

SÍNTESE VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA MEDIA-DA POR EXTRATO AQUOSO E ETANÓLICO DE FOLHAS DE *EUGENIA INVOLUCRATA* – CARACTERIZAÇÃO

Recebido em: 19/11/2024

Aceito em: 26/03/2025

DOI: 10.25110/arqsaude.v28i3.2024-11731



Tatiane Satie Sato¹
Renato Eising²
Inara Satub Prochnau³

RESUMO: A nanotecnologia tem-se demonstrado ser um campo de crescente interesse devido às suas promissoras aplicações nas mais diferentes áreas do conhecimento. Dentro da nanotecnologia, as nanopartículas metálicas, especialmente as de prata (AgNPs), destacam-se por suas diversas propriedades e usos. A obtenção de nanopartículas de prata pode ser realizada por métodos convencionais, com limitações, contudo há método alternativos como a síntese verde mediada por plantas, que têm mostrado ser promissora. Considerando o processo de síntese este estudo propõe avaliar o uso de extratos de folhas de *Eugenia involucrata* na síntese verde de nanopartículas de prata. Os extratos foram preparados através de turbólise e determinados o teor de constituintes extraíveis, pH, compostos fenólicos e espectros na região do infravermelho. A síntese foi conduzida variando os parâmetros relacionados a solvente extrator, concentração e pH dos extratos no meio reacional e a formação da banda de ressonância plasmônica de superfície foi realizada via espectrofotometria UV-Vis. Além disso, os extratos foram caracterizados por espectrofotometria com transformada de Fourier e microscopia eletrônica de transmissão. Ambos os extratos apresentaram características ácidas, com uma quantificação de compostos fenólicos superior à relatada na literatura. No que tange à síntese, os resultados indicaram que ambos os extratos possuem compostos capazes de reduzir íons de prata de forma eficaz, sendo que em pH alcalino o processo de síntese é favorecido, resultando na formação de nanopartículas de prata de menor diâmetro. Este estudo confirmou o potencial das folhas de *E. involucrata* na síntese de nanopartículas de prata.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia; Síntese verde; Cerejeira-do-mato; pH alcalino.

GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES MEDIATED BY AQUEOUS AND ETHANOLIC EXTRACT OF *EUGENIA INVOLUCRATA* LEAVES – CHARACTERIZATION

ABSTRACT: Nanotechnology has proven to be a growing field of interest due to its promising applications across various disciplines. Within nanotechnology, metallic nanoparticles, especially silver nanoparticles (AgNPs), stand out due to their diverse

¹ Mestre em Tecnologias em Biociências. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

E-mail: tatianesatomn@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1278-6824>

² Doutor em Química. Universidade Federal de Santa Catarina.

E-mail: renatoeising@utfpr.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2288-4997>

³ Doutora em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

E-mail: inara.prochnau@pucpr.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4128-6944>

properties and applications. The synthesis of silver nanoparticles can be performed by conventional methods, which have limitations; however, alternative approaches, such as plant-mediated green synthesis, have shown considerable promise. In this context, this study aims to evaluate the use of *Eugenia involucrata* leaf extracts in the green synthesis of silver nanoparticles. The extracts were prepared through turbolysis, and the content of extractable constituents, pH, phenolic compounds, and infrared spectra were analyzed. The synthesis was conducted by varying the parameters related to the extracting solvent, concentration, and pH of the extracts in the reaction medium while monitoring the formation of the surface plasmon resonance band via UV-Vis spectrophotometry. Additionally, the extracts were characterized using Fourier transform spectrophotometry and transmission electron microscopy. Both extracts exhibited acidic characteristics, with a quantification of phenolic compounds higher than reported in the literature. Regarding the synthesis, the results indicated that both extracts contain compounds capable of effectively reducing silver ions, with the synthesis process being favored at alkaline pH, resulting in the formation of silver nanoparticles with smaller diameters. This study confirmed the potential of *E. involucrata* leaves in the synthesis of silver nanoparticles.

KEYWORDS: Nanotechnology; Green synthesis; Cherry; Alkaline pH.

SÍNTESES VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA MEDIADA POR EXTRACTO ACUOSO Y ETANÓLICO DE HOJAS DE *EUGENIA INVOLUCRATA* – CARACTERIZACIÓN

RESUMEN: La nanotecnología ha demostrado ser un campo de creciente interés debido a sus prometedoras aplicaciones en diversas áreas del conocimiento. Dentro de la nanotecnología, las nanopartículas metálicas, especialmente las de plata (AgNPs), destacan por sus diversas propiedades y aplicaciones. La obtención de nanopartículas de plata puede realizarse mediante métodos convencionales, los cuales presentan limitaciones; sin embargo, existen métodos alternativos, como la síntesis verde mediada por plantas, que han demostrado ser altamente prometedores. En este contexto, el estudio propone evaluar el uso de extractos de hojas de *Eugenia involucrata* en la síntesis verde de nanopartículas de plata. Los extractos fueron preparados mediante turbolisis y se determinó el contenido de constituyentes extraíbles, pH, compuestos fenólicos y espectros en la región del infrarrojo. La síntesis se llevó a cabo variando los parámetros relacionados con el solvente extractor, la concentración y el pH de los extractos en el medio reaccional, y la formación de la banda de resonancia plasmónica de superficie fue monitoreada mediante espectrofotometría UV-Vis. Además, los extractos fueron caracterizados mediante espectrofotometría de transformada de Fourier y microscopía electrónica de transmisión. Ambos extractos presentaron características ácidas, con una cuantificación de compuestos fenólicos superior a la reportada en la literatura. En cuanto a la síntesis, los resultados indicaron que ambos extractos contienen compuestos capaces de reducir iones de plata de manera eficaz, siendo que en pH alcalino el proceso de síntesis es favorecido, resultando en la formación de nanopartículas de plata de menor diámetro. Este estudio confirmó el potencial de las hojas de *E. involucrata* en la síntesis de nanopartículas de plata.

PALABRAS CLAVE: Nanotecnología; Síntesis verde; Cerezo silvestre; pH alcalino.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia tem-se tornado um campo de estudo de interesse global, dada a promissora aplicação dos materiais e compostos associados a essa área (Rahman *et al.*, 2023). A expansão dessa área do conhecimento pode estar associada a parcerias multidisciplinares entre setores acadêmicos e industrial, neste campo, destacam-se as nanopartículas metálicas, na qual apresentam diversas propriedades e funcionalidades. Entre as nanopartículas metálicas mais estudadas, as nanopartículas de prata (AgNPs) tem-se demonstrado objeto de estudo de pesquisas em diferentes áreas do conhecimento (Najahi-Missaoui *et al.*, 2021).

Ao correlacionar as propriedades das nanopartículas de prata frente as suas aplicações, é necessário a avaliação da rota de síntese para obtenção dessas nanopartículas. A síntese de nanopartículas de prata pode ser obtida por métodos físicos ou métodos químicos, ambos se enquadram como métodos convencionais. Embora estes métodos sejam amplamente descritos em literatura, os mesmos apresentam desvantagens e limitações (Gudikandula; Charya Maringanti, 2016; Lee; Jun, 2019; Zhang *et al.*, 2016).

Ao considerar as desvantagens e limitações dos métodos convencionais de síntese de nanopartículas de prata, métodos alternativos tem se demonstrado promissores, principalmente no que tange a aplicação de métodos mais econômicos, simples, rápidos e ambientalmente amigáveis (Lee; Jun, 2019). Neste sentido, a síntese verde de nanopartículas de prata mediada por plantas tem-se destacado, já que possui uma abordagem similar ao método químico, porém ao invés da utilização de reagentes tóxicos, utiliza-se dos compostos presentes nas plantas para a formação das nanopartículas, sem a adição de produtos químicos cuja toxicidade pode comprometer a aplicabilidade do produto final (Zhang *et al.*, 2023). Ademais, as vantagens da síntese verde consistem em uma abordagem por um método simples, de baixo custo, rápido e sem uso de solventes tóxicos, ou seja, ambientalmente amigáveis, o que por sua vez demonstra-se uma área em potencial para o desenvolvimento de pesquisas (Geetha *et al.*, 2013; Hamida *et al.*, 2021; Rónavári *et al.*, 2021).

Neste contexto, a presente pesquisa propôs a avaliação do potencial do uso de extratos de folhas de *Eugenia involucrata* na obtenção de nanopartículas de prata, por meio de síntese verde.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Coleta e identificação do material vegetal

A coleta das folhas da *Eugenia involucrata* foi realizada no município de Toledo, região oeste do Paraná (S 24°43'34.529", W 53°44'41.189"), na qual uma amostragem do material botânico (exsicata), foi depositada e registrada no herbário central da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (HUCP 245630).

2.2 Preparo do extrato aquoso e etanólico

As folhas foram submetidas à secagem em estufa de circulação de ar em temperatura de 40°C por quatro dias. As folhas secas foram moídas em moinhos de facas (Tecnal, TE-650).

A partir desse material, foram preparados extratos na proporção de 1:10 (amostra vegetal: solvente), pelo método de turbólise por 10 minutos, empregando como solvente álcool etílico 99% e água destilada.

2.3 Determinação de teor de constituintes extraíveis (resíduo seco)

Para a determinação de teor de constituintes extraíveis foi realizado tal qual método da Farmacopeia Brasileira (ANVISA, 2010).

2.4 Determinação do potencial hidrogeniônico dos extratos

A aferição do potencial hidrogeniônico dos extratos foi realizada em triplicata, a temperatura de 25°C em potenciômetro, previamente calibrado (Hana, modelo HI - 2222).

2.5 Determinação do teor de compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos foi realizada pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, que envolve a redução do reagente por compostos fenólicos presentes na amostra vegetal. A metodologia adotada foi conforme metodologia descrita por Sato *et al.* (2018).

2.6 Análise de espectrofotometria na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) dos extratos

A análise de espectrofotometria na região do infravermelho foi realizada em espectrômetro Perkin Elmer®, utilizando o acessório de reflexão total atenuada (ATR -

Attenuated Total Reflectance), que possui sensor de diamante, na faixa espectral de 4000-650 cm^{-1} com resolução de 2 cm^{-1} e 32 scans. Os extratos foram dispersos em 100 μL de água destilada.

2.7 Preparo dos extratos para a síntese de nanopartículas de prata

Após passar pelo processo de rotaevaporação os extratos das folhas de *E. involucrata* foram congelados e liofilizados. Os extratos liofilizados foram ressuspensos em água destilada, filtrados e diluídos sucessivamente até obtenção das concentrações de trabalho (0,5 mg/mL e 1,0 mg/mL).

Para cada extrato, nas duas concentrações, foi determinado o potencial hidrogênionico (pH). Alíquotas foram separadas de cada extrato, uma das alíquotas manteve-se o pH obtido, sem ajuste e a segunda alíquota foi realizado ajuste de pH com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L para obtenção de pH básico (pH 11).

2.8 Síntese de nanopartículas de prata

Para a etapa de síntese de nanopartículas de prata, o solvente extrator, o pH do extrato e concentração de extrato foram considerados variáveis importantes para o processo de síntese. Na Tabela 1 estão apresentadas as condições avaliadas e as denominações de identificação.

Tabela 1: Condições elencadas para a síntese de nanopartículas de prata.

Solvente extrator	pH do extrato	Concentração do extrato (mg/mL)	Identificação da amostra
Aquoso	Sem ajuste de pH	0,5	EA1
	Em pH 11		EA1*
	Sem ajuste de pH	1,0	EA2
	Em pH 11		EA2*
Etanólico	Sem ajuste de pH	0,5	EE1
	Em pH 11		EE1*
	Sem ajuste de pH	1,0	EE1
	Em pH 11		EE1*

Fonte: os autores (2024).

Para a síntese de nanopartículas de prata foram adicionados, em tubos de vidro, solução aquosa de nitrato de prata (AgNO_3) na concentração fixa de 1×10^{-3} mol/L e extrato, na proporção de 5:1, respectivamente, obtendo volume final no tubo de vidro de 6 mL. Os tubos foram tampados e a reação foi realizada sob temperatura controlada de

25°C ± 2°C ao abrigo da luz. A reação de síntese foi evidenciada pela alteração de cor do meio reacional e monitorada por espectrofotometria UV-visível, em espectrofotômetro FENTO® (Cirrus 80).

2.9 Monitoramento da síntese de nanopartículas de prata

Para monitorar o progresso das reações de síntese foram realizadas varreduras na faixa de 300 a 800 nm, com intervalo de leitura de 1 nm, utilizando cubeta de quartzo com percurso óptico de 1 cm, em espectrofotômetro UV-visível (FENTO®, Cirrus 80). As reações foram monitoradas em diferentes tempos.

2.10 Caracterização das nanopartículas de prata

Para a caracterização das nanopartículas de prata obtidas foram realizadas análises de espectroscopia na região do infravermelho e microscopia eletrônica de transmissão (MET), na qual as amostras foram preparadas em grades de cobre recobertas com filmes de carbono de 200 mesh, gotejando-se 8 vezes 4 µL das nanopartículas de prata.

2.11 Análise estatística dos dados

Para a avaliação de dados quantitativos foi utilizado Microsoft Excel® 2007. Enquanto os dados qualitativos, como gráficos e determinação do tamanho de partículas foram avaliados nos programas OriginPro® 8.5 e ImageJ.

3. RESULTADOS

3.1 Determinação de teor de constituintes extraíveis (resíduo seco) e do potencial hidrogeniônico dos extratos

A Tabela 2 apresenta os dados obtidos na determinação de teor de constituintes extraíveis (resíduo seco) e pH dos extratos.

Tabela 2: Resultados do conteúdo de constituintes extraíveis expresso em porcentagem (%) de resíduo seco e média dos valores de pH obtidos nos extratos aquoso e etanólico

Extrato	Resíduo seco (%)	pH
Aquoso	2,23 ± 0,23 ^a	5,16 ± 0,30 ^a
Etanólico	3,27 ± 1,02 ^a	4,17 ± 1,00 ^a

^a Desvio Padrão Relativo (%).

Fonte: os autores (2024).

A partir dos dados, observa-se que ambos os extratos apresentaram características ácidas. Quanto ao teor de constituintes extraíveis expressos em resíduo seco, o extrato que obteve maior porcentagem foi o extrato etanólico. O maior teor de constituintes extraíveis no extrato etanólico, atribui-se ao fato das características químicas dos compostos, bem como das características de polaridade do solvente extrator, uma vez que o mesmo permite a extração de compostos apolares e polares (Costa, Hoscheid 2018; Moreira *et al.*, 2010).

3.2 Determinação de compostos fenólicos

A determinação de compostos fenólicos, foi realizado por meio da equação da reta “ $y = 0,010x + 0,051$ ”, na qual foi obtida a partir da curva de calibração das soluções padrões de ácido gálico. A curva utilizada para a determinação de compostos fenólicos obteve um coeficiente de correlação linear de $R^2 = 0,995$, os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico por grama de extrato (Tabela 3).

Tabela 3: Média e desvio padrão relativo da determinação de compostos fenólicos expresso em mg de ácido gálico equivalente a g de extrato.

Extrato	Compostos Fenólicos (mg/Eag/g)
Aquoso	228,2 ± 1,60
Etanólico	192,5 ± 0,12

Fonte: os autores (2024).

O extrato aquoso apresentou maior extração de compostos fenólicos quando comparado com o extrato etanólico, isso pode ser atribuído à polaridade dos compostos fenólicos, uma vez que, apresentam características mais polares.

Na presente pesquisa, os teores de compostos fenólicos quantificados pelo método empregando o reativo Folin- Ciocalteau foram maiores aos observados em outros estudos (Infante *et al.*, 2016; Barzotto *et al.*, 2019), corroborando com os dados encontrados em literatura sobre a junção da técnica de extração e dos solventes utilizados para extrair compostos fenólicos.

3.3 Análise de espectrofotometria na região do infravermelho com transformada de Fourier dos extratos

A Figura 1, dispõe dos espectros obtidos na região do infravermelho referentes aos extratos avaliados.

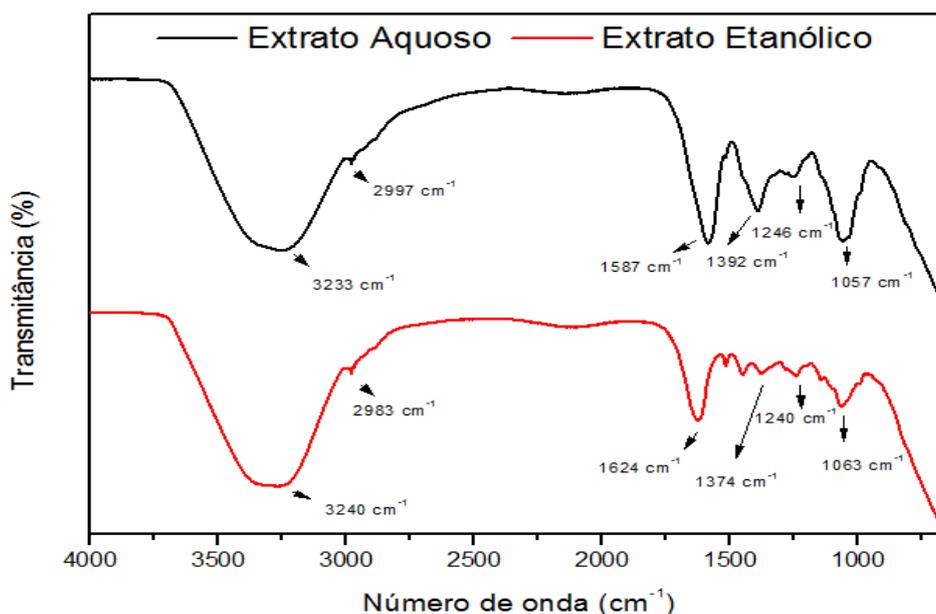


Figura 1: Espectro dos extratos obtidos na região do infravermelho.

Fonte: os autores (2024).

De acordo com o observado ambos os extratos apresentaram bandas de diferentes intensidades ao longo da região avaliada. Na região de 3233 - 3240 cm^{-1} foi visualizado uma região de maior intensidade, essa banda é atribuída ao grupamento hidroxila (-OH) e a banda na região de 1500 a 1625 cm^{-1} pode ser associada a água, uma vez que este solvente foi utilizado para redispersar os extratos. Entretanto, salienta-se que bandas nessa região podem estar associadas a compostos fenólicos, este dado corrobora com o estudo desenvolvido por Grisi *et al.* (2020).

Na região de 2977 a 2983 cm^{-1} visualiza-se uma banda de baixa intensidade, que pode ser atribuída a grupamentos alquila (-CH). A região entre 1400 a 1300 está associado a grupamentos aromáticos. Ainda, observa-se banda de baixa intensidade em ambos os extratos na região de 1200 cm^{-1} , associada a ácidos carboxílicos (-C=O) (Sun *et al.*, 2014). Ademais também observa-se que há diferença na intensidade da banda na região de 1050 a 1070 cm^{-1} entre os extratos, banda nessa região é atribuída a estiramento de álcoois secundários (-C-OH) (Saratale *et al.*, 2018). Esses resultados revelam biomoléculas contendo grupamentos alquila, carbonila, hidroxilas e compostos aromáticos, caracterizando estruturalmente compostos fenólicos.

3.4 Síntese de nanopartículas de prata

Para a determinação do potencial de formação de nanopartículas de prata mediada

por extrato aquoso e etanólico das folhas de *E. involucrata*, a primeira evidência de síntese foi a alteração de coloração do meio reacional.

A alteração de coloração em misturas de meio reacional com extratos e solução aquosa de nitrato de prata, consiste em um dos indícios de formação de nanopartículas de prata por meio do uso de aditivos biológicos, como os extratos vegetais (Alahmad *et al.*, 2021; Erdogan *et al.*, 2019). A mudança de cor e intensidade em função do tempo, é devido a um fenômeno de excitação dos elétrons na superfície das NPs formadas, sendo denominado de ressonância plasmônica de superfície (RPS) (Ahmed *et al.*, 2016b; Joy Prabu; Johnson, 2015).

O monitoramento da síntese foi visualizado por espectrofotometria UV-Visível, as Figuras 2, 3, 4 e 5 reportam os espectros obtidos no monitoramento nos meios reacionais contendo os extratos aquosos e etanólicos.

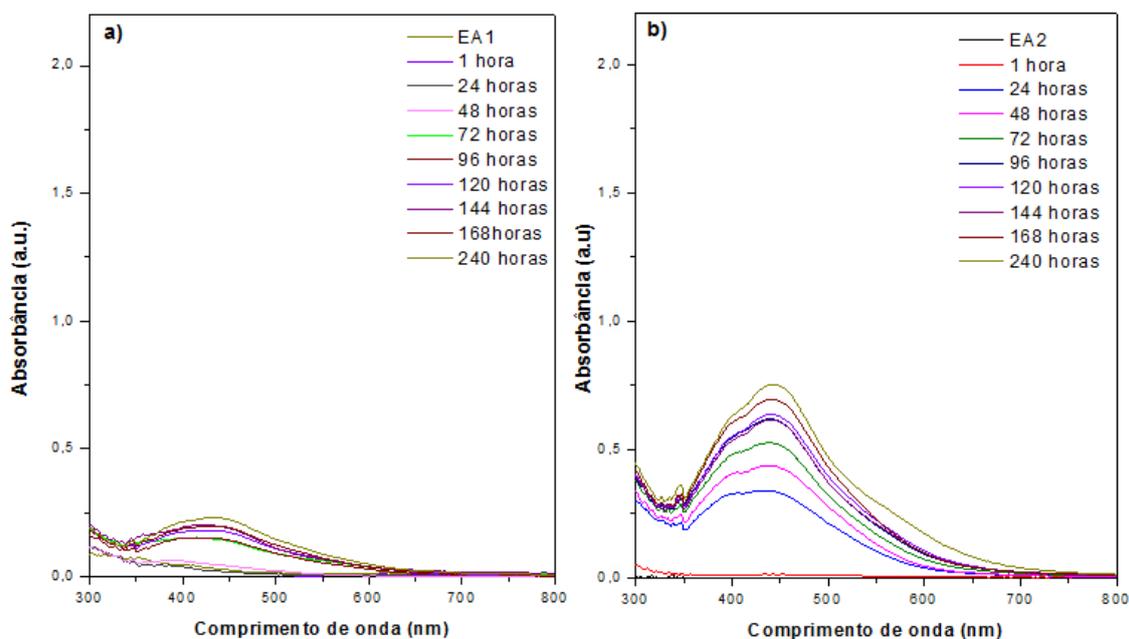


Figura 2: Gráficos de absorbância versus comprimento de onda comparando as condições com extrato aquoso na concentração 0,5 mg/mL sem ajuste de pH - EA1 (a) e extrato aquoso na concentração 1,0 mg/mL sem ajuste de pH - EA2 (b).

Fonte: os autores (2024).

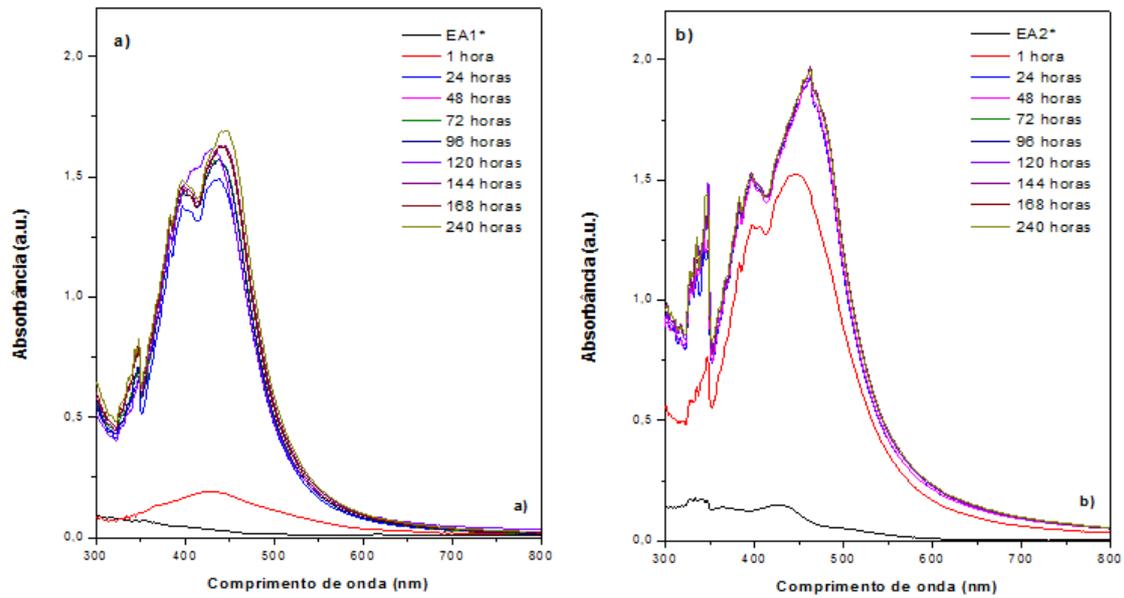


Figura 3: Gráficos de absorbância versus comprimento de onda comparando as condições com extrato aquoso na concentração 0,5 mg/mL em pH 11 - EA1* (a) e extrato aquoso na concentração 1,0 mg/mL em pH 11 - EA2* (b).

Fonte: os autores (2024).

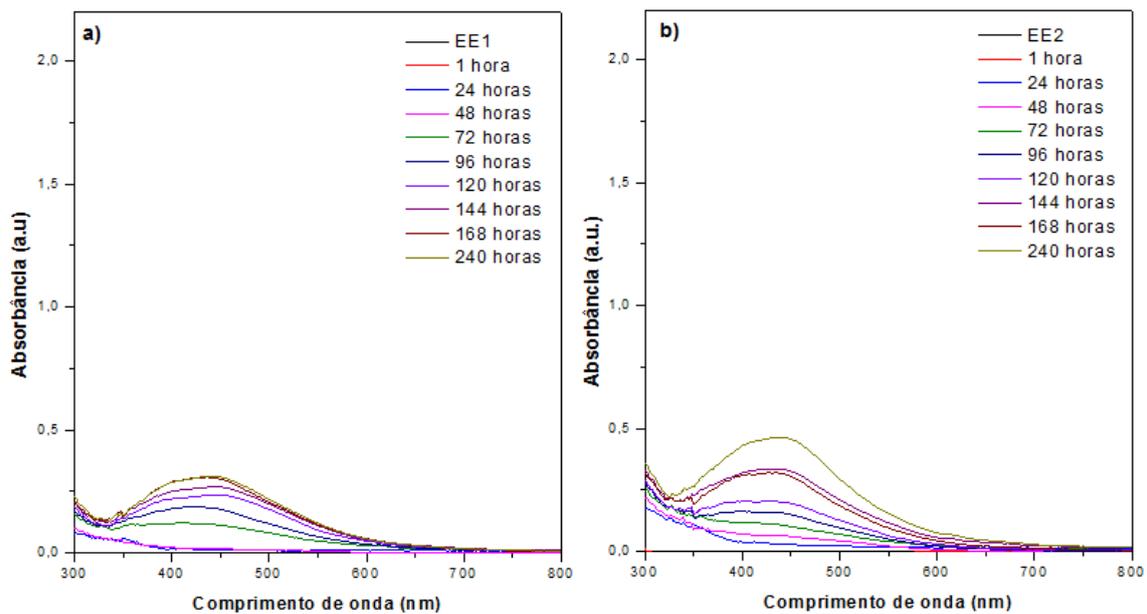


Figura 4: Gráficos de absorbância versus comprimento de onda comparando as condições com extrato etanólico na concentração 0,5 mg/mL sem ajuste de pH - EE1 (a) e extrato etanólico na concentração 1,0 mg/mL sem ajuste de pH - EE2 (b).

Fonte: os autores (2024).

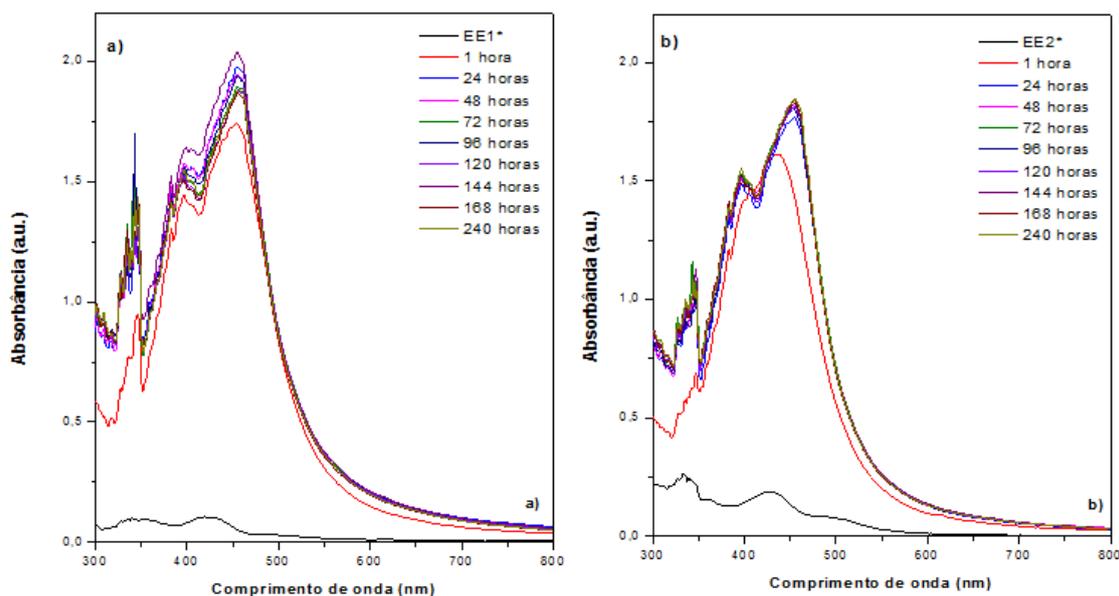


Figura 5: Gráficos de absorvância versus comprimento de onda comparando as condições com extrato etanólico na concentração 0,5 mg/mL em pH 11 - EE1* (a) e extrato etanólico na concentração 1,0 mg/mL em pH 11 - EE2* (b).
 Fonte: os autores (2024).

De acordo com os resultados apresentados observa-se que, independentemente do solvente extrator utilizado para obter extratos das folhas de *E. involucrata* e da concentração de extrato, na qual não foi conferido ajuste de pH, tendo as características mais ácidas, foi verificado um alargamento na banda de ressonância plasmônica.

No meios reacionais em que o pH dos extratos encontravam-se em pH básico (pH 11), verificou-se que as bandas foram mais estreitas, esses dados corroboram com o encontrado na literatura (Kocadag Kocazorbaz *et al.*, 2021; Eya'ane Meva *et al.*, 2016).

Na Figura 6, observam os espectros obtidos na região do infravermelho para as nanopartículas de prata, sendo possível analisar a presença e/ou ausência de grupos funcionais que podem ter atuado na síntese de nanopartículas de prata.

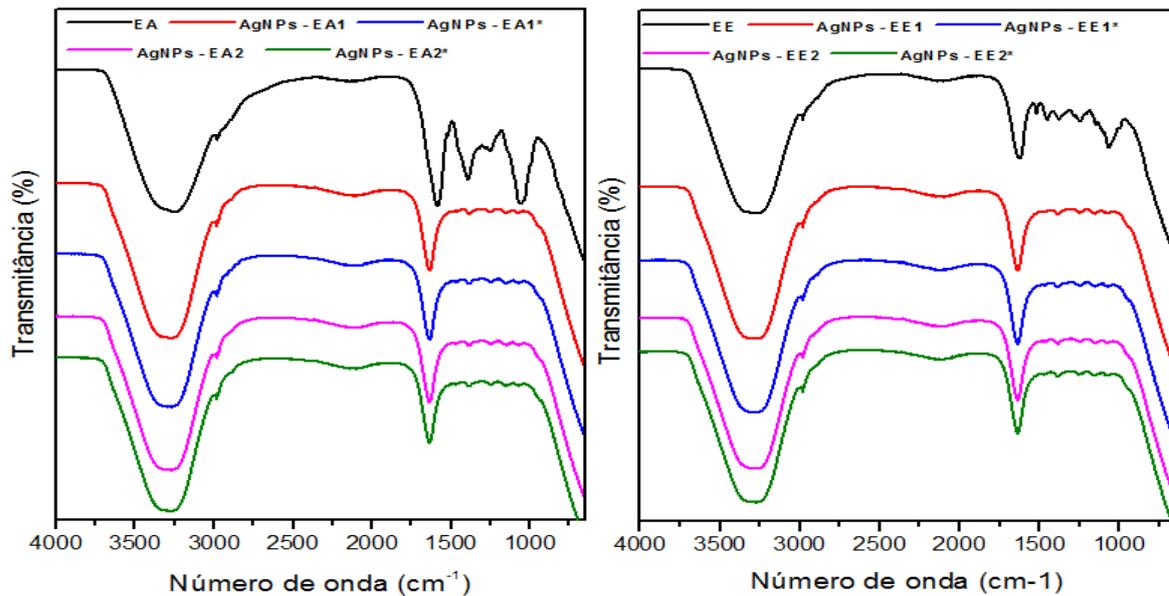


Figura 6: Comparação do espectro de infravermelho dos extratos e das nanopartículas obtidas na síntese verde, sendo (a) referente a condição com extrato aquoso e (b) referente a condição com extrato etanólico.

Fonte: os autores (2024).

Ao comparar o extrato aquoso e etanólico, frente às nanopartículas formadas, observa-se que há diferenças na região entre 1500 a 1000 cm^{-1} . É possível observar que os extratos apresentaram as bandas citadas anteriormente, enquanto as nanopartículas de prata obtidas com os extratos, não foi possível visualizar essas mesmas bandas na região de 1500 a 1000 cm^{-1} . Ademais outras bandas observadas nos espectros das nanopartículas não se distinguem entre si. Segundo os espectros apresentados, sugere-se que compostos biológicos estiveram envolvidos na síntese de nanopartículas de prata.

Por meio da microscopia eletrônica de varredura, foi possível avaliar as características relacionadas a morfologia das nanopartículas de prata obtidas na síntese, bem como avaliar a média dos tamanhos das nanopartículas formadas em cada condição (Figura 7 e 8).

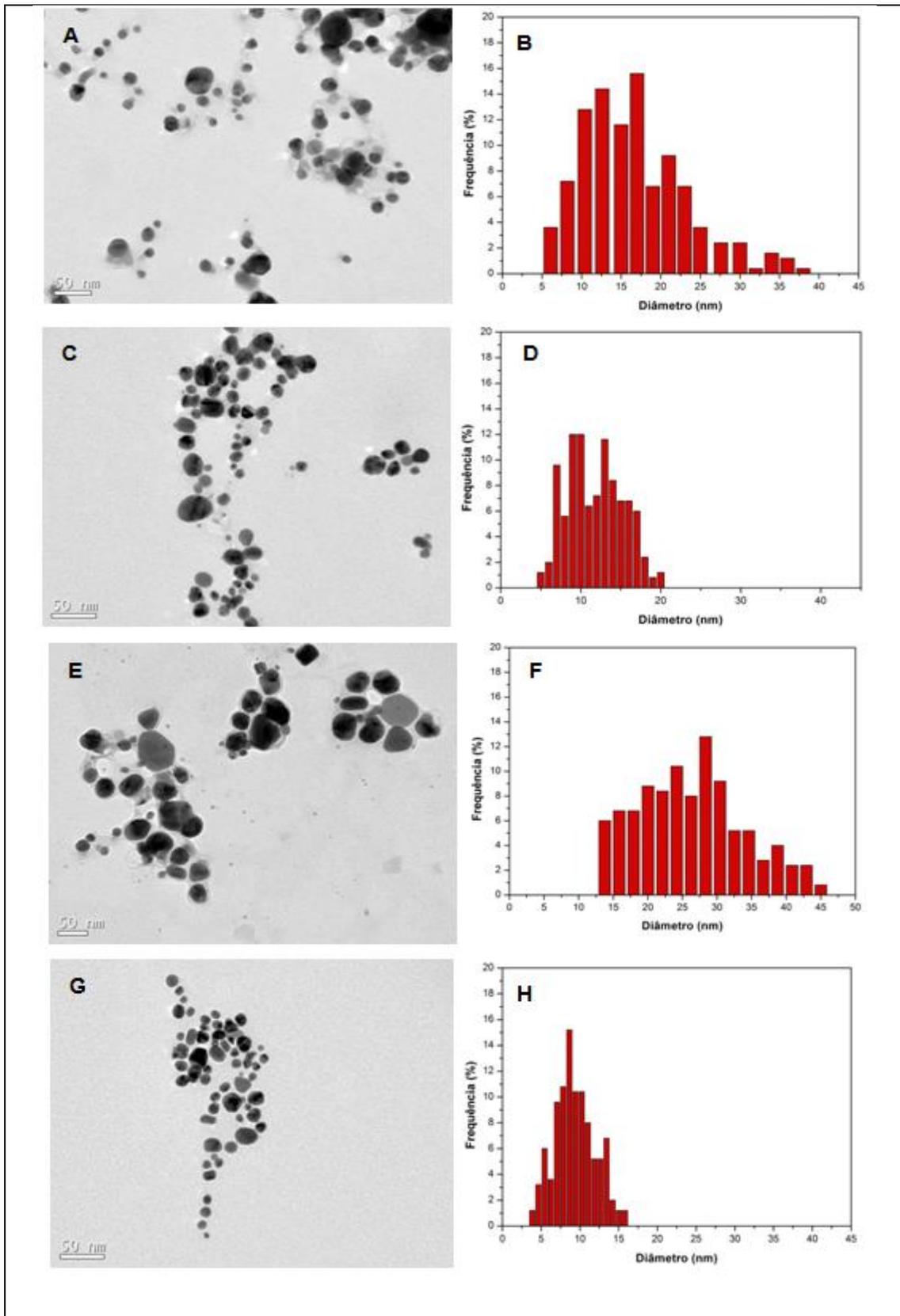


Figura 7: Imagens representativas das AgNPs e histogramas obtidas a partir do EA1 (A e B), EA1* (C e D), EA2 (E e F) e EA2* (G e H).

Fonte: os autores (2024).

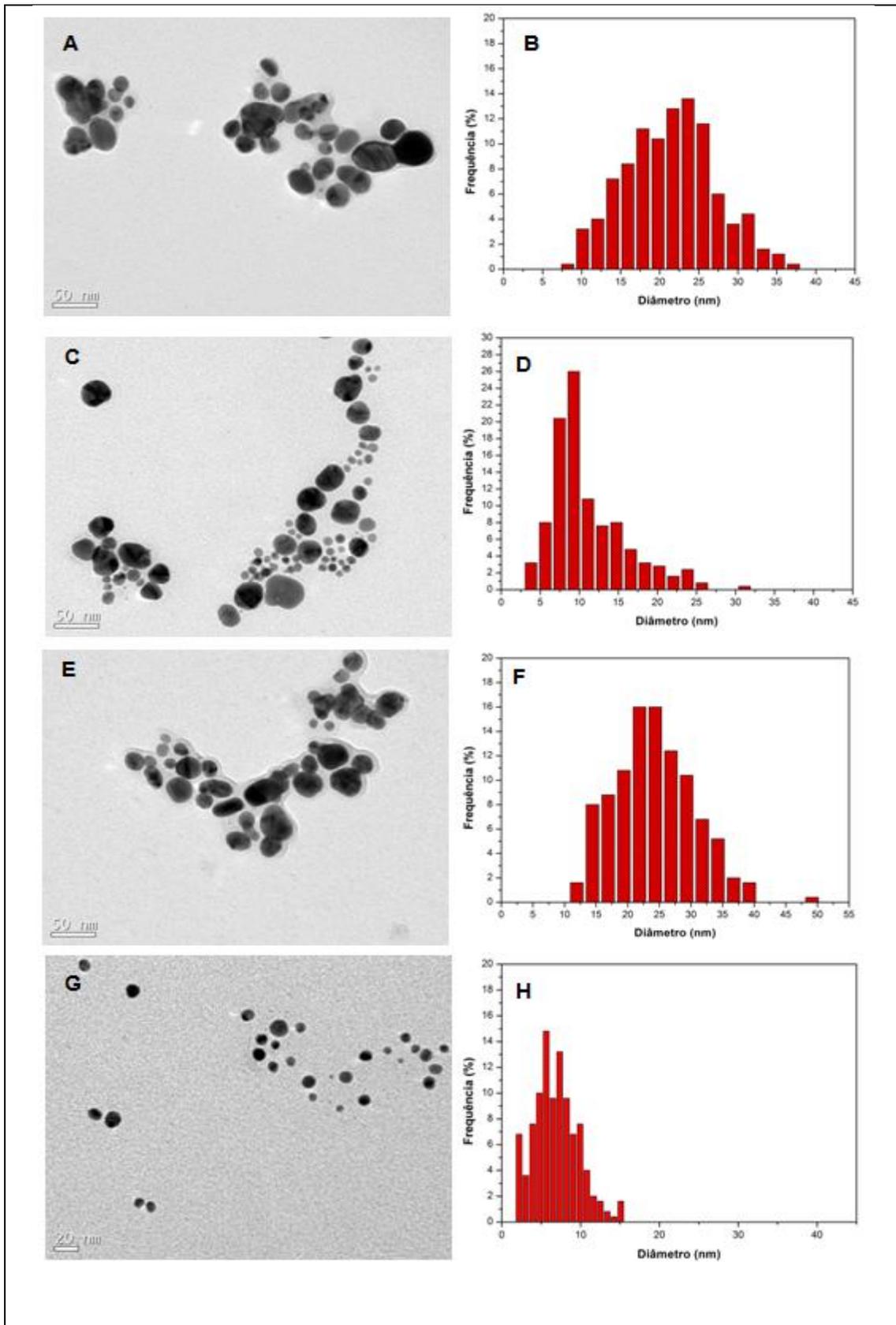


Figura 8: Imagens representativas das AgNPs e histogramas obtidas a partir do EE1 (A e B), EE1* (C e D), EE2 (E e F) e EE2* (G e H).

Fonte: os autores (2024).

Os diâmetros médios obtidos por microscopia eletrônica de transmissão encontram-se apresentados na Tabela 6.

Tabela 4: Diâmetro médio e morfologia das AgNPs obtidas por síntese verde.

Identificação	Diâmetro médio (nm)	Morfologia
AgNP - EA1	15,5 ± 6,5	Esférica
AgNP - EA2	25,2 ± 7,6	Esférica
AgNP - EA1*	11,5 ± 3,2	Esférica, Elíptica e Triangular
AgNP - EA2*	8,9 ± 2,6	Esférica e Elíptica
AgNP - EE1	20,4 ± 5,8	Esférica
AgNP - EE2	22,9 ± 6,3	Esférica
AgNP - EE1*	10,15 ± 4,8	Esférica
AgNP - EE2*	6,4 ± 2,8	Esférica

Fonte: os autores (2024).

Com base nos dados representados anteriormente, observa-se que nas condições que não foram realizados ajuste de pH (EA1/ EA2/ EE1/ EE2), o tamanho médio obtido das nanopartículas de prata foi maior. Além disso nota-se que a distribuição e morfologia apresenta-se mais heterogênea, quando comparados com as nanopartículas de prata obtidas com extratos em pH básico (pH 11). Ao comparar as nanopartículas de prata obtidos nas condições cujo extrato apresenta-se alcalino, a distribuição morfológica foi mais homogênea e quanto ao diâmetro as partículas foram menores também

O fato de os extratos estarem em pH básico, contribuiu para a formação de nanopartículas de prata em um tempo menor. Ademais, a formação de nanopartículas menores e mais homogêneas.

A alcalinidade de extratos vegetais no processo de síntese de nanopartículas de prata tendo como abordagem a síntese verde, pode ser atribuída a alteração de cargas elétricas das biomoléculas que podem estar envolvidas na síntese. Além disso observa-se que o pH mais básico, tem-se demonstrado mais efetivo na formação de nanopartículas de prata, principalmente no que se refere ao tempo de síntese e ao tamanho das nanopartículas (Khalil *et al.*, 2014; Ndikau *et al.*, 2017).

4. CONCLUSÃO

Os extratos avaliados nesta pesquisa demonstraram semelhanças, nas características quanto a determinação de compostos fenólicos, análise por espectrofotometria no infravermelho, determinação de pH e rendimento.

A síntese de nanopartículas de prata mediada por extratos de folhas de *Eugenia involucrata* nos dois solventes do estudo, foi evidenciado por meio da alteração de coloração do meio racional e da formação da banda característica na região do UV-Vis. Além de ser caracterizado por espectros na região do infravermelho e por microscopia eletrônica de varredura.

Ainda, observa-se que para a síntese verde de nanopartículas de prata mediada por extratos de folhas de *E. involucrata* tende a ser otimizada com a utilização de extratos alcalinos e com consequente formação de nanopartículas menores e homogêneas. Tais características da obtenção das nanopartículas, apresentam-se promissoras para o emprego em diversas áreas de pesquisa. Sendo sugerido para trabalhos futuros a avaliação das nanopartículas de prata obtidas, em atividades antimicrobiana e antioxidante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório Multiusuário – LABCA do Campus Toledo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Associação de Ensino, Pesquisa e Extensão Biopark. Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Transmissão da Universidade Federal de Santa Catarina. A Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Toledo.

REFERÊNCIAS

AHMED, S. *et al.* Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 9, p. 1–7, 2016.

ALAHMAD, A. *et al.* *Hypericum perforatum* L.-mediated green synthesis of silver nanoparticles exhibiting antioxidant and anticancer activities. **Nanomaterials**, v. 11, p. 1–26, 2021.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Farmacopeia Brasileira, volume 1. 5ª Ed. Brasília, 2010.

BARZOTTO, I. L. M. *et al.* Supercritical extraction of *Eugenia involucrata* leaves: Influence of operating conditions on yield and A-tocopherol content. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 143, p. 55–63, 2019.

COSTA, J. C. F.; HOSCHEID, J. Phychochemical profile and evaluation of antimicrobial

activity of aqueous and ethanolic extracts of *Cecropia pachystachya* leaves. **Revista Fitos**, v. 2, p. 175–185, 2018.

ERDOGAN, O. *et al.* Green Synthesis of silver nanoparticles via *Cynara scolymus* leaf extracts: The characterizathion, anticancer potential with photodynamic therapy in MCF7 cells. **PlosOne**, 2019.

EYA'ANE MEVA, F. *et al.* Spectroscopic synthetic optimizations monitoring of silver nanoparticles formation from *Megaphrynium macrostachyum* leaf extract. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, p. 640-646, 2016.

GEETHA, A. R. *et al.* Optimization of green synthesis of silver nanoparticles from leaf extracts of pimenta dioica (Allspice). **The Scientific World Journal**, p. 1-5, 2013.

GRISI, C. V. B. *et al.* Antioxidant potential and stability of the juca (*Libidibia ferrea*) bioadditive. 2020. **Research Society and Development**, v. 9, p. 1-19, 2020.

GUDIKANDULA, K.; CHARYA MARINGANTI, S. Synthesis of silver nanoparticles by chemical and biological methods and their antimicrobial properties. **Journal of Experimental Nanoscience**, v. 9, p. 714–721, 2016.

HABIBULLAH, G. *et al.* Current Strategies for Noble Metal Nanoparticle Synthesis. 2021. **Nanoscale Research Letters**, v. 16, p. 1-12, 2021.

HAMIDA, R. S. *et al.* Lichens - A Potential Source for Nanoparticles Fabrication: A Review on Nanoparticles Biosynthesis and Their Prospective Applications. **Journal of Fungi**, v. 7, p. 1-42, 2021.

INFANTE, J. *et al.* Antioxidant and anti-inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, 2016.

JOY PRABU, H.; JOHNSON, I. Plant-mediated biosynthesis and characterization of silver nanoparticles by leaf extracts of *Tragia involucrata*, *Cymbopogon citronella*, *Solanum verbascifolium* and *Tylophora ovata*. **Karbala International Journal of Modern Science**, v. 1, p. 237–246, 2015.

KHALIL, M. M. H. *et al.* Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 7, p. 131-1139, 2014.

KOCAZORBAZ, E. K. *et al.* Kermes oak (*Quercus coccifera* L.) extract for a biogenic and eco-benign synthesis of silver nanoparticles with efficient biological activities. **Environmental Technology and Innovation**, v. 24, p. 1-9, 2021.

LEE, S. H.; JUN, B. H. Silver nanoparticles: Synthesis and application for nanomedicine. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 1-24, 2019.

MOREIRA, L. M. *et al.* Influence of different water-ethanol solvent systems on the spectroscopic and physico-chemical properties of the macrocyclic compounds pheophytin and chlorophyll *a*. **Quimica Nova**, v. 33, p. 258–26, 2010.

NAJAH-MISSAOUI, W. *et al.* Safe nanoparticles: Are we there yet? **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 1, p. 1–22, 2021.

NDIKAU, M. *et al.* Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Citrullus lanatus Fruit Rind Extract. **International Journal of Analytical Chemistry**, p. 1-9, 2017.

RAHMAN, A. *et al.* Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Tribulus terrestris Seeds: Revealed Promising Antidiabetic Potentials. **Molecules**, 2023.

RÓNAVÁRI, A. *et al.* Green Silver and Gold Nanoparticles: Biological Synthesis Approaches and Potentials for Biomedical Applications. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 26, p. 1–39, 2021.

SANTOS, A. F. *et al.* Análise da produção científica sobre plantas com potencial antioxidante, antimicrobiano e alelopático disponíveis na base Scielo. **Diversitas Journal**, v. 3, p. 375, 2018.

SARATALE, R. G. *et al.* Exploiting antidiabetic activity of silver nanoparticles synthesized using punica granatum leaves and anticancer potential against human liver cancer cells (HepG2). **Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology**, v. 46, p. 211–222, 2018

SATO, T. S. *et al.* Proposal of a formulation containing leaves extract of *Eugenia involucrata*. **Revista Fitos**, v. 12, p. 68–82, 2018.

SUN, Q. *et al.* Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 444, p. 226–231, 2014.

ZHANG, X. F. *et al.* Silver nanoparticles: Synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, p. 1-34, 2017.

ZHANG, N. *et al.* Silver nanoparticles: From in vitro green synthesis to in vivo biological effects in plants. **Advanced Agrochem**, v. 2, p. 313–323, 2023.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Tatiane Satie Sato: Execução dos experimentos, análise de dados e escrita do artigo.

Renato Eising: Orientação dos experimentos e escrita do artigo.

Inara Staub Prochnau: Co-orientação dos experimentos e escrita do artigo.