

## **SÍNTESE VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PARA USO EM BIOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS**

### *GREEN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES FOR USE IN DENTAL BIOMATERIALS*

#### **André Narciso<sup>1</sup>**

Cirurgião-Dentista, Mestrando  
em Ambiente e Saúde,  
Universidade do Planalto  
Catarinense, E-mail:  
andre.mnarciso@hotmail.com

#### **Brenda Paim<sup>2</sup>**

Graduanda em Medicina,  
Universidade do Planalto  
Catarinense, E-mail:  
brenda-paim@hotmail.com

#### **Cleonice Gonçalves da Rosa<sup>3</sup>**

Química de Alimentos, Doutora  
em Ciência dos Alimentos,  
Universidade do Planalto  
Catarinense, E-mail:  
cleorosaqm@yahoo.com.br

#### **Jefferson Viapiana Paes<sup>4</sup>**

Cirurgião-Dentista, Doutor em  
Odontologia, Universidade do  
Planalto Catarinense, E-mail:  
drpaes@gmail.com

#### **Michael Ramos Nunes<sup>5</sup>**

Químico, Doutor em Química,  
Instituto Federal de Santa  
Catarina, E-mail:  
michael.nunes@ifsc.edu.br

#### **Anelise Viapiana Masiero<sup>6</sup>**

Cirurgião-Dentista, Doutora em  
Odontologia, Universidade do  
Planalto Catarinense, E-mail:  
avmasiero@gmail.com

### **RESUMO**

A nanotecnologia tem revolucionado diversas áreas da saúde, dentre elas a odontologia. O uso de nanopartículas associada aos materiais odontológicos se justifica pela melhoria das propriedades físico-químicas dos materiais. Em especial nanopartículas de prata sintetizadas pelo método de biorredução possuem uma grande superfície de contato, com propriedades antimicrobianas e características não citotóxicas. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as propriedades físico-químicas de nanopartículas de prata obtidas por biorredução usando folhas de araçá-vermelho (*Psidium catelanium* Sabine). A formação das nanopartículas de prata foi confirmada pelo aparecimento de uma banda em 400 nm nos espectros de UV-vis, característicos da superfície de ressonância plasmônica (SPR). As AgNPs apresentaram um diâmetro médio de  $258,3 \pm 5$  nm e índice de polidispersão de 0,300 e estabilidade eletroforética, com valores de potencial zeta de  $-21,0 \pm 4$  mV. Os extratos das folhas de *Psidium catelanium* Sabine mostraram boa atividade antioxidante frente a inibição do radical livre DPPH e excelente conteúdo de compostos fenólicos. Os resultados demonstram excelentes propriedades físico-químicas das nanopartículas de prata obtidas por biorredução usando folhas de araçá-vermelho com potencial de desenvolvimento de um biomaterial inovador para uso odontológico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanotecnologia. Nanopartículas de prata. Odontologia.

### **ABSTRACT**

Nanotechnology has revolutionized many areas of health, including dentistry, improving the physicochemical properties of dental materials and developing new ways of diagnosing and treating related diseases. Silver nanoparticles (AgNPs) synthesized by the bioreduction method have a large contact surface with antimicrobial properties and non-cytotoxic characteristics. Given the exposed, the present work aimed to evaluate the physicochemical properties of silver nanoparticles obtained by bioreduction using leaves of araçá vermelho (*Psidium catelanium* Sabine). The formation of AgNPs was confirmed by the appearance of a band at 400 nm in the UV-vis spectra characteristic of the surface plasmon resonance (SPR). AgNPs had an average diameter of  $258.3 \pm$

5 nm, with a polydispersion index of 0.300 and electrophoretic stability, with zeta potential values of  $-21.0 \pm 4\text{mV}$ . Psidium catelanium Sabine leaf extracts showed good antioxidant activity against DPPH free radical inhibition and excellent phenolic compound content. The results demonstrate the development potential of an innovative biomaterial with non-toxic properties and antimicrobial action to enhance the repair process, reduce the use of systemic antibiotics and reduce the risk of new surgical interventions in dentistry.

**KEYWORDS:** Nanotechnology. Silver nanoparticles. Dentistry.

## INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é uma ciência que estuda estruturas, materiais e partículas, em que uma de suas dimensões está em escala nanométrica (nm) (BUSQUETS; MBUNDI, 2017). A nanociência tem revolucionado diversas áreas da saúde (SAHOO; PARVEEN; PANDA, 2007), dentre elas, a odontologia (BAPAT et al., 2018). Neste contexto, íons e nanopartículas metálicas se destacam como agentes antimicrobianos com propriedades atóxicas associados a enxertos ósseos, na engenharia de tecidos, em tratamentos endodônticos (BAPAT et al. 2018, BARUA et al. 2017, CHÁVEZ-ANDRADE et al., 2017; LU et al., 2016, NORONHA et al. 2017) e no aprimoramento das propriedades físico-químicas dos materiais odontológicos (ALKAHTANI, 2018).

As técnicas comumente empregadas para sintetizar materiais nanoestruturados são chamadas de “bottom up” do inglês “de baixo para cima” e “top down” do inglês “de cima para baixo” (FERREIRA; RANGEL, 2009). A técnica “top down” utiliza processos de ruptura de uma porção maior do material em nanopartículas (FERREIRA; RANGEL, 2009), normalmente partículas obtidas por este método apresentam defeitos em sua estrutura, pois é necessário realizar tensão entre os átomos para produzir as nanopartículas (PIRES, 2013). A técnica “bottom up”, consiste no processo de agregação e auto-organização dos átomos e moléculas de metal (FERREIRA; RANGEL, 2009), sendo que as partículas obtidas por este método geralmente são mais uniformes e homogêneas (PIRES, 2013).

As nanopartículas e os materiais nanoestruturados disponíveis são classificados de acordo com o material de origem (JEEVANANDAM et al., 2018). Nanomaterial a base de carbono, são encontrados em morfologias como tubos ocos, elipsóides ou esferas e são representados por nanotubos de carbono ou nanofibras de carbono. Nanomateriais inorgânicos são representados pelas nanopartículas metálicas, obtidas a partir da redução de sais ou óxidos metálicos. Nanomateriais as bases de moléculas orgânicas incluem micelas, lipossomas e nanopartículas poliméricas. Estas estruturas se valem de interações não covalentes (fracas) para a sua automontagem. Por fim os nanocompósitos são estruturas multifásicas, com uma fase na dimensão em nanoescala, que pode combinar nanopartículas com outras nanopartículas ou nanopartículas combinadas com materiais em dimensões maiores (JEEVANANDAM et al. 2018).

Para sintetizar as nanopartículas existem diversos métodos que podem ser empregados, tais como os métodos químicos, os físicos e os biológicos. De maneira geral, os métodos físicos e químicos apresentam limitações, pois envolvem custos elevados, necessitam da utilização de agentes redutores

altamente poluentes, o que resulta em nanopartículas instáveis e tóxicas à saúde humana, fato que restringe a aplicabilidade (IRAVANI et al., 2014; RAJA; RAMESH; THIVAHARAN, 2017; RAJ; MALI; TRIVEDI, 2018).

A síntese das nanopartículas usando os princípios da “química verde” visa reduzir ou eliminar a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Anastas e Warner (1998) estabeleceram critérios que devem ser seguidos para implantar os métodos da química verde. Dentre os critérios, o uso de matéria-prima oriunda de fontes renováveis e a síntese de produtos atóxicos, são aspectos relevantes para desenvolver e produzir um novo produto, pois espera-se que o processo seja economicamente viável e sustentável, sem gerar substâncias tóxicas no meio ambiente (MANAHAN, 2006).

Neste contexto de síntese de nanopartículas metálicas de maneira rápida, sustentável, economicamente viável e conveniente para uma produção em larga escala, há relatos na literatura de que as nanopartículas pode ser obtida por biorredução de extratos naturais de plantas, como as folhas de araquá *Psidium catelanium Sabine* (SANA; DOGIPARTHI, 2018). Ainda, pesquisas recentes demonstram que a utilização das nanopartículas de prata sintetizadas pelo método verde não apresenta risco à saúde humana, em razão de sua baixa toxicidade (KHORRAMI et al. 2018; SHI; SUN; HE, 2018).

O mecanismo geral para a redução dos íons de prata e a consequente formação das nanopartículas de prata, por meio da ação biológica, consiste na doação de elétrons de um agente antioxidante, onde o composto fenólico (flavonoide) reduzido doa um elétron para a prata oxidada ( $Ag^+$ ), que se transforma em prata reduzida ( $Ag^0$ ), e o flavonoide “oxidado” é estabilizado por ressonância (NUNES et al., 2018).

Inicialmente o extrato da planta reduz os íons de prata, e estes átomos ficam neutros, com carga zero, em seguida, no processo de nucleação, os átomos sem carga colidem entre si formando um núcleo estável (ALBERNAZ, 2014). Logo após este processo, os átomos colidem novamente e formam partículas maiores (processo de crescimento), finalmente haverá o esgotamento dos íons metálicos e o recobrimento das partículas por compostos presentes no extrato vegetal e promove a estabilização do sistema (ALBERNAZ, 2014). Desta forma, grande parte dos compostos antioxidantes presente no extrato vegetal irá aderir à superfície das nanopartículas, conferindo assim características peculiares e únicas, como atividade antioxidante, antibacteriana e antifúngica (ALBERNAZ, 2014).

Diante do exposto, observa-se que as nanopartículas de prata podem ser utilizadas em estudos que envolvam a saúde humana, desde que comprovada a sua não toxicidade. Assim, o presente trabalho teve como objetivo sintetizar nanopartículas de prata por biorredução por meio de folhas de araquá-vermelho (*Psidium catelanium Sabine*) e avaliar suas propriedades físico-químicas na perspectiva de associação futura a biomateriais odontológicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento caracteriza-se como um estudo experimental conduzido na Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC), em colaboração com o Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), realizado em duas etapas. Na primeira etapa foi realizada a caracterização das folhas de araquá vermelho, e posteriormente foi realizada a síntese e caracterização das nanopartículas de prata.

## Caracterização das folhas de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine)

As folhas da planta de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) foram coletadas na UNIPLAC, Lages, Brasil (27°48'S, 50°20'W). Primeiramente, as folhas foram secas em estufa com circulação de ar a 40°C por 24 horas e, em seguida trituradas. Para obtenção do extrato aquoso, as amostras trituradas foram homogeneizadas com água destilada e posteriormente aquecidas a 75 °C por 2 minutos na proporção 10 gramas de folha para 100 ml de água e filtradas em papel filtro.

O teor de fenólicos totais foi determinado nos extratos aquosos das folhas de araçá-vermelho utilizando o método descrito por Singleton et al. (1999). Como tratamento controle foi utilizada água em substituição aos extratos. Na análise dos compostos fenólicos totais, inicialmente 104 µL de extrato aquoso das folhas foram homogeneizados com 104 µL de reagente Folin-Cicalteau 0,25N. A mistura reagiu por 3 minutos e posteriormente foram adicionados 208 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1N, e reagidos por mais 2h. Decorrido, esse período em repouso a amostra foi analisada em espectrofotômetro UV-Vis Bel Photonics M51 a 725 nm. O teor de fenólicos totais foi quantificado a partir de uma curva de calibração externa em ácido gálico nas concentrações de 0, 20, 50, 100, 200, 300, 350, 450 µg.mL<sup>-1</sup>. E o teor de fenólicos totais dos extratos foram expressos em mg de ácido gálico por 100 mg de amostra.

A atividade antioxidante dos extratos das folhas de araçá vermelho foi determinada pela capacidade dos compostos presentes nas amostras em inibir o radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) de acordo com o método descrito por Brand-Williams et al. (1998). Para avaliar a atividade antioxidante, uma alíquota de 1000 µL de amostra foram adicionados a 3,9 mL de DPPH (0,1 mmol.L<sup>-1</sup>) e analisados após 30 min em espectrofotômetro UV-Vis Bel Photonics M51, em comprimento de onda de 517 nm.

## Síntese e caracterização das nanopartículas de prata

As nanopartículas de prata foram sintetizadas pela técnica de bio-redução de acordo com metodologia descrita por Nunes et al. (2018). Inicialmente 2 mL da solução de nitrato de prata (3.10<sup>-4</sup> mols.L<sup>-1</sup>), foi reduzida na presença de 10 mL do extrato aquoso das folhas de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine). A formação das nanopartículas foi confirmada a partir da análise de varredura no comprimento de onda do espectro de UV-VIS realizada em espectrofotômetro UV-visível Bel Photonics M51 usando uma célula de quartzo.

A determinação do tamanho da partícula (Z-ave), índice de polidispersão (IP) e potencial zeta  $\zeta$  (mV) das nanopartículas foram obtidos por meio da técnica de espalhamento de luz (DLS), utilizando um equipamento Zetasizer Nano Series (Malvern Instruments). As amostras foram diluídas apropriadamente com água filtrada Milli-Q®, e as medições foram realizadas a 25° C a um ângulo de 173°. Para as medições, as amostras foram colocadas em célula de eletroforese.

A morfologia das nanopartículas de prata foi verificada por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), utilizando microscópio JEOL, modelo JEM-1011, operando a 80 kV. A dispersão das nanopartículas foi colocada em grids

de cobre revestida de carbono (malha 200 mesh). As grids foram observadas ao microscópio após terem sido secas à temperatura ambiente.

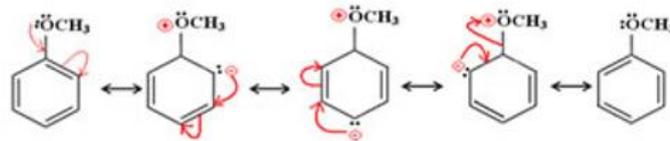
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os radicais livres podem ser definidos como qualquer espécie molecular que contenham um elétron não emparelhado em um orbital atômico. Muitos radicais são instáveis e altamente reativos. Eles podem doar um elétron ou aceitar um elétron de outras moléculas, comportando-se como oxidantes ou redutores. Essas são espécies altamente reativas, capazes de danificar o núcleo e as membranas celulares, além de reagir com moléculas biologicamente relevantes, como DNA, proteínas, carboidratos e lipídios (LOBO et al. 2010).

O valor de inibição do radical livre DPPH foi  $0,028 \pm 0,001$  mg de Trolox equivalente mL<sup>-1</sup> para o extrato das folhas de araçá vermelho. Esse resultado mostra que o extrato de *Psidium cattleianum* Sabine apresenta grande potencial antioxidante. Um antioxidante é uma molécula estável o suficiente para doar um elétron a um radical livre e neutralizá-lo, reduzindo assim sua capacidade de reagir com outras moléculas. Os antioxidantes do extrato de *Psidium cattleianum* Sabine podem interagir com os radicais livres e interromper a reação em cadeia antes que as moléculas vitais sejam danificadas. O principal mecanismo de atuação dos antioxidantes é a doação de um elétron ao radical livre, sem que o antioxidante se torne um novo radical livre. Os antioxidantes naturais mais proeminentes são os compostos fenólicos (Nunes et al. 2018). O resultado de compostos fenólicos totais para o extrato de *Psidium cattleianum* Sabine foi  $0,037 \pm 0,002$  mg de ácido gálico equivalente mL<sup>-1</sup> de extrato. Estes resultados comprovam que as folhas de araçá possuem compostos fenólicos na sua composição corroborando como os achados de Pereira et al. (2018).

As hidroxilas fenólicas podem atuar como agente redutor, doando prótons (H<sup>+</sup>). A ressonância do anel benzênico mantém o equilíbrio eletrônico da estrutura química (NUNES et al. 2018). O efeito ressonante é a atração ou repulsão que ocorre entre os elétrons da ligação  $\pi$ , no anel benzênico. Esse efeito pode ocorrer em ligações  $\pi$  de ligações duplas ou triplas. Se o grupo substituinte for um doador de elétrons, ele realizará a ressonância dentro do anel, isto é, deslocalizará a carga negativa ao longo do anel benzênico. Um grupo que realiza esse mecanismo é o radical arila (-OCH<sub>3</sub>) (Hansen; Koch e Kleinpeter, 2018). Na Figura 1 é possível observar que o oxigênio doa elétrons para o anel benzênico, fornecendo mais um contribuinte de ressonância e aumentando a estabilização dela. Isso aumenta a densidade eletrônica no anel, o que faz com que a próxima reação de substituição ocorra com maior velocidade, pois o grupo que irá atacar é eletrofílico (possui carga positiva) e está ávido para ganhar elétrons. Dessa forma, quando um grupo ligante ao anel age dessa forma, como elétron-doador, é chamado de ativante e irá orientar o grupo seguinte para se ligar nas posições orto e para do anel (Hansen; Koch e Kleinpeter, 2018). Estes resultados mostram que os extratos de araçá vermelho podem atuar como agentes redutores, para biossíntese de nanopartículas de prata.

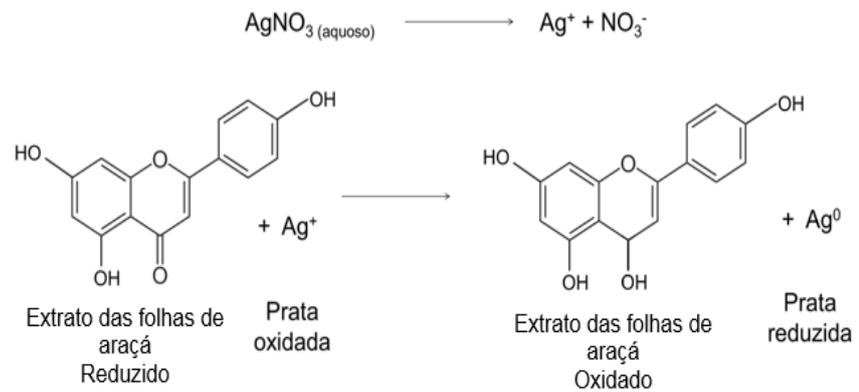
**Figura 1.** Representação do efeito ressonante com um grupo elétron-doador.



**Fonte:** Hansen; Koch e Kleinpeter, (2018).

A redução dos íons  $\text{Ag}^+$  presentes na solução de  $\text{AgNO}_3$  resultam na formação de nanopartículas metálicas, de acordo com o mecanismo mostrado na Figura 2, proposto por Sana e Dogiparthi (2018).

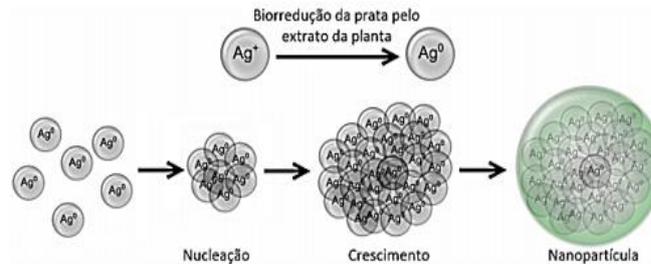
**Figura 2:** Mecanismo de síntese nas nanopartículas de prata



**Fonte:** Sana e Dogiparthi (2018), com modificações.

A formação das AgNPs por nucleação (Figura 3) foi confirmada pelo aparecimento de bandas em 400 nm nos espectros de UV-vis, característicos da superfície de ressonância plasmônica (SPR) das nanopartículas de prata (Figura 4).

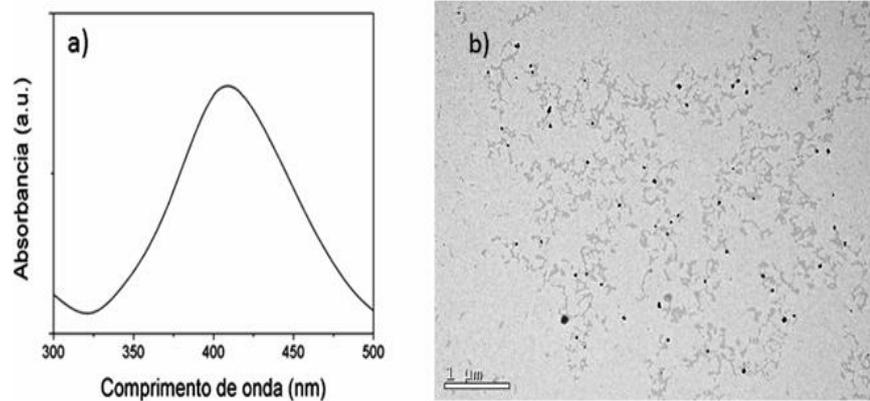
**Figura 3:** Processo de formação das nanopartículas de prata sintetizadas com extrato vegetal.



**Fonte:** Albernaz (2014).

Na Figura 4, são mostradas as imagens de MET das nanopartículas de prata obtidas. Pode-se observar a formação de partículas esféricas com tamanhos extremamente reduzidos. Por meio da técnica de espalhamento de luz dinâmico do inglês “Dynamic Light Scattering” (DLS) foi obtido um diâmetro médio de partícula de  $258,3 \pm 5$  nm e índice de polidispersão de 0,300. Estes resultados corroboram com os obtidos por MET, que indicam a formação de partículas pequenas (em escala nanométrica) e altamente dispersas, isto é, partículas que não estão aglomeradas, visto que elas apresentam tendência à aglomeração devido à energia superficial resultante dos domínios reduzidos (NUNES et al. 2012). Desta forma se faz necessário a utilização de agentes estabilizadores para a obtenção de diâmetros mais reduzidos, impedindo a coalescência e aglomeração das partículas (NUNES et al. 2012). O presente trabalho confirma que o extrato aquoso de arará vermelho, além de atuar como agente redutor nas nanopartículas, também age como agente estabilizante das mesmas. As nanopartículas obtidas neste trabalho apresentaram estabilidade, com valores de potencial zeta de  $-21,0 \pm 4$  mV. Valores de potencial zeta próximos a +30 mV e -30 mV e conferem estabilidade das cargas em uma dispersão de nanopartículas (da ROSA et al. 2015). Uma camada de moléculas adsorvida na superfície das partículas, altera o potencial zeta. O potencial zeta é em função da carga superficial da partícula, de qualquer camada adsorvida na interface com o meio e da natureza e composição do meio que a circunda. Esse potencial reflete a carga efetiva nas partículas, se correlaciona com a repulsão eletrostática entre elas e com a estabilidade da suspensão. O potencial zeta é um indicador útil da carga das partículas e pode ser usado para prever e controlar a estabilidade de suspensões ou emulsões coloidais (da ROSA et al. 2015). Quanto maior ou menor o potencial zeta mais provável que a suspensão seja estável, pois as partículas carregadas se repelem umas às outras e essa força supera a tendência natural à agregação (da ROSA et al. 2020).

**Figura 4.** a) Espectro de UV-visível das AgNPs; b) Imagens de MET das AgNPs.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo pode se concluir que as nanopartículas de prata podem ser obtidas por biorredução, utilizando extrato aquoso de folhas de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine). Este extrato possui boa atividade antioxidante e elevado conteúdo de compostos fenólicos. Os resultados obtidos por Espectroscopia no UV-Vis, DLS e MET, mostraram partículas com tamanhos reduzidos e estáveis nas condições estudadas. Desta forma observa-se que, estas nanopartículas de prata excelentes propriedades físico-químicas para futuras associações a biomateriais de uso odontológico

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPQ, Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME – UFSC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina - FAPESC (Termo de Outorga 2019TR70) pelo apoio.

## REFERÊNCIAS

ALKAHTANI, R. N. The implications and applications of nanotechnology in dentistry: A review. **The Saudi Dental Journal**, v. 30, p. 107-116, 2018.

ANASTAS, P.; WARNER, J. **Green Chemistry: Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 1998.

BAPAT, R. A. et al. An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. **Materials Science and Engineering: C**. v. 91, p. 881-898, 2018.

BARUA, S. et al. Silver Nanoparticles as Antibacterial and Anticancer Materials Against Human Breast, Cervical and Oral Cancer Cells. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 17, p. 968-976, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p.25-30, 1995.

BUSQUETS, R., MBUNDI, L. Emerging Nanotechnologies in Food Science: Micro and Nano Technologies. **Chapter One** - Concepts of Nanotechnology. Amsterdã: Elsevier, p. 1-9, 2017.

CHÁVEZ-ANDRADE, G. M. et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial activity of poly (vinyl alcohol) - coated silver nanoparticles and farnesol as irrigating solutions. **Archives of Oral Biology**, v. 84, p. 89-93, 2017.

DA ROSA, C. G. et al. Application in situ of zein nanocapsules loaded with *Origanum vulgare* Linneus and *Thymus vulgaris* as a preservative in bread. **Food Hydrocolloids**, v. 99, p. 105339, 2020.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

HANSEN, P. E., KOCH, A., KLEINPETER, E. Ring current and anisotropy effects on OH chemical shifts in resonance-assisted intramolecular H-bonds. **Tetrahedron Letters**, v. 59, p. 2288–2292, 2018.

JEEVANANDAM, J. et al. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. Beilstein **Journal of Nanotechnology**, v. 9, p. 1050–1074, 2018.

KHORRAMI, S. et al. Selective cytotoxicity of green synthesized silver nanoparticles against the MCF-7 tumor cell line and their enhanced antioxidant and antimicrobial properties. **International Journal of Nanomedicine**, v. 13, p. 8013–8024, 2018.

LOBO, V., PATIL, A., PHATAK, A., CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Review**, v. 4, p. 118–126, 2010.

LU, H. et al. Biomaterials with antibacterial and osteoinductive properties to repair infected bone defects. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, p. 334, 2016.

MANAHAN, S. E. **Environmental chemistry**. 8. ed. Florida: Boca Raton, 2006.

NORONHA, V. T. et al. Silver nanoparticles in dentistry. **Dental Materials**. v. 33, p. 1110-1126, 2017.

- NUNES, M. R. et al. Antioxidant and antimicrobial methylcellulose films containing Lippia alba extract and silver nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 192, p. 37-43, 2018.
- NUNES, M. R. et al. Charged silsesquioxane used as a vehicle for gold nanoparticles to perform the synthesis of catalyst xerogels. **Journal of Sol-Gel Science and Technology**, v. 63, p. 258–265, 2012.
- PEREIRA, E. S. et al. Psidium cattleianum fruits: A review on its composition and bioactivity. **Food Chemistry**, v. 258, p. 95–103, 2018.
- RAJ, S.; CHAND MALI, S.; TRIVEDI, R. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Enicostemma axillare* (Lam.) leaf extract. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v. 503, p. 2814-2819, 2018.
- SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. The present and future of nanotechnology in human health care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, v. 3, p. 20–31, 2007.
- SANA, S. S.; DOGIPARTHI, L. K. Green synthesis of silver nanoparticles using *Givotia moluccana* leaf extract and evaluation of their antimicrobial activity. **Materials Letters**, v. 226, p. 47–51, 2018.
- SHI, T.; SUN, X.; HE, Q. Cytotoxicity of Silver Nanoparticles Against Bacteria and Tumor Cells. **Current Protein and Peptide Science**, v. 19, p. 525 – 536, 2018.
- SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**, v. 299, p.152 -178, 1999.

7

**Recebido em:** 29-09-2019

**Aceito em:** 11-11-2019