

## Nanopartículas de prata em bases de próteses de PMMA para controle de atividade microbiana

Isadora Lícia Inácio Silva<sup>1</sup>  | Maria Alice Virgulino Ferreira<sup>1</sup>  | Audrey Nunes de Andrade<sup>2</sup>  | Patrícia Lins Azevedo do Nascimento<sup>1</sup>  | Vanda Sanderana Macedo Carneiro<sup>3</sup>  | Cláudia Cristina Brainer de Oliveira Mota<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Centro Universitário Tabosa de Almeida, Caruaru, Pernambuco, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>3</sup>Curso de Odontologia, Universidade de Pernambuco, Camaragibe, Pernambuco, Brasil

**Objetivo:** Avaliar *in vitro* a atividade de *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans* em bases de próteses convencionais à base de polimetilmetacrilato de metila com nanopartículas de prata incorporadas a sua composição.

**Métodos:** Foi realizado um estudo experimental laboratorial com resinas acrílicas autopolimerizáveis comercialmente disponíveis, Vipi Flash/VIPI e JET/Clássico. Foram confeccionados 80 corpos de prova, divididos em 16 grupos (n = 5), referentes ao tipo de resina, tratamento (incorporação e imersão na solução de nanopartículas de prata) e microrganismo inoculado. As nanopartículas foram sintetizadas com ácido polimetacrílico, nitrato de prata e irradiadas com luz ultravioleta de baixa potência (~8W) por 6 horas, e as suas concentrações idealizadas pelo método de microdiluição em placas para determinação da concentração mínima inibitória frente aos microrganismos selecionados. Verificou-se ação bactericida e fungicida com concentração inicial de 25% e após fator de diluição 12,5%.

**Resultados:** Houve dificuldade de incorporação das nanopartículas na resina acrílica, que pode decorrer da alteração da proporção 3:1 recomendada pelo fabricante ou pela redução ou inativação da ação da nanopartícula de prata pela interação com o polimetilmetacrilato. VIPI com inclusão de nanopartícula obteve menor aderência de biofilme de *Candida albicans*.

**Conclusão:** A nanopartícula de prata mostrou-se eficaz na sua ação de controle de *Candida albicans* e *Staphylococcus aureus* no método de imersão, entretanto, a sua ação antimicrobiana foi comprometida após inclusão nas resinas acrílicas.

**Descritores:** Nanotecnologia. Nitrato de prata. Polimetil metacrilato. Bases de dentadura.

Submetido: 27/11/2020

Aceito: 30/04/2021

## INTRODUÇÃO

A reabilitação oral protética visa restabelecer função, estética do aparelho estomatognático e qualidade de vida, após a perda de elementos dentários<sup>1</sup>. Para confecção das reabilitações, as resinas acrílicas representam os materiais mais utilizados, que

preenchem os requisitos estéticos e funcionais, com qualidade e conforto para os usuários da prótese<sup>2</sup>.

O polimetilmetacrilato de metila (PMMA) é um polímero amplamente utilizado na preparação de bases de próteses parciais ou totais<sup>3</sup>. Características versáteis, como estabilidade dimensional, biocompatibilidade, ausência de

**Autor para Correspondência:** Cláudia Cristina Brainer de Oliveira Mota

Av. Portugal, 584, Bairro Universitário, Caruaru, Pernambuco, Brasil. CEP: 55.016-400. Telefone: +55 81 2103 2000

E-mail: claudiabmota@gmail.com

sabor e odor, capacidade de polimento e baixo custo, tornam as resinas acrílicas à base desse material as mais consumidas pelo mercado<sup>4</sup>.

A estomatite protética possui etiologia relacionada aos problemas de saúde geral do indivíduo associado a problemas locais microbianos, como acúmulo de placa bacteriana e colonização de fungos com interferências mecânicas na porosidade da resina que forma a sela da prótese<sup>5,6</sup>.

A proliferação de patógenos como *Candida albicans* e *Staphylococcus aureus* e aparecimento de lesões é induzida pela rugosidade da superfície das resinas acrílicas, que atuam em um ambiente propício para formação de biofilme, e fatores locais ou sistêmicos, como adaptação e idade da prótese, higiene e relações oclusais<sup>7-10</sup>.

Nanopartículas de prata (AgNPs) são nanoestruturas formadas a partir de íons prata, que surgiram como uma classe importante de nanomateriais com grande potencial antimicrobiano<sup>11,12</sup>. A incorporação de AgNPs em materiais de matrizes poliméricas resulta em uma superfície mais hidrofílica, reduzindo a aderência de microrganismos e conseqüentemente a formação de biofilme patogênico<sup>13-15</sup>. Com a

redução do tamanho das partículas de prata nos materiais, o método torna-se eficiente e confiável, além de elevar a biocompatibilidade, podendo ser utilizada na cavidade oral e sem apresentar riscos de toxicidade aos usuários das próteses dentárias<sup>16,17</sup>.

O presente estudo teve como objetivo avaliar *in vitro* a atividade microbiana em resinas bases de próteses convencionais submetidas a incorporação de AgNPs a sua composição. As seguintes hipóteses foram estabelecidas: 1) potencial antimicrobiano das AgNPs frente *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*; 2) adesão de biofilme nas resinas confeccionadas com a incorporação de nanopartículas de prata é menor; 3) possível interação do PMMA com AgNP promovendo inativação ou redução da sua ação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas duas resinas acrílicas autopolimerizáveis à base de PMMA, Vipi Flah (Vipi, Pirassununga, São Paulo, Brasil) e JET (Clássico, São Paulo, Brasil) e confeccionados 80 corpos de prova, subdivididos em 16 grupos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Distribuição dos grupos conforme o tipo de resina, tratamento e microrganismo a ser inoculado

Grupo (n = 5)	Resina acrílica	Tratamento	Microrganismo	
G1	Vipi Flash/Vipi	Inclusão de AgNP	<i>Candida albicans</i>	
G2			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G3		Imersão em AgNp	<i>Candida albicans</i>	
G4			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G5		Imersão em Clorexidina 0,12%	<i>Candida albicans</i>	
G6			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G7		-	(controle negativo)	<i>Candida albicans</i>
G8				<i>Staphylococcus aureus</i>
G9	JET/Clássico	Inclusão de AgNP	<i>Candida albicans</i>	
G10			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G11		Imersão em AgNp	<i>Candida albicans</i>	
G12			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G13		Imersão em Clorexidina 0,12%	<i>Candida albicans</i>	
G14			<i>Staphylococcus aureus</i>	
G15		-	(controle negativo)	<i>Candida albicans</i>
G16				<i>Staphylococcus aureus</i>

As AgNPs foram sintetizadas com ácido polimetacrílico (PMA), nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) combinada com irradiação ultravioleta (UV) de baixa potência (~8W) por tempo pré-determinado. O PMA é um polímero biocompatível e inofensivo, apropriado para recobrimento de AgNP, que por sua vez também são biocompatíveis<sup>13</sup>. Para síntese das partículas, 50 ml de  $\text{AgNO}_3$  a 5 mM foram misturados com 50 ml de PMA a 0,5 mM, e posto sob agitação por 5 min. A solução final foi colocada sob iluminação UV por 6 h.

As resinas foram manipuladas de acordo com as especificações do fabricante, respeitando a proporção 3:1 de pó e líquido. Entretanto o polimento foi realizado apenas em uma das faces dos corpos de prova, de modo que a face oposta mimetize as condições da base de prótese que fica em contato com o palato duro do paciente.

Os corpos de prova foram confeccionados em forma de discos a partir de uma matriz metálica pré-fabricada com 20 mm de diâmetro e 3 mm de espessura, posteriormente incluídas em mufla metálica com silicone de condensação de alta viscosidade Zetalabor (Zhermack, Brasil). Após a reação de presa do silicone, as muflas foram reabertas para inserção da resina acrílica e novamente prensadas com 1000 kgf até o final da reação de presa e posteriormente armazenadas em água destilada durante 48 h, para eliminação do monômero residual. O acabamento foi realizado com fresa de tungstênio maxicut (American Burrs, Brasil) acoplados em peça reta e micro-motor e lixas d'água (granulações 280, 320, 600). Para polimento mecânico, foi utilizado pasta de Branco de Espanha (Lysanda, Brasil) e água em roda de pano.

Nos grupos com inclusão de AgNP, estas foram incorporadas no momento da mistura de pó e líquido das resinas, de acordo com a concentração mínima inibitória (CMI) previamente realizada, que representa a concentração de antimicrobiano necessária para inibir o crescimento do microrganismo<sup>18</sup>. A CMI foi idealizada pelo método de microdiluição em microplacas com 96 poços, e as concentrações por meio de proporção de soluções e percentuais, calculando o volume de AgNP para diluição em água destilada estéril. Os percentuais foram de 100%, 50%, 25%, 10% e 5%, com posterior adição do indicador de sais de resazurina – um importante detector de viabilidade e crescimento celular em testes de microdiluição frente a microrganismos<sup>19</sup>.

A CMI para *Staphylococcus aureus* (UFPEDA 02) foi 25%. Para *Candida albicans* (URM 6547), todas as concentrações inibiram o crescimento, sendo necessário idealizar novas

concentrações de 2,5%, 1%, 0,5%, e 0,2%, e a CMI foi determinada em 2,5%.

Visando uma concentração de amplo-espectro a ambos microrganismos, foi determinada uma concentração de 12,5% a ser incluída nas resinas acrílicas, definida através da anterior de 25% após o fator de diluição, que representa o número total de volume em que AgNP foi dissolvida no diluente.

As amostras foram limpas em água destilada estéril e expostas à luz UV por 20 minutos, posteriormente contaminadas em tubos falcon com 5 ml de inóculo padronizado (1:100), seguindo a escala de MacFarland, tendo como meios de cultura caldo Triptona Soja (Kasvi, Brasil) para *Staphylococcus aureus* e caldo Sabouraud-Dextrose (Kasvi, Brasil) para *Candida albicans*, ambos incubados em estufa microbiológica a 37 °C e crescimento de 96 h para formação de biofilme, com renovação de meio de cultura a cada 24 h / 48 h para a bactéria e levedura, respectivamente.

Amostras que receberam tratamento com a imersão em AgNP e clorexidina 0,12% (Periotrat, Kley Hertz, Brasil), seguiram o tempo de 24 h para a bactéria e 48 h para levedura.

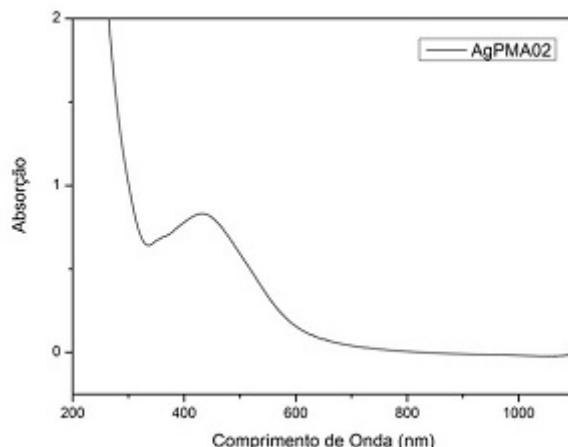
Após a inoculação das amostras sem e com tratamento, alíquotas do caldo foram removidas, submetidas à diluição seriada em água destilada estéril (10 ml) e semeadas em meio de cultura sólido Agar Mueller-Hinton (Kasvi, Brasil) e Agar Sabouraud (Kasvi, Brasil) nas placas de Petri. Estas últimas ficaram incubadas em estufa microbiológica a 37 °C por 24 h/48 h (para bactérias e leveduras, respectivamente), para realização da contagem das Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/ml).

Para monitorar e avaliar o crescimento e inibição das colônias microbianas, as placas Petri foram analisadas por microscopia de luz polarizada (Eclipse E100, Nikon, Japão) e lupa estereoscópica (CZM4, Labomed, Estados Unidos). As imagens foram registradas para processamento de quantificação das UFC, que consequentemente representam a adesão de biofilme.

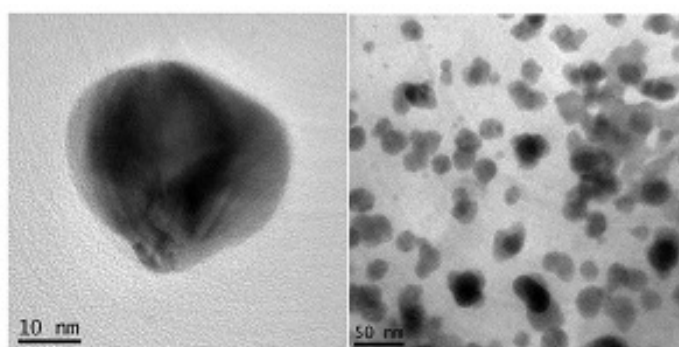
## RESULTADOS

A espectroscopia de absorção por luz UV, mostrou o pico de absorção das AgNPs centrado em 450 nm (Figura 1). A caracterização da forma e o tamanho das nanopartículas foi confirmada microscopia eletrônica de transmissão de alto contraste, que demonstraram que as nanopartículas se apresentam de modo semelhante e principalmente esféricas (Figura 2).

**Figura 1** - Espectroscopia de absorção de UV da solução AgNP



**Figura 2** - Microscopia eletrônica de Transmissão ilustrando a distribuição e tamanho das AgNPs



A concentração final de  $\text{AgNO}_3$  em meio aquoso foi 0,425 mg/mL, equivalente a 2,5 mM, e o valor em parte por milhão de mol/mol em relação à água foi de 45,07 ppm. Os grupos que receberam incorporação de AgNP nas resinas acrílicas, não inibiram o crescimento microbiano e tiveram crescimento infinito, impossibilitando a contagem de UFC, assim como os grupos de controle negativo G7, G8, G15 e G16, que não receberam nenhum tipo de tratamento. Entretanto, o grupo G1, que representa a

resina acrílica Vipi Flash com inclusão de AgNP, obteve menor aderência de biofilme de *Candida albicans*, visto que obteve a contagem de UFC (Tabela 2).

Os grupos G3, G4, G11, e G12 em que as amostras foram imersas em AgNP (tabelas 2 e 3), tiveram inibição de crescimento de ambos microrganismos, assim como nos grupos de controle negativo G4, G5, G13 e G14 que receberam imersão em clorexidina 0,12% não apresentaram crescimento microbiano.

**Tabela 2** - Resultado da análise quantitativa de crescimento microbiano nos grupos da Resina acrílica Vipi Flash

Grupo (n = 5)	Inibição	Não inibição	UFC
G1		X	23
G2		X	∞
G3	X		
G4	X		
G5	X		
G6	X		
G7		-	∞
G8		-	∞

X = ação realizada; ∞ = crescimento infinito do microrganismo; - = grupos controles que não receberam nenhum tipo de tratamento.

**Tabela 3** - Resultado da análise quantitativa de crescimento microbiano nos grupos da Resina acrílica JET

Grupo (n = 5)	Inibição	Não inibição	UFC
G9		X	∞
G10		X	∞
G11	X		
G12	X		
G13	X		
G14	X		
G15		-	∞
G16		-	∞

X = ação realizada; ∞ = crescimento infinito do microrganismo; - = grupos controles que não receberam nenhum tipo de tratamento.

## DISCUSSÃO

O PMMA é um composto orgânico classificado como polímero, que se apresenta em um sistema de pó/líquido, com proporção para manipulação de três partes de pó para uma parte de líquido<sup>3</sup>. A inclusão de AgNPs nas amostras foi realizada no momento da mistura de pó e líquido das resinas, respeitando a proporção 3:1 de pó e líquido do fabricante. Diversos estudos na literatura incorporaram solução de AgNP em resinas acrílicas à base PMMA, mas não seguem a proporção orientada<sup>13-17,20,21</sup>. A quantidade da solução de AgNPs adicionada pode ter alterado a proporção 3:1, tendo maior quantidade de líquido em relação ao pó, o que dificultou a total incorporação da AgNP.

Na presente investigação, a concentração da AgNP foi determinada pela concentração mínima inibitória para dois microrganismos diferentes que levam ao aparecimento de doenças infecciosas na cavidade oral, tornando-se uma concentração de amplo-espectro. Concentrações exclusivas para apenas um microrganismo e sem realização prévia de CMI, podem ser comumente encontradas em estudos prévios, assim como encontra-se o método de avaliação das UFC através de microscopia eletrônica de varredura, promovendo melhor contagem e avaliação do potencial antimicrobiano<sup>13,20-23</sup>.

O armazenamento dos corpos de prova em água destilada por 48 horas para eliminação do monômero residual pode ter levado a uma liberação prévia de certa quantidade de AgNP. Esse efeito identificado como “burst effect” é relativamente comum para algumas formulações e/ou substâncias, que imediatamente após a colocação no meio de liberação, liberam uma quantidade em períodos de tempo, até atingir um perfil de estabilidade<sup>24</sup>.

Alguns estudos realizaram os procedimentos de acabamento e polimento nas duas faces da amostra<sup>13,20-23</sup>. Logo, tornar a superfície menos rugosa e com polimento adequado, promove uma menor aderência de microrganismos<sup>8</sup>.

Todavia, no presente estudo, o acabamento e o polimento dos corpos de prova foram realizados em apenas uma das suas faces, mimetizando a rotina clínico-laboratorial, onde apenas a face da prótese que não entra em contato direto com a mucosa do palato recebe acabamento e polimento.

No presente estudo, o efeito fungicida e bactericida das AgNPs foi observado quando os espécimes passaram pelo tratamento de imersão. Entretanto, a interação entre as resinas acrílicas e as nanoestruturas demonstrou limitações, visto que depois que a solução de AgNP foi incorporada na resina, nenhum efeito significativo qualitativamente foi observado contra *Candida albicans* e *Staphylococcus aureus*, sendo apenas variável em um grupo que possibilitou a contagem de UFC.

Embora muitos estudos investiguem a atividade antimicrobiana das AgNPs contra microrganismos, as informações após a sua incorporação em estruturas poliméricas é limitada<sup>25-27</sup>. Sabe-se que a eficácia antimicrobiana após a incorporação é relacionada à difusão de moléculas de água no material e a migração dos íons de prata através da propriedade do polímero para o meio aquoso, desempenhando esse processo de liberação<sup>27,28</sup>.

A redução ou inativação ação da AgNP em matrizes poliméricas foi visualizada quando verificou-se que a associação do PMMA com AgNP liberou menos íons de prata do que a associação de AgNP com fibras de poliamida (PA6), termoplástico produzido a partir da extrusão da poliamida<sup>6,29</sup>. O PMMA, comparado

ao PA6, é um polímero hidrofóbico, portanto sua absorção de água pode não ser o bastante para liberar os íons de prata a partir das partículas situadas na parte mais interna das amostras<sup>27</sup>. Dessa forma, a ausência das propriedades bactericidas e fungicidas no estudo pode estar relacionada à baixa liberação de íons de prata ou AgNPs das amostras que possuem essa característica de hidrofobicidade.

Duas hipóteses do estudo foram aceitas, visto que as AgNPs possuem potencial antimicrobiano frente *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*, porém como esperado após a sua inclusão nas resinas à base de PMMA promoveu uma interação que reduziu ou inativou a sua ação antimicrobiana frente a formação de biofilme. A hipótese de que a adesão de biofilme nas resinas confeccionadas com a incorporação de nanopartículas de prata é menor foi parcialmente aceita, visto que apenas um grupo que recebeu a inclusão de AgNP obteve menor aderência de biofilme de *Candida albicans*.

## CONCLUSÃO

A ação antimicrobiana da AgNP foi eficiente no controle de *Candida albicans* e *Staphylococcus aureus* pelo método de imersão. Todavia, após a inclusão da AgNP em resinas de PMMA a atividade antimicrobiana foi comprometida, ocorrendo aderência e formação de biofilme. Logo, a pesquisa aceita as hipóteses levantadas e sugere que novos estudos são necessários para melhor incorporação de AgNP para total eficácia do seu teor antimicrobiano.

## CONFLITO DE INTERESSE


Os autores declaram que não há conflito de interesses.


## ORCID


Isadora Lícia Inácio Silva  <https://orcid.org/0000-0002-6676-8958>

Maria Alice Virgulino Ferreira  <https://orcid.org/0000-0003-1694-4375>

Audrey Nunes de Andrade  <https://orcid.org/0000-0003-2671-6069>

Patrícia Lins Azevedo do Nascimento  <https://orcid.org/0000-0002-6335-0193>

Vanda Sanderana Macedo Carneiro  <https://orcid.org/0000-0003-2045-4133>

Cláudia Cristina Brainer de Oliveira Mota  <https://orcid.org/0000-0002-7909-5908>

## REFERÊNCIAS

1. Azevedo JS, Azevedo MS, Oliveira LJC, Correa MB, Demarco FF. Uso e necessidade de prótese dentária em idosos brasileiros segundo a Pesquisa Nacional de Saúde Bucal (SBBrazil 2010): prevalências e fatores associados. Cad Saúde Pública. 2017;33(8):1-12.
2. Barbato PR, Nagano HCM, Zanchet FN, Boing AF, Peres MA. Perdas dentárias e fatores sociais, demográficos e de serviços associados em adultos brasileiros: uma análise dos dados do Estudo Epidemiológico Nacional (Projeto SB Brasil 2002-2003). Cad Saúde Pública. 2007;23(8):1803-14.
3. Camacho DP, Svidzinski TIE, Furlaneto MC, Lopes MB, Corrêa GO. Resinas acrílicas de uso odontológico à base de polimetilmetacrilato. Braz J Surg Clin Res. 2014;6(3):63-72.
4. Totu EE, Nechifor AC, Nechifor G, Aboul-Enein H. Poly(methyl metacrylate) TiO2 nanocomposite for stereolithographic complete denture manufacturing. J Dent. 2017;59:68-77.
5. Melo IA, Guerra RC. Oral candidiasis: a focus on denture stomatitis. Rev Salusvita. 2014;33(3):389-414.
6. Olms C, Doktor MY, Remmerbach TW, Stingu CS. Bacterial colonization and tissue compatibility of denture base resins. J Dent. 2018;6(2):20.
7. Nobrega DRM, Lucena AG, Medeiros LADM, Farias, TSS, Meira KRS, Mahon SMOD. Avaliação da utilização e hábitos de higiene em usuários de prótese dentária removível. Rev Bras Odontol. 2016;73(3):193-7.
8. Barreto JO, Silva FJA, Oliveira VC, Lovato CHS, Silva PG, Regis RR1. The effect of a continuous mechanical polishing protocol on surface roughness, biofilm adhesion, and color stability of acrylic resin artificial teeth. J Prosthodont. 2019;28(1):110-7.
9. Al-Fouzan AF, Al-Mejrad LA, Albarrag AM. Adherence of Candida to complete denture surfaces in vitro: a comparison of conventional and CAD/CAM complete dentures. J Adv Prosthodont. 2017;9(5):402-8.
10. Garbacz K, Kwapisz E, Wierzbowska M. Denture stomatitis associated with small colony variants of Staphylococcus aureus: a case report. BMC Oral Health. 2019;19:219.
11. Kim JS, Kuk U, Yu Kn, Kim JH, Park SJ, Lee HJ, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine. 2007;3(1):95-101.

12. Panacek A, Kvítek L, Pucek R, Kolář M, Večeřová R, Pizúrová N. Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their antibacterial activity. *J Phys Chem, B.* 2006;110(33):16248-53.
13. Koroğlu A, Sahin O, Kurkçuoğlu I, Dede DO, Ozdemir T, Hazer B. Silver nanoparticle incorporation effect on mechanical and thermal properties of denture base acrylic resins. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(6):590-6.
14. Torres ALS, Mendieta I, Anita NRE, Juárez CM, Castaño VM. Cytocompatible antifungal acrylic resin containing silver nanoparticles for dentures. *Int J Nanomed.* 2012;7:4777-86.
15. WadyAF, MachadoAL, Zucolotto V, Zamperini CA, Berni E. Formation on a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles. *J Appl Microbiol.* 2012;112(6):1163-72.
16. CastroDT, ValenteMLC, SilvaCHL, Watanabe E, Siqueira RL, Schiavon MA. Evaluation of antibiofilm and mechanical properties of new nanocomposites based on acrylic resins and silver vanadate nanoparticles. *Arch Oral Biol.* 2016;67:46-53.
17. Stieven E, Conde A, Galafassi D, Elsemann EB, Gazzoni AF. Análise da utilização de nanopartículas de prata e/ou plasma de baixa pressão e temperatura para a prevenção de candida albicans em próteses dentárias. *Rev Bras Inov Tecnol Saúde.* 2018;8(1):67-77.
18. Ostrosky EA, Mizumoto MK, Lima MEL, Kaneko TM, Nishikawa SO, Freitas BR. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais. *Rev Bras Farmacogn.* 2008;18(2):301-7.
19. Roca BM, Poestera VRB, Mattei ASC, Klafkea BC, Ramis IVB, Xavier MO. Avaliação do uso da resazurina em teste de suscetibilidade in vitro frente a *Sporothrix brasiliensis*. *Vittale.* 2019;31(2):32-7.
20. Souza Neto FN, Sala RL, Fernandes, RA, Xavier TPO, Cruz SA, Paranhos CM, et al. Effect of synthetic colloidal nanoparticles in acrylic resin of dental use. *Eur Polym J.* 2019;112:531-8.
21. LiZ, Sun J, Lan J, Qi Q. Effect of a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles on *Candida albicans* adhesion and biofilm formation. *Gerodontology.* 2014;33(2):209-16.
22. Matteis V, Cascione M, Toma CC, Albanese G, Giorgi ML, Corsalini M, et al. Silver nanoparticles addition in poly(methyl methacrylate) dental matrix: topographic and antimycotic studies. *Int J Mol Sci.* 2019;20:4691.
23. Nam KY, Lee CH, Lee CJ. Antifungal and physical characteristics of modified denture base acrylic incorporated with silver nanoparticles. *Gerodontology.* 2012;29:413-9.
24. Di Martino A, Kucharczyk P, Capakova Z, Humpolicek P, Sedlarik V. Chitosan-based nanocomplexes for simultaneous loading, burst reduction and controlled release of doxorubicin and 5-fluorouracil. *Int J Biol Macromol.* 2017;102:613-24.
25. Fan C, Chu L, Rawls HR, Norling BK, Cardenas HL, Whang K. Development of an antimicrobial resin – a pilot study. *Dent Mater.* 2011;27(4):322-8.
26. Kassae MZ, Akhavan A, Sheikh N, Sodagar A. Antibacterial effects of new dental acrylic resin containing silver nanoparticles. *J Appl Polym Sci.* 2008;110(3):1699-1703.
27. Wady AF, Machado AL, Zucolotto V, Zamperini CA, Berni E, Vergani CE. Evaluation of *Candida albicans* adhesion and biofilm formation on a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles. *J Appl Microbiol.* 2012;112(6):1163-72.
28. Kumar R, Munstedt H. Silver ion release from antimicrobial polyamide silver composites. *Biomaterials.* 2005;26(4):2081-8.
29. Damm C, Munstedt H, Rosch A. Long-term antimicrobial polyamide 6 silver-nanocomposites. *J Mater Sci.* 2007;42:6067-73.

## Silver nanoparticles in PMMA prosthesis bases to control microbial activity

**Aim:** To perform an *in vitro* evaluation of the activity of *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans* in conventional prosthesis bases, based on methyl polymethylmethacrylate with silver nanoparticles incorporated into the composition.

**Methods:** An experimental laboratory study was carried out using commercially available self-curing acrylic resins, Vipi Flash/VIPI and JET/Clássico. Eighty specimens were manufactured and divided into 16 groups (n = 5), referent to the resin brand, treatment (incorporation and immersion in the silver nanoparticle solution), and inoculated microorganism. The nanoparticles were synthesized with polymethacrylic acid and silver nitrate, and were irradiated with a low power (~ 8W) ultraviolet light for 6 hours. Their concentrations were idealized by the method of microplate dilution to determine the minimum inhibitory concentration when compared to the selected microorganisms. Bactericidal and fungicidal activities were identified with an initial concentration of 25% and a subsequent dilution factor of 12.5%.

**Results:** It was difficult to incorporate the AgNPs into the acrylic resin, which may well have resulted from the change from the 3:1 proportion recommended by the manufacturer or by reducing or inactivating the action of the silver nanoparticle by interaction with polymethylmethacrylate. VIPI with the inclusion of nanoparticles obtained a lesser *Candida albicans* biofilm adherence.

**Conclusion:** Silver nanoparticles were effective in controlling *Candida albicans* and *Staphylococcus aureus* in the immersion method; however, the antimicrobial activity was compromised after inclusion in acrylic resins.

**Uniterms:** Nanotechnology. Silver nitrate. Polymethyl methacrylate. Denture bases.