

## Síntese verde e caracterização de nanopartículas de prata AgNp estabilizadas em extrato de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*)

Green synthesis and characterization of AgNp silver nanoparticles stabilized in jurema preta extract (*Mimosa tenuiflora*)

Síntesis verde y caracterización de nanopartículas de plata AgNp estabilizadas en extracto de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*)

Recebido: 10/04/2022 | Revisado: 17/04/2022 | Aceito: 21/04/2022 | Publicado: 25/04/2022

**Josimar Elpídio de Brito**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7323-5511>  
Centro Universitário UniFacid, Brasil  
E-mail: [josimarelpidio8@gmail.com](mailto:josimarelpidio8@gmail.com)

**Deuzita dos Santos Freitas Viana**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1902-6505>  
Centro Universitário Unifacid, Brasil  
E-mail: [deuzitasfv@gmail.com](mailto:deuzitasfv@gmail.com)

**Vicente Galber Freitas Viana**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3863-6974>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil  
E-mail: [galber@ifpi.edu.br](mailto:galber@ifpi.edu.br)

### Resumo

A pesquisa teve o objetivo de sintetizar e caracterizar AgNp a partir do nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) em extrato de *Mimosa tenuiflora*. A metodologia adotada foi laboratorial de natureza quantitativa. Para a produção do extrato utilizou o pó de cascas de mimosa acrescido de água destilada. Na síntese das nanopartículas utilizou 100 mL de ( $\text{AgNO}_3$ ) 1,0mmol/L, aquecido em agitação magnética e gotejada 1,0mL de Citrato de sódio 1% sobre a solução de nitrato. Ao atingir a temperatura ambiente adicionou-se à mistura o extrato de mimosa. As nanopartículas foram caracterizadas (UV-Vis), em uma faixa de varredura 1900-900nm, abertura de fenda=2,0 nm e solução espectral de 1,0 nm. Quanto aos resultados, as análises isoladas das soluções não apresentaram pico de absorbância em uma escala de comprimento de ondas no visível entre 400 e 600 nm. Já na análise das misturas de  $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  e  $\text{AgNO}_3/\text{NaBH}_4$  mostrou a formação de picos máximos de absorbância de 420nm para a solução de nitrato de prata em contato citrato e de 390nm na solução de nitrato de prata em contato com o borohidreto. A análise da solução  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  e  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{NaBH}_4$  apresentou pico máximo de absorbância de 450nm para a solução de nitrato de prata/mimosa/citrato e de 400nm para a solução de nitrato de prata/mimosa/borohidreto em uma escala de comprimento de onda entre 300 a 600nm. De acordo com os resultados encontrados, pode se observar que o extrato de mimosa apresenta condições ideais para a síntese e estabilização de nanopartículas.

**Palavras-chave:** Nanoestruturas; Síntese verde; Composto de prata; Ensino.

### Abstract

The research aimed to synthesize and characterize AgNps from silver nitrate ( $\text{AgNO}_3$ ) in *Mimosa tenuiflora* extract. The methodology adopted was laboratory of a quantitative nature. For the production of the extract, the powder of mimosa husks plus distilled water was used. In the synthesis of the nanoparticles, 100 mL of 1.0mmol/L ( $\text{AgNO}_3$ ) was used, heated in magnetic stirring and 1.0 mL of 1% sodium citrate was dripped onto the nitrate solution. Upon reaching room temperature, the mimosa extract was added to the mixture. The nanoparticles were characterized (UV-Vis), in a scanning range 1900-900nm, slit aperture=2.0 nm and spectral solution of 1.0 nm. As for the results, the isolated analyzes of the solutions did not show an absorbance peak on a visible wavelength scale between 400 and 600 nm. In the analysis of the mixtures of  $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  and  $\text{AgNO}_3/\text{NaBH}_4$ , it showed the formation of maximum absorbance peaks of 420nm for the silver nitrate solution in citrate contact and 390nm for the silver nitrate solution in contact with the borohydride. The analysis of the  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  and  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{NaBH}_3$  solution showed a maximum absorbance peak of 450nm for the silver nitrate/mimosa/citrate solution and of 400nm for the silver nitrate/mimosa/borohydride solution on a scale wavelength between 300 to 600nm. According to the results found, it can be seen that the mimosa extract presents ideal conditions for the synthesis and stabilization of nanoparticles.

**Keywords:** Nanostructures; Green synthesis; Silver compound; Teaching.

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo sintetizar y caracterizar AgNp a partir de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) en extracto de *Mimosa tenuiflora*. La metodología adoptada fue de laboratorio de carácter cuantitativo. Para la elaboración del extracto se utilizó polvo de cascarilla de mimosa más agua destilada. En la síntesis de las nanopartículas se utilizaron 100 mL de 1.0mmol/L ( $\text{AgNO}_3$ ), se calentó en agitación magnética y se goteó 1.0mL de citrato de sodio al 1% sobre la solución de nitrato. Al alcanzar la temperatura ambiente, se añadió a la mezcla el extracto de mimosa. Las nanopartículas se caracterizaron (UV-Vis), en un rango de barrido de 1900-900nm, apertura de hendidura=2,0 nm y solución espectral de 1,0 nm. En cuanto a los resultados, los análisis aislados de las soluciones no mostraron un pico de absorbancia en una escala de longitud de onda visible entre 400 y 600 nm. En el análisis de las mezclas de  $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  y  $\text{AgNO}_3/\text{NaBH}_4$  mostró la formación de picos máximos de absorbancia de 420nm para la solución de nitrato de plata en contacto con el citrato y de 390nm para la solución de nitrato de plata en contacto con el borohidruro. El análisis de la solución  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  y  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{NaBH}_4$  mostró un pico máximo de absorbancia de 450nm para la solución de nitrato de plata/mimosa/citrato y de 400nm para la solución de nitrato de plata/mimosa/borohidruro en una escala de longitud de onda entre 300 a 600 nm. De acuerdo a los resultados encontrados, se puede observar que el extracto de mimosa presenta condiciones ideales para la síntesis y estabilización de nanopartículas.

**Palabras clave:** Nanoestructuras; Síntesis verde; Compuesto de plata; Enseñanza.

## 1. Introdução

A nanotecnologia é uma técnica capaz de manipular a matéria em escala nanométrica possibilitando o controle dos átomos e permitindo a criação de novas estruturas a partir da mesma matéria. Os nanomateriais atualmente são definidos por diferentes agências internacionais com base em sua função, forma, carga, proporção de área superficial, volume e outras propriedades físicas ou químicas (B. Dias et al., 2021). Assim, a nanotecnologia tem atraído à atenção de pesquisadores devido o impacto que os produtos nanoestruturados podem causar na melhoria da qualidade de vida das pessoas (Almeida et al., 2021).

A nanotecnologia é responsável pela produção e estudos das nanopartículas (Guimarães et al., 2021). Entre elas, as nanopartículas de prata (AgNPs), material com diversas aplicações, amplamente pesquisado devido às suas características físicas e químicas. As AgNps apresentam superioridade decorrente principalmente do tamanho, forma, composição, cristalinidade e estrutura, em comparação às suas formas iniciais (Lee e Jun, 2019). Por apresentarem excelente atividade antimicrobiana, as nanopartículas de prata desperta grande interesse na utilização biomédica (Freire et al., 2018).

As nanopartículas são estruturas com tamanho entre 1 a 100 nanômetros (nm) que podem ser sintetizadas por métodos físicos, químicos e biológicos. Os métodos físicos e químicos requerem alto aporte energético, geralmente envolvendo o uso de substâncias tóxicas com geração de subprodutos perigosos (Almeida et al., 2021). Ao contrário a síntese biológica de nanopartículas de prata oferece vantagens pelo rápido e alto rendimento em relação aos métodos convencionais. O método utilizando extratos vegetais, ou síntese verde, envolve reações químicas dos fitocompostos presentes no extrato com o nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) (Islam et al., 2021).

Dada as vantagens em termos de utilização de equipamentos e custos operacionais, a síntese verde pode ser utilizada para se obter variada configurações e escalas métricas de nanopartículas, caracterizando-a como uma estratégia inovadora, confiável e segura para o meio ambiente (Tonet et al., 2019). Neste tipo de síntese, são frequentemente utilizados extratos de plantas, pois normalmente não apresentam toxicidade, quando comparadas a outras espécies de seres vivos como algas e bactérias (Lhullier et al., 2020). Além disso, os extratos provenientes das plantas apresentam uma diversidade de metabólitos secundários com alto potencial antioxidante que proporciona a estabilização das nanopartículas em meio aquoso (B. Bavaresco et al., 2020).

Várias pesquisas têm utilizado a síntese verde como uma alternativa viável e sustentável para a produção de AgNP por meio da utilização de extratos obtidos de diversas partes de variadas plantas. Entretanto, não foi encontrada na literatura a utilização de extratos de *Mimosa tenuiflora*. Devido a alta concentração de metabólitos secundários, as cascas dessa planta

apresenta grande potencial para serem utilizadas na síntese de AgNP (Fatima et al., 2016).

Nesse contexto o objetivo da pesquisa foi sintetizar e caracterizar nanopartículas de prata (AgNps) a partir do nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) em extrato de *Mimosa tenuiflora*.

## 2. Metodologia

A pesquisa adotou a metodologia laboratorial de natureza quantitativa, observou os fenômenos e analisou os elementos encontrados com a finalidade de estabelecer relações quantitativas entre eles (Pereira et al., 2018).

Para obtenção do extrato de *Mimosa tenuiflora* foram utilizadas 0,5g do pó da casca acrescido de 30 mL de água destilada. O extrato foi filtrado utilizando um filtro de papel.

Para a síntese das AgNP foi usado 100mL de Nitrato de Prata ( $\text{AgNO}_3$ ) 1,0mmol/L, aquecido em agitação magnética numa chapa aquecedora. Ao atingir a ebulição foi gotejada gota a gota 1,0mL de Citrato de sódio 1% sobre a solução de nitrato de prata. O gotejamento ocorreu sob aquecimento e agitação magnética constante.

Ao longo do gotejamento a mistura mudou de cor, indicando a redução da prata  $\text{Ag}^+$  para Ag com a formação de nanopartículas, ao atingir a coloração amarelo esverdeado interrompeu-se o aquecimento da chapa aquecedora mantendo-se em agitação magnética. Ao atingir a temperatura ambiente de 25°C (graus célsius) adicionou-se à mistura o extrato de *Mimosa tenuiflora* obtendo-se uma mistura de  $\text{AgNO}_3$ /citrato/extrato de Mimosa.

Após 15 minutos em descanso a mistura  $\text{AgNO}_3$ /citrato/extrato de Mimosa foi armazenada em fracos âmbar e posteriormente submetida à espectroscopia de infravermelho (UV-Vis) para confirmação e caracterização das nanopartículas de prata (AgNPs). Os espectros foram obtidos por meio de um espectrofômetro modelo UV-6100S da Allacom com feixe duplo. Os parâmetros de análises foram em uma faixa de varredura 1900-900nm, abertura de fenda =2,0 nm e solução espectral de 1,0 nm. Foram utilizadas cubetas de quartzo com caminho óptico de 1,0 cm.

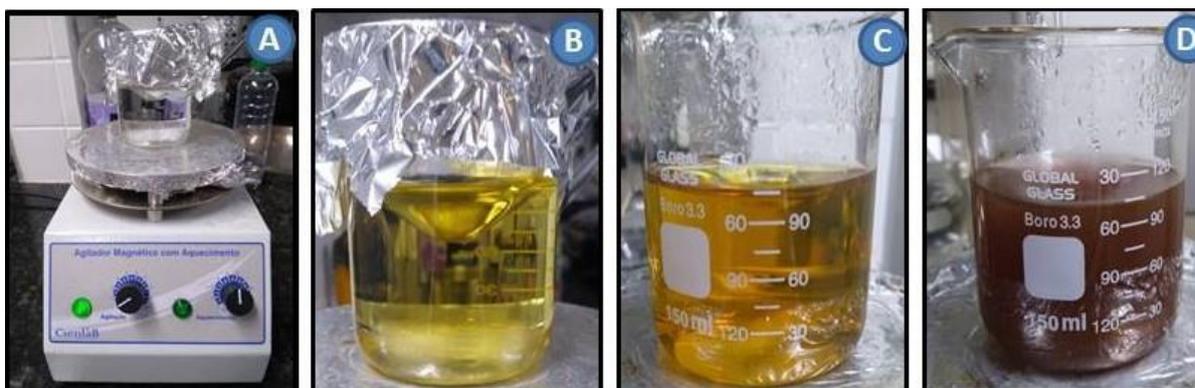
## 3. Resultados

A formação de AgNps ocorreram a partir do nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) acrescido de citrato e extrato de (*Mimosa tenuiflora*) como agente redutores e estabilizadores. A estabilização das nanopartículas acontece devido à presença de polifenóis, substâncias orgânicas que combinam várias ligações químicas de hidrogênio e oxigênio e evita a agregação entre as moléculas.

A partir do gotejamento do citrato de sódio sobre o  $\text{AgNO}_3$  e a adição do extrato de Mimosa houve o processo de formação e estabilização das AgNPs. A formação de nanopartículas ocorreu em fase de transição observada pela mudança de coloração da mistura (Figura 1).

A mudança de cor para o amarelo esverdeado observado pela formação das AgNps é resultante da absorção da radiação eletromagnética em ressonância com os plasmons de superfície das mesmas nanopartículas. A solução padrão de cor amarela indica o tamanho e ausência de aglomeração das AgNPs que muda gradativamente para uma coloração mais turva e depois para uma coloração mais escura.

**Figura 1** - Aspecto visível da mudança de cor da solução de AgNp ao longo do gotejamento de citrato.



Fonte: Autores (2022).

O procedimento descrito possibilitou a obtenção de uma solução coloidal de nanopartículas de prata de coloração amarelo esverdeado. A estabilidade observada na solução se deve ao fato que as nanopartículas sintetizadas estão em suspensão evitando agregarem-se e formarem partículas maiores. A garantia da estabilidade só foi possível devido o rigoroso controle do tempo de agitação, quantidade relativa e a pureza dos reagentes.

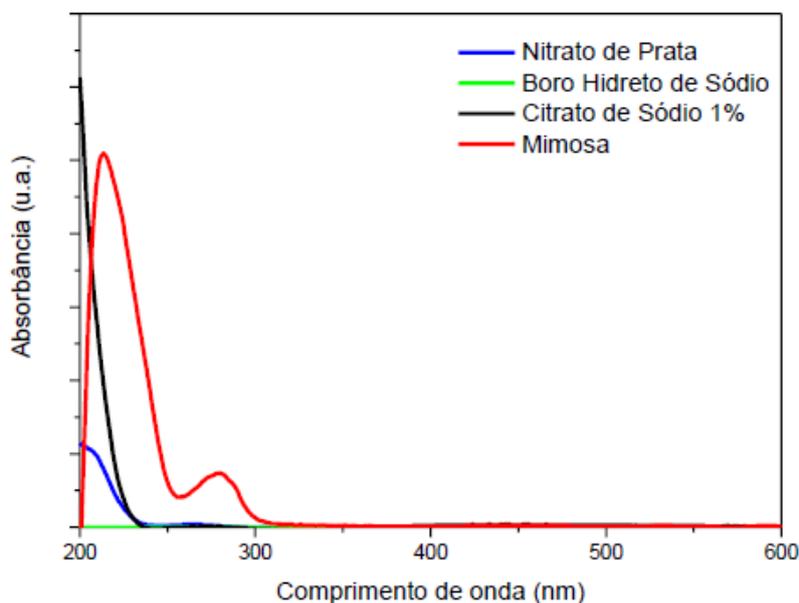
A caracterização das nanopartículas por espectroscopia no ultravioleta visível (UV/vis) possibilitou determinar a concentração das substâncias da solução. As nanopartículas metálicas apresentam comportamento óptico observável em decorrência da forma e tamanho, isto proporciona absorções em regiões distintas do espectro visível denominadas bandas plasmons que é a Ressonância de Plasmons de Superfície (RPS). Quanto à estabilização e as dimensões das nanopartículas encontradas, os resultados convergem com estudos publicados sobre a formação de nanopartículas de prata e citrato (Aldayel et al., 2022).

Os resultados encontrados apontam a redução química do  $\text{AgNO}_3$  na presença do citrato como agente redutor e as biomoléculas presente no extrato de mimosa atuou como agente estabilizador, revestindo as nanopartículas (Câmara et al., 2021). Diversos estudos mostram que extratos vegetais tem capacidade de reduzir e estabilizar nanopartículas, dispensando, dessa forma, a utilização de solventes tóxicos e nocivos aos seres vivos e ao meio ambiente (Álvarez et al., 2017). O processo de síntese aplicado nesta pesquisa além de ser um processo rápido, simples e econômico não utilizou produtos com alta toxicidade sendo compatível para o uso em produtos biomédicos de aplicação farmacológica (Bruniera et al., 2020).

De modo geral, a pesquisa foi satisfatória quanto às condições de síntese e testes realizados no processo de caracterização. A caracterização por espectroscopia de absorção no UV-Vis possibilitou avaliar a qualidade morfológica das nanopartículas formadas. Após a síntese, observou a formação de nanopartículas com diâmetro aproximadamente de 10 nm, associado diretamente à posição máxima de absorção pela banda plasmônica que foi de  $\lambda \cong 420\text{nm}$  para AgNp. O tamanho médio encontrado está situado no intervalo geralmente aceito para aplicação biológica, entre (1 e 100 nm) (D. V. S. Dias et al., 2021).

Na análise isoladas das soluções nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), Borohidreto ( $\text{NaBH}_4$ ), citrato de sódio ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) e extrato de mimosa não apresentou pico de absorbância em uma escala de comprimento de ondas no visível entre 400 e 600 nm. A ausência de absorbância formadora de picos na escala referida implica que não há presença de nanopartículas nas soluções analisadas isoladamente (Figura 2).

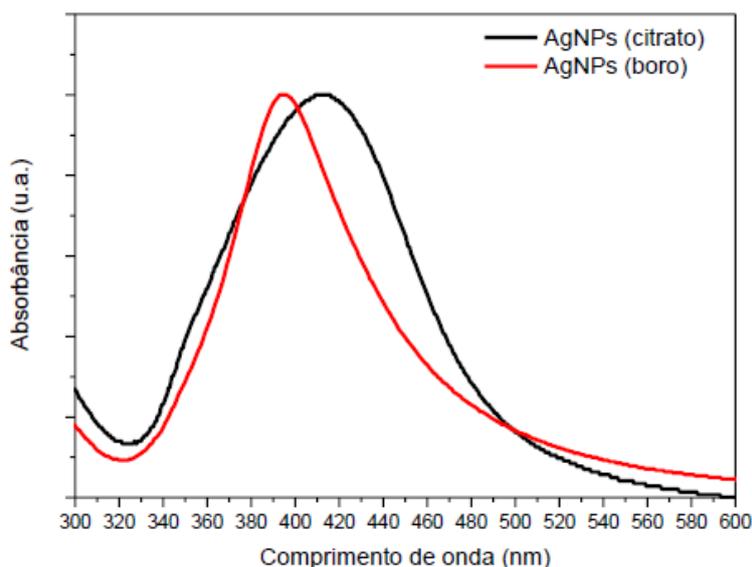
**Figura 2** – Espectro de absorção na região do infravermelho referente às soluções nitrato de prata, borohidreto, citrato de sódio de mimosa.



Fonte: Autores (2022).

Já na análise das misturas de  $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  e  $\text{AgNO}_3/\text{NaBH}_4$ , os quais o nitrato combina rapidamente com outros átomos e moléculas, o citrato de sódio com poder estabilizante e o borohidreto como agente redutor mostrou a formação de picos máximos de absorbância de 420nm para a solução de nitrato de prata em contato citrato e de 390nm na solução de nitrato de prata em contato com o borohidreto. A absorbância observado pala formação dos picos indicam a formação de nanopartículas de prata (Figura 3).

**Figura 3** – Espectro de absorção na região do infravermelho referente às soluções ( $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) e ( $\text{AgNO}_3/\text{NaBH}_4$ ).

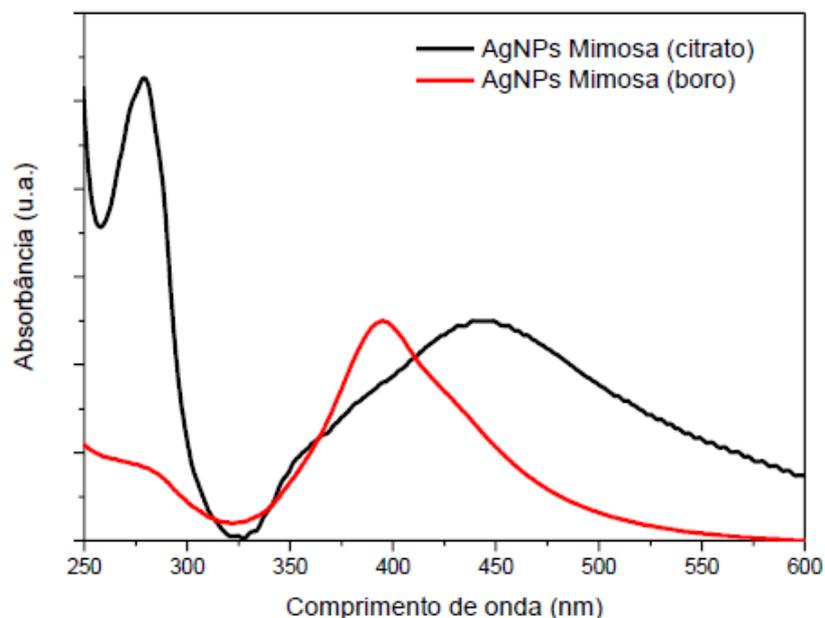


Fonte: Autores (2022).

A análise da solução  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  e  $\text{AgNO}_3/\text{mimosa}/\text{NaBH}_4$  apresentou pico máximo de absorbância de 450nm para a solução de nitrato de prata/mimosa/citrato e de 400nm para a solução de nitrato de prata/mimosa/borohidreto

em uma escala de comprimento de onda entre 300 a 600nm. Para as duas soluções identificou a formação de nanopartícula de prata indicando que o extrato de mimosa é capaz de estabilizar AgNps (Figura 4).

**Figura 4** – Espectro de absorção na região do infravermelho referente às soluções ( $\text{AgNO}_3/\text{Mimosa}/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) e ( $\text{AgNO}_3/\text{Mimosa}/\text{NaBH}_4$ ).



Fonte: Autores (2022).

Baseada nas medidas de absorção e transmissão de radiação eletromagnética nas regiões ultravioleta e visível do espectro eletromagnético, mostrou a presença de AgNPs em *Mimosa tenuiflora* no pico atribuída a (RPS) ou oscilação ressonante dos elétrons das nanopartícula na presença da luz. O pico formado na análise por UV/vis indica que o extrato de mimosa é eficiente na estabilização de AgNPs.

#### 4. Discussão

A pesquisa utilizou a metodologia de síntese verde de AgNPs a partir de extrato de *Mimosa tenuiflora*.

É possível concluir que a síntese verde de AgNPs a partir de extrato de mimosa é uma proposta alternativa ecologicamente correta quando comparada aos métodos tradicionais de síntese desse tipo de nanopartículas. Este metal surge como um elemento promissor amplamente utilizado em diversas aplicações (Durán, 2019). Em condições nano apresenta propriedades químicas e físicas mais eficientes do que em seu estado natural.

Os metais apresentam propriedade específicas, assim, as nanopartículas sintetizadas e estabilizadas nesta pesquisa apresentam-se em uma faixa de comprimento de onda entre 300 e 800nm apresentam picos de absorbância semelhantes aos encontrados na pesquisa de (Dong et al., 2021) e (Houllou et al., 2019) com banda respectivamente compatível com as excitações dos plasmons de superfícies.

A análise de absorbância da solução de nitrato de prata e citrato ( $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), apresentou um pico máximo de absorção em um comprimento de onde de 420 nm e a solução de nitrato de prata e borohidreto um pico máximo em um comprimento de onde de 390 nm, deslocando se um pouco para a esquerda em relação a solução de nitrato de prata/citrato. A diferença no deslocamento do gráfico pode esta relacionada ao tamanho das nanopartículas, visto que as bandas (RPS) são muito sensíveis ao tamanho das partículas sintetizadas, a forma e a presença de biomoléculas do extrato vegetal (Ruttkey-

Nedecky et al., 2019).

As soluções contendo extrato de mimosa apresentaram picos de 450 nm na presença do citrato e de 400nm na presença do borohidreto. Com isso, é importa ressaltar que os parâmetros para sintetizar e estabilizar as AgNp depende da natureza como concentração do nitrato de prata, do extrato vegetal, duração e temperatura aplicada no processo de síntese. Tais fatores interferem diretamente na mudança de coloração, suspensão e identidade das partículas suspensas (Boriollo et al., 2020).

De acordo com os resultados encontrados e a identificação do pico de absorvância em uma escala de comprimento de ondas, pode-se observar que o extrato de mimosa apresenta condições ideais para a síntese e estabilização de nanopartículas, semelhantes os resultados encontrados no estudo de (Cabral et al., 2020).

## 5. Considerações Finais

A pesquisa apresentou AgNp provenientes do processo de síntese verde utilizando o extrato de *Mimosa tenuiflora*, a síntese mostrou que as nanopartículas foram obtidas pela redução da  $Ag^+$  por meio da reação entre o extrato e o  $AgNO_3$ . O resultado indica que o objetivo proposto foi alcançado, elegendo a estratégia de síntese verde como uma alternativa promissora para produção das nanopartículas em substituição aos reagentes tóxicos convencionais.

Conforme descrito na literatura, a técnica de espectroscopia na região visível (UV-vis) utilizada nesta pesquisa confirmou que houve formação de AgNp. Isto foi possível porque as nanopartículas formadas apresentam espectros eletromagnéticos característicos devido à ressonância plasmônica de superfícies (RPS). Outro fator considerado conclusivo para a formação das nanopartículas foi a mudança de cor do amarelo para a cor âmbar, devido à redução do sal de prata pelos agentes redutores presentes no extrato.

A redução do  $AgNO_3$  em extrato de *Mimosa tenuiflora* se mostrou eficiente para a formação e estabilização das AgNp pelo o UV-vis. No entanto, sugere-se que para trabalhos futuros sejam aplicadas mais técnicas de caracterização como Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), Potencial Zeta, Análise por rastreamento de nanopartículas (NTA) e Estudos Espectroscopias de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

## Referências

- Aldayel, F. M., Alsobeg, M. S., & Khalifa, A. (2022). In vitro antibacterial activities of silver nanoparticles synthesised using the seed extracts of three varieties of Phoenix dactylifera. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e242301. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.242301>
- Almeida, A.-S. F. de, Corrêa Junior, A., & Bentes, J. L. da S. (2021). Synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) by Fusarium concolor and inhibition of plant pathogens. *Summa Phytopathologica*, 47(1), 9–15. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/235097>
- Álvarez, A., Poejo, J., Matias, A. A., Duarte, C. M. M., Cocero, M. J., & Mato, R. B. (2017). Microwave pretreatment to improve extraction efficiency and polyphenol extract richness from grape pomace. Effect on antioxidant bioactivity. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.007>
- B. Bavaresco, J., Bandeira, M., S. Raota, C., S. Crespo, J., & Giovanela, M. (2020). Síntese verde de nanopartículas de prata a partir do extrato de folhas de erva-mate (Ilex paraguariensis). *Scientia cum Industria*, 8(1), 39–45. <https://doi.org/10.18226/23185279.v8iss1p39>
- Boriollo, M. F. G., Alves, V. E., Silva, T. A., Silva, J. J., Barros, G. B. S., Dias, C. T. S., Höfling, J. F., & Oliveira, N. M. S. (2020). Decrease of the DXR-induced genotoxicity and nongenotoxic effects of Theobroma cacao revealed by micronucleus assay. *Brazilian Journal of Biology*. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.223687>
- Bruniera, J. F. B., Gabriel-Silva, L., Goulart, R. S., Silva-Sousa, Y. T. C., Lara, M. G., Pitondo-Silva, A., & Miranda, C. E. S. (2020). Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Evaluation of Silver Nanoparticles for an Intracanal Dressing. *Brazilian Dental Journal*, 31(5), 485–492. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202003897>
- Cabral, A. A., Araújo, H. W. C. de, & Almeida, M. M. de. (2020). Biossorção de íons cobre utilizando a casca de mimosa tenuiflora / biosorption of copper ion using the mimosa tenuiflora bark. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 77963–77982. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-285>
- Câmara, N. L. A. da S., Viana, D. dos S. F., & Viana, V. G. F. (2021). Síntese e caracterização de nanopartículas de prata estabilizada em extrato de Struthanthus Flexicaulis Mart. (Erva-de-Passarinho). *Research, Society and Development*, 10(14), e146101421983. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21983>

- Dias, B., Ribeiro, E., Gonçalves, R., Oliveira, D., Ferreira, T., & Silva, B. (2021). A nanotecnologia no brasil e o desenvolvimento de produtos com atividade antimicrobiana. *Química Nova*. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170743>
- Dias, D. V. S., Zancanella, C. A., Bandeira, D. M., Correa, J. M., Pinto, F. G. da S., & Eising, R. (2021). Síntese verde de nanopartículas de prata utilizando extrato metanólico de *Podocarpus lambertii* Klotzch ex Endl / Green synthesis of silver nanoparticles using methanol extract of *Podocarpus lambertii* Klotzch ex Endl. *Brazilian Journal of Development*, 7(4), 42062–42072. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-595>
- Dong, B., Xue, N., Mu, G., Wang, M., Xiao, Z., Dai, L., Wang, Z., Huang, D., Qian, H., & Chen, W. (2021). Synthesis of monodisperse spherical AgNPs by ultrasound-intensified Lee-Meisel method, and quick evaluation via machine learning. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105485. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105485>
- Durán, A. B., et al. (2019). Nanotoxicologia de nanopartículas de prata: toxicidade em animais e humanos. *Química Nova*, 42, 206–213. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422019000200206&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422019000200206&lang=pt)
- Fatima, M., Zaidi, N.-S. S., Amraiz, D., & Afzal, F. (2016). In Vitro Antiviral Activity of Cinnamomum cassia and Its Nanoparticles Against H7N3 Influenza A Virus. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(1), 151–159. <https://doi.org/10.4014/jmb.1508.08024>
- Freire, N. B., Pires, L. C. S. R., Oliveira, H. P., & Costa, M. M. (2018). Atividade antimicrobiana e antibiofilme de nanopartículas de prata sobre isolados de *Aeromonas* spp. Obtidos de organismos aquáticos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(2), 244–249. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-pvb-4805>
- Guimarães, M. L., Amarante, J. F., & Oliveira, H. P. de. (2021). A importância dos óleos essenciais na síntese verde de nanopartículas metálicas. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(3), e13053. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13053>
- Houllou, L. M., De Souza, R. A. B., Malafaia, C. B., Paixão, D. L. M. da, Araújo, A. T. B. de, Silva, M. G., & Duarte, G. C. S. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using leaf extract from *Tabebuia roseoalba* and *T. pentaphylla*. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 216–222. <https://doi.org/10.24221/jeap.4.3.2019.2523.216-222>
- Islam, A., Mandal, C., & Habib, A. (2021). Antibacterial potential of synthesized silver nanoparticles from leaf extract of *Moringa oleifera*. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*, 4(1), 67. <https://doi.org/10.5455/jabet.2021.d108>
- Lee, S., & Jun, B.-H. (2019). Silver Nanoparticles: Synthesis and Application for Nanomedicine. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(4), 865. <https://doi.org/10.3390/ijms20040865>
- Lhullier, C., Moritz, M. I. G., Tabalipa, E. O., Sardá, F. N., Schneider, N. F. Z., Moraes, M. H., Constantino, L., Reginatto, F. H., Steindel, M., Pinheiro, U. S., Simões, C. M. O., Pérez, C. D., & Schenkel, E. P. (2020). Biological activities of marine invertebrates extracts from the northeast brazilian coast. *Brazilian Journal of Biology*, 80(2), 393–404. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.213678>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. *Metodologia da pesquisa científica, 1ª Edição*, 119.
- Ruttkey-Nedecky, B., Skalickova, S., Kepinska, M., Cihalova, K., Docekalova, M., Stankova, M., Uhlirova, D., Fernandez, C., Sochor, J., Milnerowicz, H., Beklova, M., & Kizek, R. (2019). Development of New Silver Nanoparticles Suitable for Materials with Antimicrobial Properties. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 19(5), 2762–2769. <https://doi.org/10.1166/jnn.2019.15867>
- Tonet, A., Zara, R. F., & Tiuman, T. S. (2019). Atividade biológica e quantificação de compostos bioativos em extrato de erva-mate e sua aplicação em hambúrguer de peixe. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22, e2018054. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.05418>