



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ODONTOLOGIA**

**ALOISIO BATISTA GERMANO JÚNIOR
ROBERT ITALO MORAIS DE LIMA**

**A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ÓXIDO DE GRAFENO AO
POLIMETILMETACRILATO NA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

FORTALEZA

2023

ALOISIO BATISTA GERMANO JÚNIOR

ROBERT ITALO MORAIS DE LIMA

A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ÓXIDO DE GRAFENO AO
POLIMETILMETACRILATO NA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO
DE LITERATURA

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Odontologia do Centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação do Prof. Dr. Jandenilson Alves Brígido.

FORTALEZA

2023

ALOISIO BATISTA GERMANO JÚNIOR

ROBERT ITALO MORAIS DE LIMA

A INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ÓXIDO DE GRAFENO AO
POLIMETILMETACRILATO NA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO
DE LITERATURA

Este artigo científico foi apresentado no dia 01 de junho de 2023 como requisito para obtenção do grau de bacharel em Odontologia do centro Universitário Fametro – UNIFAMETRO - tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Jandenilson Alves Brígido
Orientador - Centro Universitário Fametro – Unifametro

Profª. Me. Daniela Nunes Reis
Membro - Centro Universitário Fametro – Unifametro

Profª. Me. Aline Dantas Diógenes Saldanha
Membro - Centro Universitário Fametro - Unifametro

AGRADECIMENTOS

Eu, Aloisio Batista, neste momento tão especial da minha vida, passa um filme do início de tudo que vivi durante esses cinco anos de graduação. Não tenho dúvidas que Deus foi meu sustento em todos os momentos. Desta forma, meu primeiro agradecimento vai para Àquele que esteve comigo nos momentos de medo, anseio, nas alegrias, ao término de cada semestre e nas conquistas adquiridas neste período, Deus.

Sei que a realização deste sonho da graduação em Odontologia é fruto de muita dedicação, esforço e também abdicção. Agradeço aqueles que estiveram presentes nesses anos, me ajudando, sendo meu suporte, que é toda a minha família, meus avós e pais, Francisca Almeida e Aloísio Batista que foram meus incentivadores. Porém, de forma especial à minha mãe, que além de todo suporte financeiro, foi a pessoa que mais me incentivou a lutar pelos meus sonhos e desejos. Com ela tudo se tornou possível, pois suas doces palavras de fé e confiança em Deus sempre me trouxeram conforto para poder avançar. Aos meus irmãos, Aurenir Almeida, Aurinete Almeida, Francinete Almeida e Alaylce Germano, que estiveram presentes me ajudando conforme as suas possibilidades. A minha namorada Larissa Martins, que esteve comigo me ajudando por meio de conversas diárias e também sendo meu suporte emocional.

Não posso esquecer das inúmeras pessoas que passaram em minha vida, dos amigos que pude conhecer e conviver por algum tempo, em especial aos meus colegas do grupo GEPROD. Durante esses cinco anos pude conhecer professores que marcaram minha vida, entre eles: a Dra. Paula Ventura, a Dra. Clarice Maia, Dra. Aline Dantas, Me. Daniela Reis, Me. João Eudes, Me. João Paulo Viana, Me. Diego Esses, Dr. Paulo André, Me. Rômulo Bonfim e em especial ao Dr. Jandenilson Alves Brígido que foi meu primeiro orientador na produção científica, sempre muito atencioso e comprometido a colaborar com o aprendizado. O mesmo me deu a oportunidade de participar do projeto de monitoria de fundamentos de prótese fixa/ prótese total, onde pude aprender como trabalhar em equipe e a ter o primeiro contato com a docência.

Sou muito grato a todos amigos que conquistei durante o curso, mas gostaria agradecer em especial à minha primeira dupla de faculdade, Keyvianne Araújo, e ao meu amigo Robert Morais por dividir esse momento tão especial que é a elaboração desse projeto. E, por fim, a Unifametro por proporcionar a realizar um sonho de tornar-me cirurgião dentista.

AGRADECIMENTOS

Neste momento tão memorável e importante da minha vida, dedico esta dissertação a todas as pessoas das quais contribuíram de algum modo até onde aqui estou. Infelizmente, não lembrarei de todas que passaram por mim e me ajudaram a erguer os tijolos desta linda casa. Porém, dedico, especialmente, a uma pessoa que, da qual, sem ela eu jamais poderia ter chegado onde estou. Sem sua bondade e misericórdia sobre minha vida, sequer eu teria nascido. Você é a pessoa mais importante da minha vida: Te amo, Jesus. Lembro-me de quantas coisas tive de enfrentar de 2018 até aqui. Lembro-me de muitos empecilhos, pandemia, de dores, vínculos, de medos e obstáculos que permearam minha vida. Recordo quantas situações tentaram impedir que este dia chegasse. E aqui estou: feliz, realizado e forte.

Jamais esquecerei das pessoas que mais me sustentaram e que mais amo, meus pais: Roberto Rodrigues e Alice Morais. Por mais que não falassem algo em alguns momentos, estavam sempre me sustentando e torcendo por mim. Jamais, também, deixarei de agradecer a minha outra mãe, Maria Augusta, que sempre orou pela minha vida e que me ama como filho de uma forma tão linda e intensa. Quero ressaltar a importância das minhas duas irmãs nesta conquista, pois com elas eu aprendi que sempre podemos ir mais longe e dizer o quanto amo a vida delas. À minha amada, musa e maravilhosa, Juliana Guimarães (te amo, meu amô), onde Deus me apresentou através da Odontologia e sou muito abençoado em tê-la em minha vida, e em poder trilhar o resto dos meus dias com ela, se Deus quiser. Ao meu padrinho, Sandro Lima, onde sempre estive à disposição quando precisei. Aos meus melhores amigos da vida, Sidney Freires, Kleber Santos e Yuri Lira, onde foram e são de imensa importância até onde aqui cheguei.

Quero agradecer aos meus amigos da graduação que aqui conquistei. Agradeço ao Aloisio Batista por escolher dividir e finalizar este trabalho tão importante comigo. Ao Prof. Dr. Jandenilson Brígido por se empenhar, dividir tanto conhecimento e muita paciência. Quero agradecer ao Prof. Me. Pedro Rebouças por ser sempre, além de professor majestoso, ser humilde e amigo. À famosa moleculinha, Dra. Katia Gomes, por me passar tanto conhecimento com sua didática sensacional. E, por fim, à Unifametro por proporcionar a realizar este sonho.

RESUMO

O polimetilmetacrilato (PMMA) é um material muito utilizado na Odontologia para diversas especialidades, principalmente, na prótese. Ele é utilizado na fabricação de próteses totais e parciais, por exemplo, das quais precisam substituir a dentição perdida do paciente. Como as próteses são utilizadas por muito tempo, há o acúmulo de bactérias e outros microrganismos que naturalmente se aderem ao material mesmo com a higienização. O objetivo do presente estudo foi identificar o efeito da adição de nanopartículas de óxido de grafeno (GO) ao polimetilmetacrilato com foco na atividade antibacteriana. Sendo assim, foi realizado uma revisão de literatura, por meio da busca de artigos nas bases de dados PubMed, Science Direct, Ebsco Host e Web of Science, publicados nos últimos 10 anos, utilizando as palavras-chave: "Polymethyl Methacrylate", "Anti-Bacterial Agents", "Graphene Oxide". A incorporação do óxido de grafeno ao polimetilmetacrilato em concentrações adequadas melhora as propriedades antimicrobianas e antifúngicas, sendo aconselhável adicionar concentrações de GO <2% em peso. Uma alternativa para diminuir o risco de toxicidade é a combinação da adição do GO juntamente com outros agentes químicos ao PMMA, como a prata e o fluconazol.

Palavras-chave: Polimetilmetacrilato, Agente antibacteriano, Óxido de grafeno.

ABSTRACT

Polymethylmethacrylate (PMMA) is a material widely used in Dentistry for several specialties, mainly in prosthesis. It is used in the manufacture of total and partial dentures, for example, which need to replace the dentition lost by the patient over many years. As prostheses are used for a long time, there is an accumulation of bacteria and other microorganisms that naturally adhere to the material even with cleaning. The aim of this study was to identify the effect of adding graphene oxide (GO) nanoparticles to polymethylmethacrylate with a focus on antibacterial activity. Therefore, a literature review was carried out, through the search for articles in the PubMed, Science Direct, Ebsco Host and Web of Science databases, published in the last 10 years. The incorporation of graphene oxide to polymethylmethacrylate in

adequate concentrations improves antimicrobial and antifungal properties, being advisable to add concentrations of GO <2% by weight. An alternative to reduce the risk of toxicity is the combination of adding GO together with other chemical agents to PMMA, such as silver and fluconazole.

Keywords: Polymethyl Methacrylate, Anti-Bacterial Agents, Graphene Oxide.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 09 |
| 2 METODOLOGIA..... | 10 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 12 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 17 |
| REFERÊNCIAS..... | 17 |

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional é um fato que atinge não somente o Brasil, mas o mundo inteiro, e suas repercussões fisiológicas são de interesse para toda medicina. Sabe-se que a condição da saúde bucal influencia diretamente na saúde geral de um indivíduo. Havendo a má higienização, o nível nutricional, o bem-estar físico, mental e relacionamento social podem entrar em decadência (ZENTHÖFER *et al.*, 2020). Vários mitos relacionam que a perda dentária e os maus cuidados são consequência do processo natural do envelhecimento, todavia o real motivo das perdas se justifica pelas doenças bucais existentes e não sobre a velhice (GHEZZI; NIESSEN; JONES, 2021). Sendo assim, é de extrema importância medidas de prevenção e promoção de saúde durante todas as fases da vida.

Dentre as opções de tratamento utilizadas para reparar as perdas dentárias estão as próteses removíveis. Por muitas vezes, optadas pelo seu custo benefício, elas podem ser de caráter definitivo ou por um período temporário, antes da instalação de implantes. As dentaduras são feitas de material à base de polímero, facilmente encontrado no mercado, permitindo alta processabilidade e versatilidade em termos de modelagem. O Polimetilmetacrilato (PMMA) é o biomaterial mais usado há décadas como base das próteses dentárias devido à sua biocompatibilidade, relativa falta de toxicidade e excelente aspecto estético (BACALI., 2020). No entanto, devido seu baixo poder antimicrobiano, o PMMA pode ser colonizado por fungos, bactérias e desencadear reações inflamatórias.

A agregação das nanopartículas de óxido de grafeno (GO) ao polimetilmetacrilato pode exercer atividade antimicrobiana contra as espécies da cavidade oral, possibilitando uma melhoria nos materiais de próteses dentárias e, conseqüentemente, para seus usuários.

Sabe-se que a utilização de antibióticos descontrolados pode resultar no surgimento de microrganismos resistentes e tornar uma ameaça à saúde humana devido a diminuição da eficácia frente às infecções (DIAS *et al.*, 2021). Dessa forma, desenvolver novos agentes com diferentes mecanismos de ação se faz necessário e a nanotecnologia se mostra promissora.

O óxido de grafeno surge como um excelente agente antibacteriano independente de antibióticos. Foi relatado que o GO exibiu atividade antimicrobiana e antiadesão em bactérias e fungos. Além disso, conseguiu inibir o crescimento de *S.multans*, *S. aureus*, *E.coli*, e *C. albicans* com toxicidade mínima (LEE *et al.*, 2018). E, por atuarem contra as principais espécies de micróbios da cavidade oral, está sendo estudado seus benefícios na incorporação aos materiais dentários. Seus potenciais antibacterianos são justificados pelos múltiplos mecanismos de ação, por exemplo, o efeito de estresse oxidativo, efeito de corte de borda e efeito de aprisionamento celular (BACALI., 2020).

Segundo FARHANGIAN *et al* (2022), o óxido de grafeno possui efeito antimicrobiano em Gram-negativos (por exemplo, *Pseudomonas aeruginosa*) e Gram-positivos (por exemplo, *S. multans*), sendo que sua baixa citotoxicidade celular foi comprovada em estudos *in vitro*. O GO pode ser potencializado uma vez que esteja unido ao óxido de zinco, pois é mais penetrante na parede celular e, conseqüentemente, mais destrutivo para as bactérias.

A combinação de materiais diferentes para a produção de dispositivos na saúde pode levar a uma maior beneficência desses produtos. O PMMA foi testado com combinações diferentes de outras substâncias e apresentou boa biocompatibilidade e estabilidade quando adicionou nanopartículas de grafeno e prata ao PMMA (BACALI., 2020).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi identificar, por meio de uma revisão integrativa, o efeito da adição de nanopartículas de óxido de grafeno ao polimetilmetacrilato com foco na atividade antibacteriana.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura integrativa em que foram realizados estudos a partir de acervos virtuais, reunindo artigos encontrados em diferentes bases de dados. Após a pesquisa preliminar, os estudos foram elencados e categorizados de acordo com sua relevância e relação ao tema estudado. As pesquisas bibliográficas foram realizadas nas seguintes bases de dados: PubMed, Science Direct, Ebsco Host e Web of Science, utilizando as

seguintes palavras-chave: “Polymethyl Methacrylate”, “Anti-Bacterial Agents”, “Graphene Oxide”, sendo que as duas primeiras estão cadastradas no desc/mesh.

Foram utilizados com critérios de inclusão: artigos publicados últimos 10 anos; estudos de língua inglesa e portuguesa; caracterizados como estudos clínicos; analíticos; descritivos; estudo in vitro; estudo de coorte e estudo piloto. Já os critérios de exclusão foram: artigos duplicados; artigos de revisão; teses; dissertações; monografias; relato de caso e estudos que não se adequaram ao tema.

Para a organização das publicações encontradas, foi elaborado um fichamento contendo as seguintes informações: autor principal; ano; objetivos; tipo de estudo; amostra e principais achados.

A amostra obtida após a busca nas bases de dados estabelecidas foi de 865 artigos. Houve 79 no PubMed, 324 de Science Direct, 336 EbscoHost e 123 em Web of Science. Inicialmente houve a leitura de todos os títulos e resumos respeitando os critérios de inclusão e exclusão, elegendo 48 estudos para análise detalhada. Após a avaliação do texto completo, 38 artigos foram excluídos restando apenas 10 artigos para compor a revisão (Figura 1).

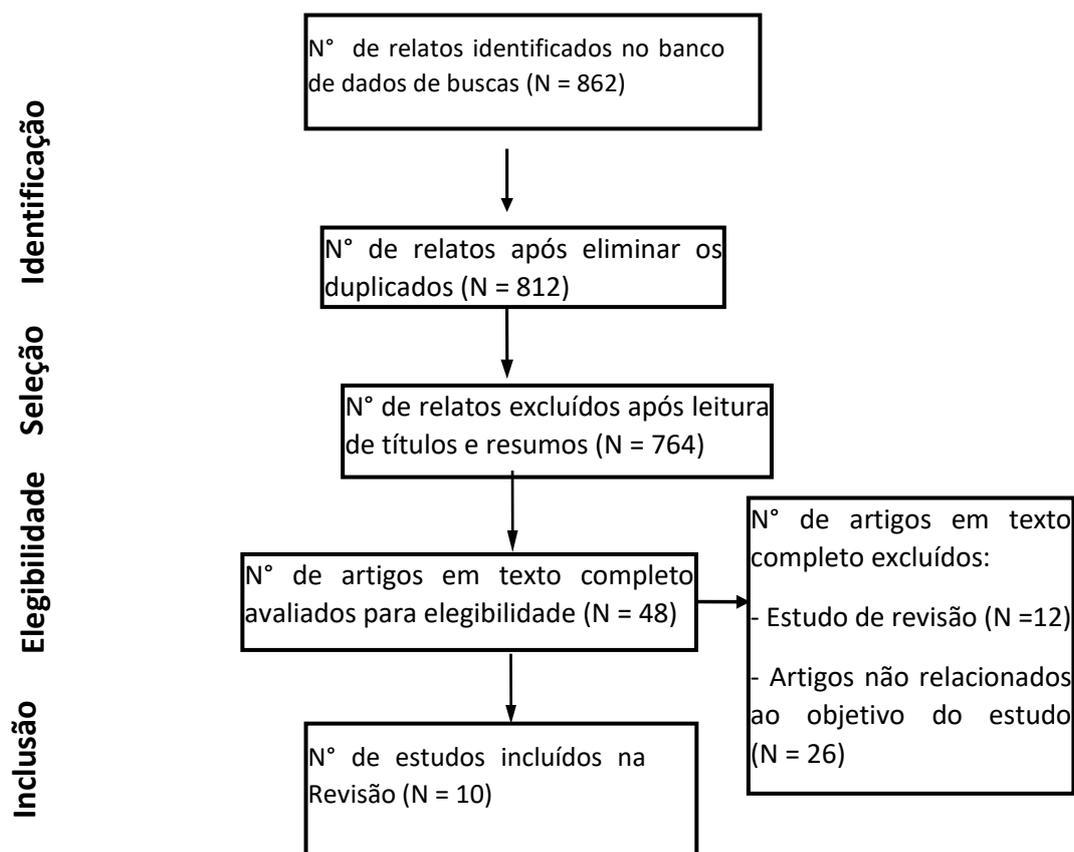


Figura 1. Fluxograma da estratégia de busca.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um fichamento foi elaborado para a organização das publicações contendo as seguintes informações: autor principal, ano, tipo de estudo, objetivos, amostra e principais achados. A seleção dos estudos é apresentada na Tabela 1, onde observa-se que as datas de publicação variaram de 2014 a 2022.

Tabela 1. Artigos selecionados na busca eletrônica.

| Autor/ ano | Objetivos | Tipo de estudo | Principais achados |
|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| MATHARU <i>et al.</i> , 2020 | Fabricar novas malhas de fibras antibacterianas carregadas com nano folhas de óxido de grafeno. | Estudo clínico transversal. | Os resultados mostraram que ao comparar fibras de PMMA puras, as fibras de PMMA modificadas com óxido de grafeno, reduziram eficientemente o número de células E. coli K-12. |
| TEIMOORIAN <i>et al.</i> , 2022 | Investigar o efeito da adição de nanofolhas de óxido de grafeno nas propriedades físicas, mecânicas e antibiofilme da resina acrílica. | Estudo in vitro | A adição de nanopartículas de grafeno ao PMMA, em concentrações ideais, melhora as propriedades antibacterianas e antifúngicas do biofilme. Concentrações de óxido de grafeno sugeridas <2 % em peso. |
| BACALI <i>et al.</i> , 2019 | Avaliar o efeito da agregação de nanopartículas de grafeno e prata a resina autopolimerizável em diferentes concentrações. | Estudo in vitro | A amostra 1% em peso de G-AgNp obteve bons resultados em termos de segurança e atividade antimicrobiana contra as cepas <i>Escherichia coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. mutans</i> . Já a amostra a 2%, apresentou maior capacidade de ativar os |

| | | | |
|------------------------------|--|-----------------|--|
| | | | mecanismos de defesa antioxidante. O óxido de grafeno associado a outros agentes químicos pode possuir melhor ação. |
| LEE <i>et al.</i> , 2018 | Examinar as propriedades mecânicas resultantes e os efeitos antimicrobianos-adesivos contra 4 micróbios, utilizando quantidades variáveis de óxido de nanografeno (0,25, 0,5, 1 e 2%). | Estudo in vitro | Efeitos anti-adesão e antimicrobiano foram mostrados no PMMA incorporado com óxido de grafeno, que aumentou de acordo com a quantidade de óxido de grafeno por um período variado de 3 - 9 horas. Ao analisar o <i>C. albicans</i> , por um período de 28 dias, o PMMA contendo óxido de grafeno juntamente exibiu melhores resultados do que ao PMMA puro. |
| HE <i>et al.</i> , 2015 | Avaliar a atividade antimicrobiana de nanofolhas de óxido de grafeno em diferentes concentrações contra as cepas de <i>S. mutans</i> , <i>P. gingivalis</i> e <i>F. nucleatum</i> . | Estudo in vitro | Foi relatado efeito antimicrobiano do óxido de grafeno contra os patógenos bucais, seu efeito potencial de acordo com o aumento da concentração de óxido de grafeno. |
| CHATTERJEE, EOM & CHOI, 2014 | Estudar o potencial efeito de toxicidade do óxido de grafeno e óxido de grafeno | Estudo in vitro | O grafeno reduzido e sua forma não reduzida na sua mesma concentração possuem o mesmo nível de |

| | | | |
|---------------------------------|--|-----------------|---|
| | reduzido. | | citotoxicidade. Ao passar das horas, a sua forma reduzida tende a reduzir seu efeito tóxico, enquanto a outra fórmula só aumenta. |
| SALGADO <i>et al.</i> , 2022 | Avaliar o efeito de plaquetas de grafeno adicionadas a uma resina PMMA impressa 3D na rugosidade da superfície e atividade antimicrobiana contra <i>C. albicans</i> e <i>S. mutans</i> . | Estudo in vitro | Discos de PMMA dopados com grafeno mostraram atividade antimicrobiana contra <i>C. albicans</i> e <i>S. mutans</i> . Estudo corroboram que esses materiais possuem efeitos antiadesivos contra os dois principais microrganismos responsáveis pela estomatite protética. |
| RAYANNAVAR <i>et al.</i> , 2020 | Avaliar e comparar a eficácia antifúngica de condicionadores de tecido à base de acrílico contra <i>C. albicans</i> em diferentes concentrações de óxido de grafeno, (1, 3 e 5%). | Estudo in vitro | O aumento da concentração de óxido de grafeno mostrou atividade antifúngica significativamente aumentada. Segundo os autores, o óxido de grafeno pode ser usado para reduzir o crescimento fúngico e tem potencial para prevenir a estomatite protética induzida por <i>Candida</i> . |
| GAMAL, GOMAA & SAID, 2019 | Avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações de óxido de grafeno ao PMMA, com foco na atividade antibacteriana contra <i>Streptococcus mutans</i> (SM) e | Estudo in vitro | Todas as culturas mostraram crescimento bacteriano no topo da suspensão das diluições, exceto para as que possuíam 1% de óxido de grafeno. |

| | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|---|
| | coeficiente linear de dilatação térmica. | | |
| Asadi Shahi <i>et al.</i> , 2019. | Sintetizar um composto oxido de grafeno/fluconazol e avaliar seu efeito contra <i>C. albicans</i> e investigar o efeito de citotoxicidade contra a linha celular SW480. | Estudo in vitro | A combinação de GO/Flu exibe atividade antifúngica adequada contra <i>C.albicans</i> , possivelmente sem toxicidade significativa contra a células humanas. |

Fonte: Autores

O PMMA tem sido clinicamente utilizado como biomaterial nas áreas odontológica/médica para dispositivos removíveis ou implantáveis (por exemplo, resina para base de dentadura, materiais restauradores provisórios, cimento ósseo, próteses faciais) devido às suas propriedades mecânicas/biológicas desejáveis, fácil fabricação e custo econômico. No entanto, a propriedade antimicrobiana ainda continua sendo uma grande desvantagem, e a incorporação do óxido de grafeno (GO) tem se mostrado promissor para suprir essa necessidade (LEE *et al.*, 2018).

O GO possui efeito antimicrobiano em Gram-negativos (por exemplo, *Pseudomonas aeruginosa*) e Gram-positivos (por exemplo, *S. multans*) (FARHANGIAN *et al.*, 2022; LEE *et al.*, 2018). Sendo que, HE e colaboradores (2015), em seu estudo experimental, ao analisarem as imagens obtidas a partir da técnica de microscopia eletrônica de transmissão, relatam que bactérias Gram-positivas apresentaram ter mais resistência as nanofolhas de GO em comparação com as bactérias Gram-negativas.

Outra atuação bastante interessante do óxido de grafeno é a ação antifúngica contra a *Candida albicans*, espécie que está ligada fortemente ao aparecimento de lesões avermelhadas, definida como estomatite protética, acometimento muito comum em usuário de próteses totais removíveis (SALGADO *et al.*, 2022). Sendo que, quanto maior a concentração de óxido de nano grafeno maior é atividade antifúngica (RAYANNAVAR *et al.*, 2020).

Por outro lado, quanto maior a concentração de GO incorporado ao PMMA, maior o risco de toxicidade, uma vez que há um aumento na quantidade de monômeros não reagidos. Concentrações inferiores a 2% foram aconselhadas como dose terapêutica para as propriedades antibacterianas e antifúngicas (TEIMOORIAN *et al.*, 2022; BACALI., 2020). Uma alternativa para diminuir o risco de toxicidade é a combinação da adição do GO juntamente com outros agentes químicos ao PMMA, como a prata e o fluconazol (BACALI., 2020; ASADI SHAHI *et al.*, 2019). Ainda em seu estudo, Asadi Shadi e colaboradores, mostraram que a combinação de GO/Flu exibe atividade antifúngica adequada contra *C.albicans*, sem toxicidade significativa contra as células SW480, sendo considerado um agente seguro contra a células humanas.

A estrutura física metálica e, também, perfurocortante do óxido de grafeno colabora para desintegrar a parede celular bacteriana e seu material celular. Para substâncias que possuíam acima de 1% de concentração, houve cobertura de proteção pelo óxido de grafeno (GAMAL; GOMAA; SAID, 2019; HE *et al.*, 2015).

Do total de artigos selecionados para o trabalho, foram encontrados sete artigos relatando o potencial antimicrobiano do óxido de grafeno associado ao polimetilmetacrilato (PMMA). Sendo dois artigos de estudos *in vitro* e dois experimentais com atividade positiva antibacteriana e antifúngica do óxido de grafeno associado ao PMMA (RAYANNAVAR *et al.*, 2020; SALGADO *et al.*, 2022; LEE *et al.*, 2018). Um trabalho experimental corrobora o efeito antimicrobiano do óxido de grafeno, mas nas concentrações inferiores a 2% (TEIMOORIAN *et al.*, 2022). Um outro estudo *in vitro* mostrou que nas suspensões com 1% de grafeno não ocorria crescimento bacteriano (GAMAL, GOMAA & SAID, 2019). Um experimento com complexo prata-grafeno na concentração a 1% promove efeito contra as cepas *Escherichia coli*, *S. aureus*, *S. mutans* e retrata que o grafeno associado a outros agentes químicos pode melhorar sua ação microbiana (BACALI *et al.*, 2019). Um estudo clínico comparativo analisou fibras de PMMA puras e de PMMA modificadas com óxido de grafeno, concluindo que as associadas ao grafeno reduziram os números de células *E. coli* K-12 (MATHARU *et al.*, 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados do presente estudo, a incorporação do óxido de grafeno ao polimetilmetacrilato em concentrações adequadas melhora as propriedades antimicrobianas e antifúngicas, sendo aconselhável adicionar concentrações de GO <2% em peso.

Vale ressaltar que, mesmo com os achados benéficos alcançados com a utilização do óxido de grafeno ao PMMA, mais estudos in vitro e in vivo são necessários para entender sua interação com sistemas biológicos comprovando uma concentração terapêutica segura, evitando efeitos tóxicos locais e sistêmicos.

REFERÊNCIAS

ASADI SHAHI, Sabrieh et al. A new formulation of graphene oxide/fluconazole compound as a promising agent against *Candida albicans*. **Progress in biomaterials**, v. 8, p. 43-50, 2019.

BACALI, Cecilia et al. Flexural strength, biocompatibility, and antimicrobial activity of a polymethyl methacrylate denture resin enhanced with graphene and silver nanoparticles. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, p. 2713-2725, 2020.

CHATTERJEE, Nivedita; EOM, Hyun-Jeong; CHOI, Jinhee. A systems toxicology approach to the surface functionality control of graphene–cell interactions. **Biomaterials**, v. 35, n. 4, p. 1109-1127, 2014.

DIAS, Bruna de Paula et al. A nanotecnologia no brasil e o desenvolvimento de produtos com atividade antimicrobiana. **Química Nova**, v. 44, p. 1084-1092, 2021.

FARHANGIAN, Zohre et al. Antimicrobial effect of different physical and chemical compounds of zinc oxide and graphene oxide added to composite resins. **Dental Research Journal**, v. 19, n. 1, p. 81, 2022.

GAMAL, Reem; GOMAA, Yasser F.; SAID, Ashraf M. Incorporating nano graphene oxide to poly-methyl methacrylate; antibacterial effect and thermal expansion. **Journal of Modern Research**, v. 1, n. 1, p. 19-23, 2019.

GHEZZI, Elisa M.; NIESSEN, Linda C.; JONES, Judith A. Innovations in geriatric oral health care. **Dental Clinics**, v. 65, n. 2, p. 393-407, 2021.

HUSSEIN, Mostafa Omran. Biomechanical Performance of PEEK and Graphene-Modified PMMA as Telescopic Removable Partial Denture Materials: A Nonlinear 3D Finite Element Analysis. **International Journal of Prosthodontics**, v. 35, n. 6, 2022.

HE, Jianliang et al. Killing dental pathogens using antibacterial graphene oxide. **ACS applied materials & interfaces**, v. 7, n. 9, p. 5605-5611, 2015.

LEE, Jung-Hwan et al. Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion. **Dental Materials**, v. 34, n. 4, p. e63-e72, 2018.

MATHARU, Rupy Kaur et al. Microstructure and antibacterial efficacy of graphene oxide nanocomposite fibres. **Journal of colloid and interface science**, v. 571, p. 239-252, 2020.

RAYANNAVAR, S. et al. Antifungal efficacy of tissue conditioner incorporated with nano graphene oxide: An in-vitro study. **IJDSIR**, v. 3, p. 601-607, 2020.

SALGADO, Helena et al. Antimicrobial Activity of a 3D-Printed Polymethylmethacrylate Dental Resin Enhanced with Graphene. **Biomedicines**, v. 10, n. 10, p. 2607, 2022.

TEIMOORIAN, Mehran et al. Effects of adding functionalized graphene oxide nanosheets on physical, mechanical, and anti-biofilm properties of acrylic resin: In vitro-experimental study. **Dental Research Journal**, v. 20, n. 1, p. 37, 2023.

ZENTHÖFER, Andreas et al. The effects of dental status and chewing efficiency on the oral-health-related quality of life of nursing-home residents. **Clinical Interventions in Aging**, p. 2155-2164, 2020.