIAWAN S. B., ABDULLAH S. R. S., OTHMAN A. R., PURWANTI, I. F., IMRON, M. F., ISMAIL, N. I., AHMAD, A., HASAN, H. A. Isolation and characterisation of bioflocculant-producing bacteria from aquaculture effluent and its performance in treating high turbid water. *Journal of Water Process Engineering*. **Journal of Water Process Engineering**, v. 42, 2021

SILLANPÄÄ M., NCIBI M.C., MATILAINEN A., VEPSÄLÄINEN M. Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. **Chemosphere**, v.190, p. 54–71, 2018