



# Métodos para síntese verde de nanopartículas de prata

*Methods for Green Synthesis of Silver Nanoparticles*

Pinheiro, R. J. C.<sup>1, &</sup>, Almeida, G. F.<sup>2</sup>, Mania, E.<sup>1, #</sup> e Ferreira, E. S.<sup>1, \*</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Espectroscopia, Nanomateriais e Sensores-LENS, Departamento de Física-DFIS, Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS, Av. Transnordestina, s/n - Feira de Santana, Novo Horizonte - BA, 44036-900, Brasil.

\*E-mail: [ernando@uefs.br](mailto:ernando@uefs.br), &E-mail: [ricardo.eng-alimentos@hotmail.com](mailto:ricardo.eng-alimentos@hotmail.com), #E-mail: [emania@uefs.br](mailto:emania@uefs.br).

<sup>2</sup>Laboratório de Fisiologia Animal-LAFISA, Departamento de Ciências Biológicas-DCBIO, Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS, E-mail: [gfalmeida@uefs.br](mailto:gfalmeida@uefs.br)

**Resumo:** A nanociência é um campo emergente impulsionado por ferramentas avançadas que permitem manipular fenômenos em nanoescala, possibilitando a criação de estruturas organizadas com aplicações industriais. Embora a síntese tradicional de nanopartículas (NPs) enfrente desafios como o uso de solventes tóxicos, geração de resíduos nocivos e altos custos, a síntese verde surge como uma alternativa sustentável. Utilizando recursos biológicos, como plantas, bactérias e fungos, essa abordagem reduz os impactos ambientais e simplifica a produção. No caso das nanopartículas de prata (NP<sub>Ag</sub>), metabólitos de extratos vegetais estabilizam os íons de prata (Ag<sup>+</sup>), gerando NPs altamente específicas com grande potencial tecnológico.

**Abstract:** Nanoscience is an emerging field driven by advanced tools that allow the manipulation of nanoscale phenomena, enabling the creation of organized structures with industrial applications. Although the traditional synthesis of nanoparticles (NPs) faces challenges such as the use of toxic solvents, generation of harmful waste and high costs, green synthesis emerges as a sustainable alternative. Using biological resources, such as plants, bacteria and fungi, this approach reduces environmental impacts and simplifies production. In the case of silver nanoparticles (AgNP), metabolites from plant extracts stabilize silver ions (Ag<sup>+</sup>), generating highly specific NPs with great technological potential.

**Palavras-Chaves:** síntese; nanopartículas de prata; extratos vegetais

**Keywords:** green synthesis; silver nanoparticles; plant extracts

**Citação:** Pinheiro, R. J. C. et al., Métodos para síntese verde de nanopartículas de prata. Cad. Fís. UEFS, 22(01):1407.1-08, 2024.

Recebido: 10/03/2024

Aceito: 21/05/2024

Publicado: 17/06/2024



**Copyright:** © 2024 Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introdução

As nanopartículas são amplamente reconhecidas por suas propriedades físicas, químicas e biológicas peculiares que as tornam interessantes para diversas aplicações industriais, a exemplo das indústrias farmacêutica, química e alimentícia. Alguns tipos de nanopartículas, como nanopartículas de prata (Np<sub>Ag</sub>), possuem funções fungicidas, bactericidas, catalíticas e ópticas (RODRIGUES et al., 2019). Caracterizadas por terem todas as dimensões na escala nanométrica, as nanopartículas apresentam tamanhos variando entre 1 e 100 nm, e podem assumir diversas formas (RAI & DURAN, 2011).

A eficiência das nanopartículas metálicas (Np<sub>M</sub>) em aplicações tecnológicas é atribuída principalmente à efeitos de superfície que surgem em determinados materiais quando estes são reduzidos à escala nanométrica, surgindo sítios de ligação que permitem a sua funcionalização com grupos funcionais específicos, possibilitando a estabilidade e alta capacidade de adsorção (RAI, P., KUMAR, V., LEE, S. et al, 2018).

As nanopartículas podem ser produzidas por métodos físicos, químicos e biológicos. A síntese biológica é também chamada de síntese verde ou biossíntese. Este método ocorre pela redução dos íons metálicos por extratos de plantas, óleos essenciais e microrganismos como bactérias, fungos, leveduras e algas. Este método tem ganhado destaque na nanotecnologia por ser mais ambientalmente amigável que os demais métodos de síntese, minimizando impactos ambientais, reduzindo o uso de reagentes químicos e a geração de subprodutos tóxicos, além de dispensar equipamentos e processos onerosos (SRIVASTAVA S., BHARGAVA, A., PATHAK, N., et al., 2019).

A utilização de extratos vegetais na síntese de NpM é reconhecido como um método inovador e de baixo custo, que requer equipamentos simples para sua realização. Os componentes presentes nesses extratos, como polissacarídeos, proteínas, aminoácidos, ácidos orgânicos e metabólitos secundários – incluindo polifenóis, flavonoides, terpenoides, alcaloides, taninos e substâncias alcoólicas – desempenham um papel crucial, atuando simultaneamente como agentes redutores da prata catiônica e estabilizantes das nanopartículas formadas (ALI et al., 2020).

As nanopartículas metálicas destacam-se por suas amplas aplicações científicas. Em especial, as nanopartículas de prata (NpAg) são valorizadas por sua estabilidade química e propriedades antifúngicas e bactericidas (ADIL et al., 2015; LIAO; LI; TJONG, 2019). Elas também são conhecidas por suas propriedades físicas e químicas únicas, como tamanho, forma, e características ópticas, elétricas e magnéticas. Essas peculiaridades têm dado destaque às NpAg em diversas áreas, apresentando um crescimento exponencial em aplicações biotecnológicas. Inicialmente utilizadas na engenharia, em aplicações como catálise, dispositivos ópticos, biossensores, diagnósticos e detecção biomolecular, sua excelente atividade antibacteriana ampliou significativamente seu uso. Hoje, essas nanopartículas são largamente empregadas em tecidos, tintas, desinfetantes, dispositivos médicos, purificação de água e, como elemento essencial, na fabricação de tintas condutoras voltadas para a eletrônica flexível (LIU, J.; YU, S.; et al., 2012). A diversidade de aplicações das NpAg tem incentivado o desenvolvimento de diferentes métodos de síntese, tradicionalmente realizados por abordagens físicas e químicas. Entretanto, esses métodos convencionais frequentemente utilizam reagentes caros e prejudiciais ao meio ambiente, o que destaca a importância de alternativas mais sustentáveis, como os métodos verdes, que são funcionais e ecologicamente amigáveis (GURU-NATHAN et al., 2015; HE et al., 2016).

A crescente demanda por abordagens sustentáveis, eficientes e de baixo custo para a produção de materiais avançados tem impulsionado a pesquisa em métodos alternativos para síntese de nanopartículas, notavelmente de NpAg. Neste contexto, este levantamento bibliográfico teve como objetivo principal identificar e analisar os métodos descritos na literatura para a síntese verde de AgNPs em meio aquoso e de baixo custo, contribuindo para a realização de práticas experimentais relacionadas à nanotecnologia em grupos de pesquisa emergentes que dispõem de poucos recursos instrumentais.

## 2. Métodos e Materiais

### *Busca de Artigos Científicos*

Os artigos consultados foram obtidos dos principais portais de busca acadêmica, como Science Direct, Springer Link, PubMed, e Google Scholar, que são fontes amplamente reconhecidas para literatura científica nas áreas de química, biotecnologia e ciências ambientais. O período de pesquisa abrangeu os últimos dez anos (2014-2024), para garantir a seleção de artigos mais atualizados e relevantes.

### *Palavras-chaves Utilizadas*

Para garantir uma busca eficiente e abrangente, foi realizado um processo de refinamento das palavras-chave. As combinações de termos foram cuidadosamente selecionadas para refletir a área específica da síntese verde de nanopartículas de prata. As palavras-chaves utilizadas foram:

- "Green synthesis" (Síntese verde)
- "Silver nanoparticles" (Nanopartículas de prata)
- "Biological synthesis" (Síntese biológica)
- "Eco-friendly synthesis" (Síntese ecológica)
- "Nanomaterials" (Nanomateriais)
- "Biosynthesis" (Biossíntese)

- "Plant extract" (Extrato de planta)
- "Microbial synthesis" (Síntese microbiana)
- "Silver nanoparticles applications" (Aplicações de nanopartículas de prata)

As combinações dessas palavras-chaves foram realizadas tanto em inglês quanto em português, de forma a incluir uma gama ampla de literatura científica global.

### ***Critérios de Inclusão e Exclusão***

#### *Critérios de Inclusão*

Os artigos foram incluídos na revisão se atendiam aos seguintes critérios:

- Relevância para o Tema: Apenas artigos que abordavam a síntese verde de nanopartículas de prata por meio de métodos biológicos ou ecológicos (usando plantas, ou extratos naturais) foram considerados.
- Tipo de Estudo: Foram incluídos artigos de pesquisas experimentais, revisões, e artigos de desenvolvimento que apresentaram dados qualitativos e quantitativos sobre a síntese, caracterização e aplicações das nanopartículas de prata.
- Ano de Publicação: Artigos publicados entre 2014 e 2024 foram priorizados, com foco em publicações mais recentes que refletem os avanços mais recentes no campo.
- Idioma: Apenas artigos publicados em inglês e português foram considerados, dado que são as línguas dominantes na literatura científica.

#### *Critérios de Exclusão*

Os artigos foram excluídos se atendiam a qualquer um dos seguintes critérios:

- Ausência de Síntese Verde: Artigos que não abordavam especificamente a síntese verde de nanopartículas de prata foram excluídos. Isso incluiu estudos sobre síntese química convencional ou síntese utilizando métodos não ecológicos.
- Falta de Dados Experimentais: Artigos que não apresentavam dados experimentais sobre a produção ou caracterização das nanopartículas de prata, ou que eram puramente teóricos ou opinativos, foram descartados.
- Relevância Limitada para Aplicações: Artigos que não discutiam as aplicações ou os benefícios ambientais das nanopartículas de prata sintetizadas de maneira verde também foram excluídos, uma vez que o objetivo desta revisão é abordar tanto a produção quanto as aplicações das nanopartículas.
- Repetição: Artigos repetidos em diferentes bases de dados foram identificados e removidos para evitar redundância na seleção.

### ***Estratégia de Filtragem***

Após a busca inicial, todos os artigos encontrados foram primeiramente revisados pelo título e resumo. Aqueles que não eram claramente relevantes foram descartados nessa etapa. Em seguida, uma leitura mais aprofundada do texto completo foi realizada para garantir que os critérios de inclusão fossem atendidos. Os artigos finais foram então categorizados conforme as abordagens da síntese verde, os métodos de caracterização das nanopartículas de prata e suas possíveis aplicações em diferentes áreas, como medicina, engenharia, meio ambiente e indústria.

As análises qualitativa e quantitativa dos artigos selecionados seguiram os critérios de qualidade científica, como a clareza metodológica, reprodutibilidade dos resultados e robustez dos dados apresentados.

O critério de seleção dos artigos pesquisados foi baseado na convergência ou similaridade dos protocolos experimentais, caracterizados pela simplicidade e viabilidade em laboratórios convencionais. Entre os métodos encontrados, foram usados extratos vegetais ricos em metabólitos secundários, como flavonoides, taninos e alcaloides, que atuam como agentes redutores e estabilizantes na formação das nanopartículas.

Para facilitar a compreensão e ilustrar a diversidade dos métodos identificados, na tabela 1.

Para facilitar a compreensão e ilustrar a diversidade dos métodos identificados, na tabela 1 contém uma amostra de 18 artigos pesquisados, que atendem a proposta de síntese verde viáveis em com equipamentos simples de laboratório.

**Tabela 1:** Contém uma amostra dos 18 artigos pesquisados, que atendem a proposta de síntese verde viáveis com equipamentos simples de laboratório.

Tema	Autor(es)	Título	Revista	Tipo de Extrato
Síntese de Nanopartículas de Prata, antimicrobiana	AGOSTINHO, R. <i>et al.</i>	A Quick and Easy Method for Black Pepper Measures the Green Synthesis of Silver Nanoparticles and the Antimicrobial Study	Applied Nanoscience	Extrato de pimenta preta
Síntese de Nanopartículas de Prata, Caracterização	BELONI, GRASIELI DE MELO	Síntese Verde e Caracterização de Nanopartículas de Prata Usando Extrato Aquoso de Erva Mate ( <i>Ilex paraguariensis</i> )	Journal of Molecular Catalysis A: Chemical	Extrato aquoso de erva-mate
Síntese de Nanopartículas de Prata, Química Verde	ROCHO, ROSIANA ROCHA	Química Verde: Síntese de Nanopartículas de Prata Utilizando Extratos Vegetais	Repositório Institucional da UFSC	Semente de uva Isabel ( <i>Vitis labrusca</i> L.) e Pitaya ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> )
Síntese de Nanopartículas de Prata, Atividade Biológica	DIAS, LUCIANE DA SILVA	Síntese Verde, Caracterização E Atividade Biológica De Nanopartículas De Prata Obtidas Utilizando Extratos De <i>Hancornia Speciosa</i> Gomes - Apocynaceae ( <i>Mangabeira</i> )	Repositório Institucional da UNB	Extrato de <i>Hancornia Speciosa</i>
Síntese de Nanopartículas de Prata	DE FREITAS, ISABEL	Síntese Verde para obtenção de Nanopartículas de Prata a partir de Extratos Naturais	UFRJ/Escola Politécnica	Extratos naturais
Síntese de Nanopartículas de Prata	BATISTA, E. de LARA; <i>et al.</i>	Síntese Verde e Caracterização De Nanopartículas De Prata Utilizando Extratos De Plantas	Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari	Extratos de plantas
Síntese de Nanopartículas de Prata com Polvilho Azedo	J.G.B. SANTIN; <i>et al.</i>	Síntese Verde De Nanopartículas De Prata Com Polvilho Azedo	Universidade Estadual de Maringá	Polvilho azedo
Síntese de Nanopartículas de Prata, Aplicações Biomédicas e Agrícolas	DE OLIVEIRA, G. Z. S.	Síntese Verde De Nanopartículas De Prata Utilizando Extrato Aquoso E Metabólito Secundário (Quercetina) Das Folhas De <i>Pterodon Emarginatus</i> (Sucupira Branca) Direcionadas Para Aplicações Biomédicas E Agrícolas	Universidade de Brasília	Extrato aquoso de <i>Pterodon emarginatus</i>
Síntese de Nanopartículas de Prata, antimicrobiana	JOSÉ, E. J.M.	Green Synthesis Of Silver Nanoparticles Through Reducing Sugars And Their Antimicrobial Potential	Universidade Federal Do Ceará	Açúcares redutores
Síntese de Nanopartículas de Prata, Modulação de Características Físico-Químicas	DE MELO, TATIANE PEREIRA	Produção E Modulação De Características Físico-Químicas De Nanopartículas De Prata Via Síntese Verde Utilizando Extratos Aquosos De Tecidos Naturais E Obtidos Por Propagação Vegetativa A Partir De Diferentes Espécies De Ipês	Universidade de Brasília	Extratos aquosos de Ipês
Síntese de Nanopartículas de Prata	MORSELLI G. R.; BENÉVOLO, A. L.	Síntese Verde de Nanopartículas de Prata Utilizando Extrato de Acerola ( <i>Malpighia emarginata</i> D.C.)	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN	Extrato de acerola
Síntese de nanopartículas de prata	KARAMI, A; <i>et al.</i>	Synthesis of Silver Nanoparticles with Curcumin in an Alkaline Medium	Nanomaterials (Basel)	Curcumina em meio alcalino
Síntese de nanopartículas de prata	KUMAR, R; <i>et al.</i>	Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Azadirachta Indica Aqueous Leaf Extract	Journal of Radiation Research and Applied Sciences	Extrato aquoso de folhas de Neem
Síntese de nanopartículas de prata	KHAYATI, A; <i>et al.</i>	Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Aqueous Extract of Saffron ( <i>Crocus sativus</i> L.) Wastages and its Antibacterial Activity Against Six Bacteria	Asia Pacific Journal of Tropical Biomedicine	Extrato aquoso de açafrao
Síntese de nanopartículas de prata	SINGH, G.; <i>et al.</i>	Plant-Mediated Synthesis of Silver Nanoparticles Using Fruit Extract of Cleome Viscosa L.: Assessment of Their Antibacterial and Anticancer Activity	Journal of Karbala International of Modern Science	Extrato de frutas
Síntese de nanopartículas de prata	NASROLLAHI, A; <i>et al.</i>	Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Olive Leaf Extract and its Antibacterial Activity	Arabian Journal of Chemistry	Extrato de folha de oliveira
Síntese de nanopartículas de prata	VIJAY KUMAR, P.; <i>et al.</i>	Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Banana Peel Extract and Their Antimicrobial Activity Against Representative Microorganisms	Journal of Radiation and Applied Sciences	Extrato de casca de banana
Síntese de nanopartículas para aplicações biomédicas	MAJUMDAR, S.; <i>et al.</i>	Linseed Hydrogel-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles for Antimicrobial and Wound-Dressing Applications	International Journal of Nanomedicine	Hidrogel de linhaça

### 3. Resultados e Discussões

Todos os artigos selecionados relatam que a principal evidência visual da formação das nanopartículas de prata é a mudança na coloração da solução precursora composta de um sal de prata, geralmente nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), e do extrato aquoso da planta, para uma coloração amarelada. Entretanto, informações mais detalhadas sobre as propriedades químicas e físicas devem ser obtidas por meio da aplicação de técnicas analíticas mais robustas, as quais poderão fornecer informações sobre o tamanho, a dispersão do tamanho, a formação de aglomerados de nanopartículas, o grau de cristalinidade, carga superficial, grupos funcionais e a estabilidade ao longo do tempo.

A Tabela 2 resume as principais técnicas encontradas nos artigos analisados e suas respectivas funções.

**Tabela 2-** Técnicas comuns de caracterização de AgNPs

Técnica	Sigla	Parâmetros avaliados	Finalidade
Espectroscopia UV-Vis	UVVis	Pico de absorção	Confirma a formação pela presença da banda plasmônica (400-450 nm)
Espectroscopia no Infravermelho 800m Transformada de Fourier	FTIR (sigla em inglês)	Grupos funcionais do extrato	Identifica moléculas envolvidas na síntese/estabilização
Espalhamento Dinâmico de Luz	DLS (sigla em inglês)	Tamanho hidrodinâmico; Índice de polidispersividade (PDI- do inglês Polydispersity index)	Mede tamanho médio em solução; Mede o grau de variação do tamanho das partículas.
Potencial Zeta	—	Carga superficial	Avalia a estabilidade coloidal.
Microscopia Eletrônica de Transmissão	TEM (sigla em inglês)	Tamanho real e morfologia	Observa forma, dispersão e agregação.
Difração de Raios-X	XRD (sigla em inglês)	Estrutura cristalina	Confirma que é prata metálica.

#### 3.1-Discussão Crítica sobre as Técnicas

##### *UVVis: essencial, mas limitada*

A espectroscopia UVVis foi unanimemente utilizada nos estudos. Ela permite o monitoramento rápido da formação das AgNPs via o pico de SPR (~400–450 nm), mas não fornece detalhes morfológicos ou estruturais. Por isso, é geralmente a técnica inicial, mas não suficiente sozinha para caracterização completa (KORA & ARUNACHALAM, 2013).

##### *FTIR: identificação de agentes bioativos*

FTIR aparece em grande parte dos estudos, permitindo mapear as interações entre grupos funcionais do extrato vegetal e a superfície das AgNPs. A presença de bandas associadas a fenóis, flavonoides e proteínas é comum (OLIVEIRA, 2018).

##### *DLS e Zeta: tamanho em solução e estabilidade*

DLS e potencial zeta foram explorados principalmente em estudos com foco em aplicações biológicas, onde a estabilidade coloidal é essencial. No trabalho com *P. emarginatus* (OLIVEIRA, 2018), os valores de zeta foram superiores a  $\pm 30$  mV, indicando boa dispersão. Contudo, o DLS fornece o tamanho hidrodinâmico, que tende a ser maior que o real, devido à camada de solvatação e agregados (RODRIGUES et al., 2019).

##### *TEM, SEM e AFM: tamanho real e forma*

Técnicas de microscopia como microscopia eletrônica de transmissão-TEM e microscopia de força atômica –AFM foram usadas quando o objetivo era obter informações detalhadas sobre morfologia, distribuição e forma das partículas. No estudo com extrato de *Crocus*

sativus, as AgNPs eram predominantemente esféricas com tamanho entre 12–20 nm (BAGHERZADE et al., 2011).

#### *XRD e EDX: estrutura e composição*

XRD foi usado para confirmar a estrutura cristalina da prata metálica (picos típicos em  $2\theta = 38^\circ, 44^\circ, 64^\circ$ ). EDX aparece com menor frequência, mas é crucial quando se deseja verificar a pureza das partículas e a presença de elementos residuais do extrato (RAI & DURAN, 2011).

#### 4. Considerações Finais

A caracterização adequada das AgNPs é essencial para garantir sua eficácia e segurança em aplicações biomédicas, alimentares e ambientais. A revisão dos artigos mostra que, embora muitas pesquisas usem técnicas básicas (UVVis, FTIR), ainda há uma carência no uso combinado e aprofundado de métodos como TEM, EDX, **Potencial Zeta** — especialmente nos estudos realizados no Brasil.

O ideal ou esperado para os trabalhos avaliados era que eles tivessem adotado uma abordagem mais abrangente, unindo métodos espectroscópicos, morfológicos e de estabilidade, conforme o quadro a seguir:

**Tabela 3** – Recomendação de técnicas conforme finalidade

Finalidade da aplicação	Técnicas recomendadas
Monitorar síntese	UVVis
Avaliar estabilidade coloidal	DLS, Potencial Zeta
Analisar morfologia	TEM, SEM, AFM
Determinar estrutura cristalina	XRD
Verificar pureza e composição	EDX/EDAX
Confirmar presença de compostos bioativos	FTIR

Entretanto, nesse estudo verificamos que os protocolos experimentais analisados, caracterizados pela simplicidade e pela utilização de extratos vegetais e a caracterização das nanopartículas por meio de técnicas relativamente simples, em alguns casos, oferecem um equilíbrio entre custo e funcionalidade. No presente levantamento bibliográfico organizamos de forma prática um grupo de 18 artigos relacionados à síntese verde de nanopartículas utilizando diversas partes das plantas. É importante mencionar que uma parte considerável do sucesso desse método pode ser atribuído ao fato de que os extratos vegetais utilizados no método são ricos em metabólitos secundários, os quais desempenham um papel crucial para a formação e estabilização das nanopartículas, tornando a síntese verde uma abordagem eficiente, ambientalmente amigável, de baixo custo e promissora. A integração da síntese verde à nanotecnologia reafirma o potencial de inovação científica e tecnológica, proporcionando soluções eficazes para atender às demandas crescentes por materiais avançados em setores como saúde, indústria de alimentos, embalagens plásticas, eletrônica e têxtil. Além disso, os artigos aqui selecionados demonstram a viabilidade da realização de atividades em nanotecnologia em laboratórios carentes de uma infraestrutura sofisticada, tornando possível a síntese de nanopartículas de uma forma caseira, contribuindo, portanto, para difusão e popularização da nanotecnologia.

## Referências

- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. Green synthesis of silver nanoparticles using *Azadirachta indica* aqueous leaf extract. *Journal of radiation research and applied sciences*, 9(1), 1-7 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.06.006>.
- Ali, M. A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, A., Hafeez, R., Islam Masum, M. M., ... & Li, B. Advancements in plant and microbe-based synthesis of metallic nanoparticles and their antimicrobial activity against plant pathogens. *Nanomaterials*, 10(6), 1146 (2020). <https://doi.org/10.3390/nano10061146GURUNATHAN>.
- Augustine, R., Kalarikkal, N. & Thomas, S. A facile and rapid method for the black pepper leaf mediated green synthesis of silver nanoparticles and the antimicrobial study. *Appl Nanosci* 4, 809–818 (2014). <https://doi.org/10.1007/s13204-013-0260-7>.
- Bagherzade, G., Tavakoli, M. M., & Namaei, M. H. Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of saffron (*Crocus sativus* L.) wastages and its antibacterial activity against six bacteria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(3), 227-233 (2017). <http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.12.014>.
- DE FREITAS, ISABEL. Síntese Verde para obtenção de Nanopartículas de Prata a partir de Extratos Naturais. TCC graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. UFRJ/Escola Politécnica. 60p.
- DE MELO, TATIANE PEREIRA. Produção e modulação de características físico-químicas de nanopartículas de prata via síntese verde utilizando extratos aquosos de tecidos naturais e obtidos por propagação vegetativa a partir de diferentes espécies de Ipês. Universidade de Brasília. Dissertação. 2019. 88p.
- DIAS, LUCIANE DA SILVA Síntese Verde, Caracterização E Atividade Biológica De Nanopartículas De Prata Obtidas Utilizando Extratos De *Hancornia Speciosa* Gomes - Apocynaceae (Mangabeira). Repositório Institucional da UNB. 2015. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/17811>.
- EVERALDO BATISTA DE LARA, LUIZA TEIXEIRA SOUZA, OTÁVIO RUAN DA CUNHA, THAYNA KAROLINY DA MAIA, THAYNARA LAURENTINO BELEGANTE Síntese Verde e Caracterização De Nanopartículas De Prata Utilizando Extratos De Plantas. Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari. Trabalho final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUÍMI). 2017. 23p.
- Gurunathan, S., Park, J. H., Han, J. W., & Kim, J. H. Comparative assessment of the apoptotic potential of silver nanoparticles synthesized by *Bacillus tequilensis* and *Calocybe indica* in MDA-MB-231 human breast cancer cells: targeting p53 for anticancer therapy. *International Journal of Nanomedicine*, 10, 4203–4223 (2015). <https://doi.org/10.2147/IJN.S83953>.
- Haseeb, M. T., Hussain, M. A., Abbas, K., Youssif, B. G., Bashir, S., Yuk, S. H., & Bukhari, S. N. A. Linseed hydrogel-mediated green synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial and wound-dressing applications. *International journal of nanomedicine*, 2845-2855 (2017). <https://doi.org/10.2147/IJN.S133971>.
- Ibrahim, H. M. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. *Journal of radiation research and applied sciences*, 8(3), 265-275 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.01.007>.
- J.G.B. SANTIN, B.S. PEREIRA, L. NISHI, R. BERGAMASCO, D.M. FERNANDES, E.A.G.PINEDA, A.A.W.HECHENLEITNER. Síntese Verde De Nanopartículas De Prata Com Polvilho Azedo. Universidade Estadual de Maringá. 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de novembro de 2016, Natal, RN, Brasil.10p.
- Khalil, M. M., Ismail, E. H., El-Baghdady, K. Z., & Mohamed, D. Green synthesis of silver nanoparticles using olive leaf extract and its antibacterial activity. *Arabian Journal of chemistry*, 7(6), 1131-1139 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.04.007>.
- Lakshmanan, G., Sathiyaseelan, A., Kalaichelvan, P. T., & Murugesan, K. Plant-mediated synthesis of silver nanoparticles using fruit extract of *Cleome viscosa* L.: assessment of their antibacterial and anticancer activity. *Karbala International Journal of Modern Science*, 4(1), 61-68 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.kijoms.2017.10.007>.
- Liao, C., Li, Y., & Tjong, S. C. Bactericidal and cytotoxic properties of silver nanoparticles. *International journal of molecular sciences*, 20(2), 449 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijms20020449>.

- Liu, J. F., Yu, S. J., Yin, Y. G., & Chao, J. B. Methods for separation, identification, characterization and quantification of silver nanoparticles. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 33, 95-106 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.10.010>.
- MALLMANN, E. J. J. Green synthesis of silver nanoparticles through reducing sugars and their antimicrobial potential Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE (Brazil). Centro de Ciências Programa de Pós-Graduação em Química. Doutorado. 2016. 165p.
- MELO, GRASIELI BELONI DE. Síntese verde e caracterização de nanopartículas de prata usando extrato aquoso de erva mate (*Ilex paraguariensis*). 2015. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6662>.
- OLIVEIRA, Giselle Zayra da Silva de. Síntese verde de nanopartículas de prata utilizando extrato aquoso e metabólito secundário (quercetina) das folhas de *Pterodon emarginatus* (sucupira branca) direcionadas para aplicações biomédicas e agrícolas. 2018. 220 f., il. Tese (Doutorado em Nanociência e Nanobiotecnologia)- Universidade de Brasília, Brasília, 2018. <http://repositorio.umb.br/handle/10482/33844>.
- RAI, M.; DURAN, N. Metal Nanoparticles in Microbiology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg., v. 1, p. 303, 2011. Disponível em: <https://www.springer.com/gp/book/9783642183119>.
- Rai, P. K., Kumar, V., Lee, S., Raza, N., Kim, K. H., Ok, Y. S., & Tsang, D. C. Nanoparticle-plant interaction: Implications in energy, environment, and agriculture. *Environment international*, 119, 1-19 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.012>.
- ROCHO, ROSIANA ROCHA. Química Verde: Síntese de Nanopartículas de Prata Utilizando Extratos Vegetais. Repositório Institucional da UFSC. Relatório apresentado ao Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial da disciplina de Estágio Supervisionado II (QMC 5512). 47p. 2010.
- RODRIGUES, J.F.B; BRANDÃO, P.E. de Souza; GUIMARÃES, P.Q; PINTO, M.R. De O.; WELLEN, R.M.R.; FOOK, M.V.L. Aplicação de método estatístico no estudo da influência do peróxido de hidrogênio e do borohidreto de sódio na síntese de nanopartículas de prata (AGNPS). *Matéria (Rio J.)*, v. 24, n. 3, 2019.
- SRIVASTAVA, S., BHARGAVA, A., PATHAK, N., et al., “Production, characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles produced by *Fusarium oxysporum* and monitoring of protein-ligand interaction through in-silico approaches” *Microbial Pathogenesis*, v. 129, pp. 136-145, Apr. 2019.

**Isenção de responsabilidade/Nota do editor:** As declarações, opiniões e dados contidos em todas as publicações são exclusivamente de responsabilidade do(s) autor(es) e colaborador(es) individual(is) e não do Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es). O Caderno de Física da UEFS e/ou do(s) editor(es) isentam-se de responsabilidade por qualquer dano a pessoas ou propriedades resultante de quaisquer ideias, métodos, instruções ou produtos mencionados no conteúdo.