

Síntese e caracterização de nanopartículas de prata estabilizada em extrato de *Struthanthus Flexicaulis* Mart. (Erva-de-Passarinho)

Synthesis and characterization of silver nanoparticles stabilized in extract of *Struthanthus flexicaulis* Mart. (birdweed)

Síntesis y caracterización de nanopartículas de plata estabilizadas en un extracto de *Struthanthus flexicaulis* Mart. (alga)

Recebido: 18/10/2021 | Revisado: 25/10/2021 | Aceito: 26/10/2021 | Publicado: 29/10/2021

Nádia Lívia Amorim da Silva Câmara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7478-6307>

Centro Universitário UniFacid, Brasil

E-mail: nadia_livia@hotmail.com

Deuzuíta dos Santos Freitas Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1902-6505>

Centro Universitário UniFacid, Brasil

E-mail: deuzuitasfv@gmail.com

Vicente Galber Freitas Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3863-6974>

Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-Mail: galber@ifpi.edu.br

Resumo

A síntese de nanopartículas de prata é uma área que está se consolidando na nanotecnologia. A síntese verde tem alcançado espaço e reconhecimento na comunidade científica, pela diretriz do ambientalmente correto. O presente trabalho teve por objetivo a sintetizar e caracterizar nanopartículas de prata estabilizadas em extrato de *Struthanthus flexicaulis* Mart. AgNPS sintetizadas foram confirmadas pela presença do espectro de banda plasmônica visível na faixa entre 430nm a 480nm. As medidas do potencial Zeta para as três espécies produzidas, AgNPS-I, AgNPS-D e AgNPS-M variaram entre -28,0 mV a -22,0mV, apontando partículas como instáveis ou neutras. O Índice de Polidispersão (PDI), apresentou-se entre 0,296 a 0,303 demonstrando homogeneidade nas amostras, baixa variação nos tamanhos das partículas sem presença considerada de agregados. O tamanho do diâmetro das AgNPS formadas foram entre 45nm a 60nm, o que demonstra uma modificação superficial dos produtos formados. A síntese de AgNPS, a partir da síntese verde, apresentou uma equivalência entre os resultados, que se somarão aos estudos futuros sobre *Struthanthus flexicaulis*, que tem sido utilizada para fins terapêuticos.

Palavras-chave: Nanopartículas de prata; Síntese verde; *Struthanthus flexicaulis*.

Abstract

The synthesis of silver nanoparticles is a growing area in nanotechnology. The green synthesis has achieved space and recognition in the scientific community, according to the guideline of the environmentally correct. The present work aimed to synthesize and characterize silver nanoparticles stabilized in *Struthanthus flexicaulis* Mart. Synthesized AgNPS were confirmed by the presence of visible plasmonic band spectrum in the range between 430nm to 480nm. The Zeta potential measurements for the three produced species, AgNPS-I, AgNPS-D and AgNPS-M ranged from -28.0 mV to -22.0mV, indicating particles as unstable or neutral. The Polydispersity index (PDI) was between 0.296 and 0.303 showing homogeneity in the samples, low variation in particle sizes, and no aggregates. The diameter size of the AgNPS formed was between 45nm and 60nm, which demonstrates a surface modification of the products formed. The synthesis of AgNPS from the green synthesis showed a desirable equivalence between the results, which will add to future studies on *Struthanthus flexicaulis* Mart, that has been used for therapeutic purposes.

Keywords: Nanoparticles; Green synthesis; *Struthanthus flexicaulis*.

Resumen

La síntesis de nanopartículas de plata es un área que se está consolidando en la nanotecnología. La síntesis verde ha logrado espacio y reconocimiento en la comunidad científica, a través de la pauta de ser ambientalmente correcto. El presente trabajo tuvo como objetivo sintetizar y caracterizar nanopartículas de plata estabilizadas en extracto de *Struthanthus flexicaulis* Mart. Los AgNPS sintetizados se confirmaron por la presencia del espectro de banda plasmónica visible en el intervalo entre 430 nm y 480 nm. Las mediciones de potencial zeta para las tres especies

producidas, AgNPS-I, AgNPS-D y AgNPS-M variaron de -28,0 mV a -22,0 mV, lo que indica que las partículas son inestables o neutrales. El Índice de Polidispersión (PDI) osciló entre 0,296 y 0,303, demostrando homogeneidad en las muestras, baja variación en el tamaño de las partículas sin considerar la presencia de agregados. El tamaño del diámetro del AgNPS formado estaba entre 45 nm y 60 nm, lo que demuestra una modificación de la superficie de los productos formados. La síntesis de AgNPS, a partir de la síntesis verde, mostró una equivalencia entre los resultados, que se sumarán a futuros estudios sobre *Struthanthus flexicaulis* Mart, se ha utilizado con fines terapéuticos.

Palabras clave: Nanopartículas de plata; Síntesis verde; *Struthanthus flexicaulis*.

1. Introdução

A nanotecnologia tem despertado interesse pois possibilita a manipulação da matéria em seus níveis mais fundamentais. Devido as características ópticas, magnéticas, eletrônicas e/ou biológicas de materiais em formas tão minúsculas, aplicações inovadoras começaram a ser exploradas, embora ainda existam divergências quanto as dimensões máximas para se classificar um material em nanométrico (Silveira, 2020).

As propriedades das nanopartículas físicas, químicas e biológicas, além da reatividade, tem despertado o interesse da comunidade científica, esses atributos permitem o emprego destas nas mais diversas áreas, podendo ser utilizadas da fabricação de cosméticos, na medicina e até a remediação ambiental (Silva, 2020).

Segundo Durán et al., (2019), nanopartículas de prata é um dos nanomateriais mais estudados e utilizadas no ponto de vista industrial e comercial, devido suas propriedades características como estabilidade química, maleabilidade, flexibilidade, alta condutividade elétrica e térmica, atividade catalítica, baixo custo para produção e ação antimicrobiana frente a bactérias, vírus, fungos e protozoários. O grande número de estudos que envolvem a produção desses compostos está relacionando com a dificuldade do controle de tamanho, morfologia e a distribuição e composição química.(Lopes, 2017).

Vários são os processos de síntese de nanopartículas reportados na literatura. De acordo com Duran e Seabra, (2017), nanopartículas podem ser obtidas por métodos físicos, químicos e biogênicos. Onde os métodos químicos são baseados na redução de sais do metal desejado na presença de um agente redutor adequado, levando a formação de uma dispersão coloidal de nanopartículas metálicas. Rotas físicas são demoradas, onerosas e perigosas. Em contrapartida a rota biogênica é considerada de custo eficaz, ambientalmente correta, realizada em temperatura e pressão ambiente, certamente em meio aquoso e livre de resíduos químicos tóxicos.

O método biogênico é também conhecido como síntese verde para obtenção de nanopartículas de prata. E tem recebido crescente atenção na área da nanociência, por desenvolver protocolos de baixo custo, e apropriados a aplicações medicinais, por ser utilizados produtos naturais com potencial de reduzir, formar e estabilizar as NP, tais como micro-organismos, extratos de plantas e macromoléculas naturais dentre outros(Graça, 2015).

A síntese verde é considerada uma ferramenta importante para reduzir a destruição, propiciar efeitos positivos associados aos métodos tradicionais de síntese de nanopartículas comumente utilizados em laboratório e indústria e que pode acomodar diversos materiais biológicos, como fungos, bactérias, algas e extratos de plantas. Conseqüentemente, técnicas de biossíntese empregando extratos de plantas ganharam maior consideração como um método simples e eficiente, viável e de baixo custo (Singh et al., 2018).

Lopes, (2017) ressalta que a síntese verde envolve três principais etapas: seleção do solvente, seleção de uma agente redutor ecologicamente “correto” e substâncias não tóxicas que serão utilizadas na estabilização das AgNPs sintetizadas.

A caracterização de nanopartículas fornece informações tais como, tamanho, forma e distribuição das partículas por exemplo, que são fundamentais para determinar suas aplicações. As informações obtidas permitem avaliar e planejar os mecanismos de formação, atividade de agentes redutores e estabilizantes, condições de preparo. Possibilitando assim uma maior controle sobre a síntese das NPs (Silva, 2016)

A síntese e a caracterização de nanopartículas em extratos de planta é utilizada seja diretamente para a redução dos íons prata capeadores ou estabilizante (Singh et al., 2018), principalmente espécies de plantas usadas para fins terapêuticos, como atividade antimicrobiana como *Lippia sidoides* Cham. (Louchard, 2016), *Fumaria officinalis* L. (Milorad et al., 2018), *Anacardium occidentale* L. (Viana et al., 2021), *Helianthus annuus* L. (Lemos et al., 2021), *Cannabis sativa* L. (AC et al., 2021), *Perilla frutescens* onde foram avaliados atividades antibacteriana, antioxidante e anticâncer (NV et al., 2021).

De acordo com Patro (2016), a erva-de-passarinho, *Struthanthus flexicaulis* Mart., é uma planta parasita da família Loranthaceae e uma das espécies de erva-de-passarinho mais comuns no Brasil, atingindo diferentes tipos de árvores hospedeiras, tanto no meio urbano como rural. (Silva et al., 2010) relata a planta como de uso terapêutico, usada com antiinflamatório e antitumoral, e em seu extrato foi descrito a presença de taninos, alcaloides, flavonoides e terpenos.

O recente avanço tecnológico agregado ao desenvolvimento do conhecimento científico, impulsionam o surgimento de novos métodos controlados de síntese de nanopartículas, que possibilitam o desenvolvimento de novos materiais ou aprimoram as propriedades de materiais já existentes (Lopes, 2017). Portanto desenvolvimento desse estudo contribuirá com o acervo de informações sobre a planta, pois poucas informações sobre o uso e suas características foram registradas e o estudo de um novo produto em escala nanométrica. Portanto o presente trabalho teve por objetivo sintetizar e caracterizar as nanopartículas de prata em extratos da planta *Struthanthus flexicaulis* Mart, usada pela comunidade para cura de enfermidades, baseada no conhecimento tradicional.

2. Metodologia

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa laboratorial do tipo quantitativa, foi feita observação, descrição e análise dos resultados. A droga vegetal foi obtida após coleta, devida secagem e estabilização em estufa. Os extratos foram obtidos por infusão, decocção e maceração (Reginato, 2017). As nanopartículas foram produzidas por redução do nitrato de prata (AgNO_3), usando o citrato de sódio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$) como agente redutor, de acordo com o método de Turkevich, descrito em Oliveira (2013) e estabilizadas com extrato da planta, obtidos por diferentes métodos. Uma solução de AgNO_3 foi submetida a ebulição sobre uma placa de agitação até que fosse atingido o ponto de ebulição. Uma solução de $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$ a 1%, foi levada a gotejar sobre a solução de AgNO_3 numa velocidade aproximada de 1gota/s mantendo a agitação, o término da reação aconteceu com a mudança da coloração da solução resultante, sugestiva da formação de AgNP/citrato, sendo em seguida adicionados os extratos de *Struthanthus flexicaulis* Mart em frações dessa solução, conforme o método extrator. A produção das nanopartículas foi monitorada por UV-vis e posteriormente identificadas e armazenadas em frasco âmbar. De forma geral as nanopartículas formadas e estabilizadas no extrato da planta receberam a identificação AgNPS e de acordo com método extrator as nanopartículas produzidas receberam a identificação AgNPS-I, extração por infusão, AgNPS-D por decocção, AgNPS-M por maceração e AgNP-B as produzidas somente com citrato de sódio, para controle.

A caracterização de nanopartículas fornece informações tais como, tamanho, forma e distribuição das partículas por exemplo, que são fundamentais para determinar suas aplicações. As informações obtidas permitem avaliar e planejar os mecanismos de formação, atividade de agentes redutores e estabilizantes, condições de preparo. Possibilitando assim uma maior controle sobre a síntese das NPs (P. L. Silva, 2016). Na realização desta pesquisa a caracterização das nanopartículas formadas foi feita a partir da análise das características macroscópicas, Espectroscopia UV-vis, Potencial Zeta, Índice de polidispersão (PDI) e Distribuição do tamanho de partículas.

A espectroscopia UV-vis, é uma técnica que utiliza luz com comprimento de onda na série da luz visível entre os comprimentos de onda de 400nm a 800nm, sendo portanto muito utilizada na identificação de propriedades eletrônicas de nanopartículas de metais, tais como o Au, Ag e Cu (P. L. Silva, 2016). Para a caracterização dos espectros de absorção UV-vis,

foi utilizado um espectrofotômetro da marca SHIMADZU, a 25°C com a faixa entre 300 a 800 nm, utilizando água como solvente. A avaliação do Potencial Zeta (PZ) foi realizada utilizando o equipamento Zetasizer Nano ZS® (Malvern, UK), empregando-se a tecnologia de *Laser Doppler Electrophoresis*. Para realização das análises, foi feita a diluição da formulação (1:100) em água ultrapura. “A determinação do tamanho das partículas em nanosistemas é fator norteador no desenvolvimento tendo em vista que dependendo da finalidade o tamanho está intrinsecamente relacionado à eficiência.” (Louchard, 2016). A avaliação da distribuição do tamanho de partícula foi realizada utilizando-se novamente do equipamento Zetasizer Nano ZS® (Malvern, UK), empregando a tecnologia de Espalhamento Dinâmico de Luz (DLS), tal metodologia consegue mensurar o diâmetro das partículas através da avaliação ótica do movimento browniano. Os dados de índice de polidispersão (PDI), são calculados juntamente com a distribuição do tamanho de partículas, logo compartilham das mesmas metodologias de análise e equipamentos.

3. Resultados e Discussão

A síntese das nanopartículas (AgNPAS) aconteceu, partindo do nitrato de prata reduzido pelo citrato de sódio e extrato de *Struthanthus flexicaulis* Mart., como agente capeador ou estabilizante. A formação e estabilização foi evidenciada pela mudança na coloração da solução coloidal resultante, que mudou do incolor para amarelo e finalmente uma coloração marrom acastanhado, conforme mostra a Figura 1, A mudança de coloração é a primeira evidência de que têm-se NP produzidas isso devido ao efeito da ressonância plasmônica de superfície (SPR), que acontece devido a um elétron livre que surge das bandas de condução e valência próximas umas das outras nas nanopartículas de metal (Dada et al., 2019). As formulações apresentaram sem sinais de degradação como precipitação, para as três dispersões coloidais formadas, ainda sem odor, liberação de gases ou aspecto visível de oxidação

Figura 1. Formação de AgNPS, evidenciada pela mudança de coloração da solução coloidal.

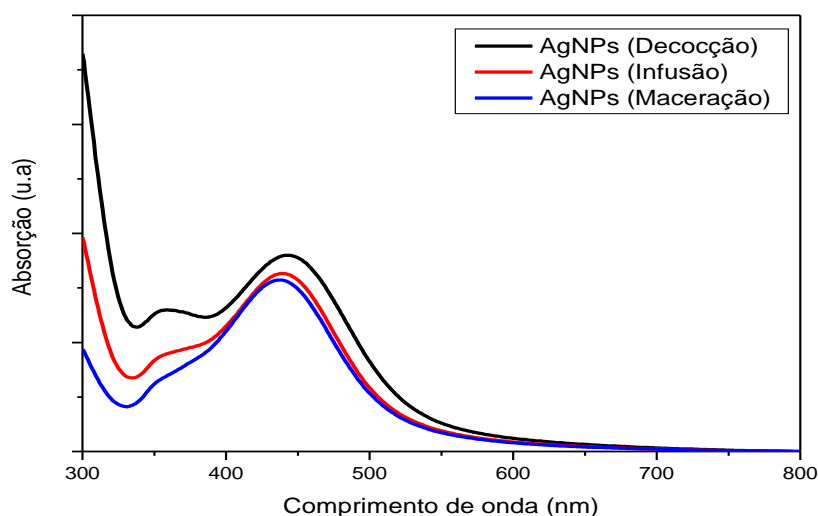


Fonte: Autores (2021).

A formação e estabilidade das nanopartículas formadas foram verificadas por espectroscopia UV-vis, que se mostra um método analítico eficaz na detecção de NP. As AgNPS apresentam banda de ressonância com pico aproximadamente entre 430nm a 480nm, indicando que houve formação de NPs. Nanopartículas produzidas com citrato como agente redutor possui banda de absorção por volta de 420nm (Lemes et al., 2017). Resultado que condiz com Lemos et al. (2021), que mostra os espectros com picos de 412nm a 422nm, para nanopartículas estabilizadas em extrato de girassol (*Helianthus annus* L.), e

picos de 430nm e 410-430 quando em extrato de cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) (Viana et al., 2021), e 450nm quando em *Acalypha wilkesiana* (Dada et al., 2019). De acordo com o gráfico 1, as nanopartículas produzidas e estabilizadas em extrato de *S. flexicaulis*, obtidas por infusão, decocção e maceração, apresentaram comprimento de onda semelhantes, comportamento semelhante com extrato das folhas de *Licaria puchury-major* Mart, por decocção e infusão que apresentaram comprimento de 436nm e 432nm, respectivamente e que as larguras das bandas estão relacionadas com a distribuição dos tamanhos (Graça, 2015).

Gráfico1: Espectroscopia de UV-vis das AgNPs, obtidas por diferentes métodos de extração.



Fonte: Autores (2021).

O potencial Zeta fornece dados a respeito da estabilidade das NPs, pois indica o estado eletrônico da superfície delas. Valores de PZ inferiores à -30 mV ou superior à +30 mV estão relacionados à alta estabilidade, enquanto as regiões intermediárias a esses valores indicam condições instáveis. (B. L. da Silva, 2017). Quanto mais próximo de zero o potencial Zeta, maior a velocidade de formação de agregados Essa diminuição deve promover a agregação das partículas (Palacio et al., 2012). Todas as nanopartículas sintetizadas nesse trabalho apresentaram cargas negativas para o PZ com valores, $-28,10 \pm 1,56$, $-22,00 \pm 1,99$ e $-25,37 \pm 1,80$, para AgNP-D, AgNP-I e AgNP-M, respectivamente. Consideradas assim como instáveis ou neutras. Essas características, tornam a formulação susceptível à agregação enquanto estiver no estado de dispersão coloidal (Quadros, 2018). A estabilidade das nanopartículas no ambiente pode portanto, ser avaliados estimando sua propensão para agregar ou interagir com a mídia circundante (Singh et al., 2018)

O Espalhamento Dinâmico de Luz (DLS), é amplamente utilizado na avaliação do tamanho hidrodinâmico e no comportamento de nanopartículas em solvente, quanto a aglomeração e dissolução (Santos, 2020)). O tamanho variou entre 45nm a 60 nm, quando se compara ao tamanho da AgNP-B igual a 25,94nm, o que demonstra uma modificação superficial dos produtos formados. A presença de uma camada de cobertura na síntese de Ag NPs mediada por plantas, onde o extrato da planta atua como camadas de cobertura, molda a nanopartícula durante seu crescimento e também tem um efeito na distribuição de tamanho dessas nanopartículas (Rauwel et al., 2015)

O índice de polidispersão (PDI), das nanopartículas foram de $0,303 \pm 0,002$ para AgNP-I, $0,299 \pm 0,007$ para AgNP-D e $0,296 \pm 0,007$ para AgNP-M, demonstrando homogeneidade nas amostras, baixa variação nos tamanhos das partículas sem

presença considerada de agregados. A AgNP-B apresentou um PDI elevado em relação aos produtos com extrato da planta. O índice de polidispersão pode variar de 0 a 1, valores mais próximos de 0, representa amostras com distribuição uniforme de tamanhos (Lemes et al., n.d.) NPs produzidas a partir de extratos por infusão de *Licaria puchury-major* Mart apresentaram PDI com valores menores que 0,3 (Graça, 2015). Aceitáveis valores de PDI dependem da aplicação, aumento no valor do PDI representam instabilidade para AgNPs, e valores mais baixos, são fortemente aceitáveis (Bruniera et al., 2020). O índice de polidispersão, que pode variar entre 0 e 1, valores próximos a 0 são registrados para amostras com uma distribuição uniforme de tamanhos, com um desvio padrão baixo em relação ao diâmetro hidrodinâmico (Lemes et al., n.d.)

Quanto à forma, pode se prever que todas as AgNPS formadas apresentam formado esférico, características que se relaciona com os valores de UV-vis obtidos. Duran e Seabra, (2017), mostra que NPs com tamanhos até 100nm possuem preferencialmente forma esférica. O tamanho de uma NP, pode ser relacionado com a aplicação a que se destina. A toxicidade de uma nanopartícula está relacionada com seu tamanho, pois menores tendem a ser mais tóxicas, devido a área superficial. (Durán et al., 2019).

Os valores para o potencial Zeta, tamanho e índice de polidispersão das AgNPS, estão representados na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1. Análise do potencial Zeta, índice de polidispersão e distribuição do tamanho das AgNPS.

	AgNP-B	AgNPS-I	AgNPS-M	AgNPS-D
Potencial Zeta	-42,73 ± 1,52	-22,00 ± 1,99	-25,37 ± 1,80	-28,10 ± 1,56
Tamanho Médio	25,94 ± 1,48	59,61 ± 0,6	45,54 ± 0,38	54,84 ± 0,22
PDI	0,581 ± 0,038	0,303 ± 0,002	0,296 ± 0,007	0,299 ± 0,007

Fonte: Autores (2021).

Graça (2015) descreve o método por infusão, como promissor para a síntese de nanopartículas de prata em extratos de *Licaria puchury-major*. De acordo com os resultados obtidos verificam-se que as variações s apresentadas nas características das AgNPS, foram mínimas, porém o potencial Zeta das AgNPS-D apresentou o valor mais próximo do desejável, assim as AgNPS-M, apresentaram o menor tamanho e as espécies AgNPS-I apresentaram relativamente o índice de polidispersão como mais aceitável

4. Conclusão

A pesquisa sobre de nanopartículas de prata, síntese e características é um campo vasto que precisa ser explorado pois são muitas as possibilidades para a produção e que estão intrinsicamente relacionadas com a aplicação de cada Np

A síntese verde mostrou-se como uma técnica rápida, segura e de baixo custo, o que permitiu a variação do método extrator sem agressões ao meio ambiente pois não houve a geração de resíduos tóxicos.

A síntese de AgNPS, por diferentes métodos de extração, mostrou uma desejável equivalência entre os resultados, porém estudos dos parâmetros de reação, tais como, agente redutor, temperatura, pH, concentração dos solventes e estabilizantes envolvidos são necessários, a fim de que se encontre valores satisfatórios dos parâmetros pesquisados de acordo com a função que se pode atribuir às AgNPS.

A síntese nanopartículas tendo o extrato de *Struthanthus flexicaulis* como agente estabilizador, contribuirá para construção do conhecimento científico a respeito da espécie, para futuras aplicações no campo medicinal, tendo em vista que a espécie é usada para fins terapêuticos.

Referências

- Csakvari, A. C., Moisa, C., Radu, D. G., Olariu, L. M., Lupitu, A. I., Panda, A. O., Pop, G., Chambre, D., Socoliuc, V., Copolovici, L., & Copolovici, D. M. (2021). Green Synthesis, Characterization, and Antibacterial Properties of Silver Nanoparticles Obtained by Using Diverse Varieties of Cannabis sativa Leaf Extracts. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(13). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26134041>
- Dada, A. O., Adekola, F. A., Dada, F. E., Adelani-Akande, A. T., Bello, M. O., Okonkwo, C. R., Inyinbor, A. A., Oluyori, A. P., Olayanju, A., Ajanaku, K. O., & Adetunji, C. O. (2019). Silver nanoparticle synthesis by *Acalypha wilkesiana* extract: phytochemical screening, characterization, influence of operational parameters, and preliminary antibacterial testing. *Heliyon*, 5(10), e02517. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02517>
- Durán, N., Rolim, W. R., Durán, M., Fávoro, W. J., & Seabra, A. B. (2019). Nanotoxicologia de nanopartículas de prata: toxicidade em animais e humanos. *Quim. Nova*, 42(2), 206–213. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170318>
- Duran, N., & Seabra, A. B. (2017). Biogenic Synthesized Ag/Au Nanoparticles: Production, Characterization, and Applications. *Current Nanoscience*, 14(2), 82–94. <https://doi.org/10.2174/1573413714666171207160637>
- Felipe, B. B., J., Gabriel-Silva, L., Silva Goulart, R., Teresinha, C., Silva-Sousa, Y., Guimarães Lara, M., Pitondo-Silva, A., Eduardo, S. M. C., & Eduardo, M. S. C. (2020). Antimicrobial Evaluation of Silver Nanoparticles for an Intracanal Dressing. *Brazilian Dental Journal*, 5, 485–492. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202003897>
- Graça, R. R. (2015). *Licaria puchury-major (MART.) kosterm: biossíntese de nanopartículas de prata dos extratos vegetais com atividade antimicrobiana*. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5099>
- Lemos, T. A. B., Viana, D. dos S. F., Viana, V. G. F., Lemos, M. H. da S., & Figueirêdo, G. S. de. (2021). Preparação, caracterização e aplicação antimicrobiana de nanopartículas de prata estabilizadas em extrato de girassol (*Helianthus Annus*). *Research, Society and Development*, 10(6), e11710615533. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15533>
- Lopes, J. R. (2017). Síntese de nanopartículas de prata (NPsAg) em soluções aquosas de fibroína de seda e gelatina. *Dissertação (Mestrado Em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP*, 115.
- Louchard, B. O. (2016). *Desenvolvimento de nanocápsulas poliméricas contendo óleo essencial de alecrim-pimenta (Lippia sidoides Cham): caracterização e avaliação biológica* [Master's thesis, Universidade Federal do Ceará]. Biblioteca de Ciências da Saúde. http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50378/1/2016_tese_bolouchard.pdf
- Milorad Cakić, Glišić, S., Cvetković, D., Cvetinov, M., Stanojević, L., Danilović, B., & Cakić, K. (2018). Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles Produced from *Fumaria officinalis* L. Plant Extract. *Colloid Journal*, 80(6), 803–813. <https://doi.org/10.1134/S1061933X18070013>
- Lemes, G. M., Castilho, M. L., & Raniero, L. (2017, October 27). *Influência da concentração de citrato de sódio na formação de nanopartículas de prata*. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, São Paulo. http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0910_0557_01.pdf
- NV, R., H. L., T. H., MS, B., Z. R., & Z. Z. (2021). Phytosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Perilla frutescens* Leaf Extract: Characterization and Evaluation of Antibacterial, Antioxidant, and Anticancer Activities. *International Journal of Nanomedicine*, 16, 15–29. <https://doi.org/10.2147/IJN.S265003>
- Oliveira, R. A. D. (2013). *Estudo sobre a conversão, formação e desenvolvimento de nanopartículas de prata pelo método de turkevich modificado* [Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo]. www.teses.usp.br
- Patro, R. (2016, September 30). *Erva-de-passarinho – Struthanthus flexicaulis*. Jardineiro.net. <https://www.jardineiro.net/plantas/erva-de-passarinho-struthanthus-flexicaulis.html>
- Palacio, S. M., Ihabuinski, R. A., & De, E. A. (2012). *Síntese de nanopartículas de prata e avaliação de sua toxicidade em comparação à prata iônica*. <http://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1583>
- Quadros, H. C. (2018). *Desenvolvimento de nanopartículas para a liberação de adrenomedulina-2 no miocárdio infartado*. <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/26342>
- Rauwel, P., Rauwel, E., Ferdov, S., & Singh, M. P. (2015). Silver nanoparticles: Synthesis, properties, and applications. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/624394>
- Reginato, F. H. (2017). Introdução à análise Fitoquímica. In C. M. O. Simões, E. P. Schenkel, J. C. P. de Mello, L. A. Mentz, & Pedro Ros Petrovick (Eds.), *Farmacognosia. do produto natural ao medicamento* (pp. 69–81). Artes Médica.
- Santos, M. C. (2020). *Síntese de nanopartículas de prata e avaliação da toxicidade em caramujos*. [Doctoral dissertation, Instituto Federal Goiano]. Sistemas Integrado de bibliotecas- Instituto goiano. <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1583>
- Silva, B. L. da. (2017). A influência do tamanho das nanopartículas na atividade antibacteriana do ZnO. In *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada* (Vol. 38, p. 92).
- Silva, N. L. A. da, Miranda, F. A. A., & Conceição, G. M. da. (2010). Triagem Fitoquímica de Plantas de Cerrado, da Área de Proteção Ambiental Municipal do Inhamum, Caxias, Maranhão. *SCIENTIA PLENA*, 6, 1–17.
- Silva, K. D. C. (2020). *Síntese e caracterização de nanopartículas estabilizadas com goma de cajueiro: atividade catalítica, atividade antibacteriana e avaliação da toxicidade* [Doctoral dissertation, Universidade Federal do Piauí]. Biblioteca Setorial Prof. Cândido Athayde. repositorio.ufpi.br/xmlui/handle/123456789/2285

Silva, P. L. (2016). *Nanopartículas de prata para utilização como agente antimicrobiano em blendas de amido e poli (álcool vinílico)*. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22229>

Silveira, E. S. (2020). *Desenvolvimento, avaliação da atividade Leishmanicida e toxicológica de nanosistema de cumarina(1,2-benzopirona)* [Master's thesis, Universidade Federal do Ceará]. Biblioteca Universitária. http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56080/1/2020_tese_essilveira.pdf

Singh, J., Dutta, T., Kim, K. H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). “Green” synthesis of metals and their oxide nanoparticles: Applications for environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0408-4>

Viana, A. V., Viana, D. dos S. F., Figueirêdo, G. S. de, Brito, J. E. de., & Viana, V. G. F. (2021). Síntese verde e caracterização de nanopartículas de prata em curcumina e extrato de cajueiro (*Anacardium occidentale*). *Research, Society and Development*, 10(6), e11310615512. <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I6.15512>