



REVISÃO SISTEMÁTICA: A MICROSCOPIA ELETRÔNICA NA AVALIAÇÃO DE NANOMATERIAIS ODONTOLÓGICOS

João Vitor Zanatta¹, Guilherme Gomes Mesquita², Elizandra Aparecida Britta Stefano³

¹Acadêmico do Curso de Odontologia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – Programa PVIC.
joaovitorzanatta3232@gmail.com

²Acadêmico do Curso de Odontologia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar – Programa PVIC.
guilhermegomesmesquita@gmail.com

³Orientadora, Doutora, Docente no Curso de Odontologia, Campus Maringá-PR, Universidade Cesumar.
elizandra.stefano@unicesumar.edu.br

RESUMO

O emprego de nanomateriais tem apresentado um crescimento exponencial na odontologia, visto que Os materiais nanoestruturados devido ao tamanho menor de 100 nm, apresentam variações nas propriedades físico-químicas. As características dos materiais são interessantes, pois podem promover aprimoramento no desempenho final e solucionar barreiras que atualmente são limitadas com as partículas maiores, tais como: aumento de resistência mecânica, biocompatibilidade, bioatividade, capacidade bactericida, propriedades que auxiliam na redução de retenção de placa bacteriana, e outros. Uma das metodologias usadas para estudar as estruturas das nanopartículas é o emprego da microscopia eletrônica. A microscopia eletrônica de varredura (MEV), permite a avaliação da morfologia superficial e, a microscopia eletrônica de transmissão (MET), é empregada para o estudo das propriedades físico-químicas e para melhorar a eficiência dos processos de sintetização. O presente estudo é uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de elucidar pontos importantes referentes ao estudo de nanomateriais aplicando a microscopia eletrônica, buscando integrar os assuntos direcionando-os para a área de materiais odontológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise; Materiais Dentários; Microscópio; Nanomateriais.

1 INTRODUÇÃO

O microscópio é um dispositivo usado para amplificar materiais e apresenta vasta aplicação na ciência. Uma das invenções revolucionárias do século 21 para o estudo da biologia molecular e celular, foi a superação da limitação de um fenômeno físico óptico denominado difração, que engloba as ondas eletromagnéticas e a escala do material analisado (Gallagher; Zhao, 2021). A superação foi atingida através do microscópio eletrônico (ME), o contorno dessa limitação se dá porque o ME apresenta um princípio de funcionamento distinto do microscópio óptico, no qual o ME trabalha emitindo feixes de elétrons, que interagem com os átomos da superfície do material, e são captados por um sensor, posteriormente o software condensa e processa as informações mostrando como resultado uma imagem aumentada do material (Stadtländer, 2007).

Tendo um poder de amplificação muito maior quando comparada ao microscópio óptico, a luz visível tem um espectro de comprimento de onda que vai de 400 a 700 nm, enquanto o microscópio eletrônico tem capacidade de captar até 0.005 nm. Diversas áreas da ciência se faz a aplicação desse recurso, desde seu surgimento na década de 30 vem ganhando cada vez mais espaço, como nos campos da biologia, medicina e ciência de materiais (Stadtländer, 2007).

Um nanomaterial pode ser definido como uma amostra menor que 100 nm em uma dimensão, de acordo com Pokrowiecki et al (2017) a introdução de nanomateriais na odontologia pode contribuir na promoção saúde bucodental, pois a nanotecnologia pode atuar complementando o tratamento e detecção de patologias comuns, como a cárie de doença periodontal. Existem duas abordagens para os nanomateriais odontológicos, em inglês denominada “*Top-Down*” equivalente ao ‘Macro ao micro’, e “*Bottom-Up*” do ‘Micro ao Macro’. A conduta Macro ao Micro conceitualmente consiste em utilizar um material



sólido, e ir reduzindo o nanomaterial até que o mesmo atinja o tamanho de nanopartículas, enquanto a abordagem micro ao macro parte do ponto de criar nanopartículas a partir de moléculas e átomos. Entre os nanomateriais estudados na odontologia com maior frequência estão: nanocompósitos, nanopartículas/nanotubos/nanofibras, nanomateriais antimicrobianos, nanomineralização biológica e nanorevestimentos (Jandt, Wattz; 2020).

Em geral, o estudo dos nanomateriais combina a MET e a MEV, proporcionando uma boa resolução de imagem e informações tridimensionais da superfície. A combinação com aparelhos “periféricos”, podem simular situações específicas, como tensão, aquecimento, esfriamento, polarização elétrica, ambientes reativos (gasosos ou líquidos), e fótons. Em contrapartida, trabalhar utilizando os acessórios periféricos gera muitos dados provenientes de cada análise individual, sendo um obstáculo o processamento manual dos mesmos (Stadtländer, 2007).

Os nanomateriais apresentam várias aplicações odontológicas, alguns campos já estão mais consolidados outros estão em fase inicial de pesquisa, entre as aplicações estão: diagnósticos dentais, materiais usados para prevenção, materiais dentários, próteses, endodontia, odontologia estética e minimamente invasiva, periodontia, implantodontia, dentística regenerativa e nanoprodutos. Vale ressaltar que, a utilização do termo “nano” pode ser usado pelas indústrias como uma forma de melhorar as vendas, porém na prática não necessariamente significa que um material de escala nanométrica, apresenta um desempenho final melhor que um macro material (Jandt, Wattz; 2020)

Diante do exposto, essa revisão sistemática da literatura tem o objetivo de discutir tópicos relevantes que integram o tema de nanomateriais, microscopia eletrônica de transmissão (MET), microscopia eletrônica de varredura (MEV), Microscopia de força atômica (MFA) e microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (MEV-FEG) aplicado a área de materiais dentários, visto que existem poucos artigos que abordam esse tema de forma clara explorando fundamentos e aplicações.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração da revisão sistemática será realizada uma busca de artigos científicos na literatura nos bancos de dados PubMed, Science Direct, Scielo, e Google Acadêmico. A seleção dos artigos seguirá o critério de coerência com o tema, como nanomateriais, microscopia eletrônica de varredura, microscopia eletrônica de transmissão, materiais dentários e ciência de materiais, utilizando as seguintes palavras-chaves: “Microscopia eletrônica”; “Nanopartículas”; “Nanomateriais”, “Polímero”; “Cerâmica”; “Metais”; “Compósitos”. O parâmetro utilizado para desenvolver e estruturar o conteúdo será realizado utilizando o método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 NANOPARTÍCULAS DE CERÂMICAS

Uma pesquisa realizada por Roshanali, Nodehi e Atai (2020) testou nanopartículas de sílica tendo o objetivo de promover o reforço da matriz de polímeros da resina dental, para que determinado objetivo seja atingido usou a morfologia de “Core-Shell” que de forma simplificada consiste revestir a nanopartícula (como uma nanoesfera) com outro material. Para determinar o tamanho das nanopartículas de sílica foi usada a técnica de dispersão de luz dinâmica (DLD), em uma angulação de 90 graus de espalhamento, comprimento de onda de 640 nm e temperatura ambiente. A avaliação utilizando MET usou uma voltagem de aceleração de 200 kV, as amostras foram preparadas em uma espessura de 70-90 nm em um ultramicrotomo e uma lâmina de diamante.



Depois de sintetizadas as nanopartículas híbridas usando Sílica (Si), Acrilato de polibutila (APB), polimetil metacrilato (PMMA), poliestireno (PS), a amostra foi analisada usando Microscópio Eletrônico de Varredura com emissão de campo (MEV-FEG) indicado na figura 1, o tamanho estimado da material é de 336 nm. Os resultados da análise da MET por meio da técnica de campo claro podem ser vistos na figura 2.

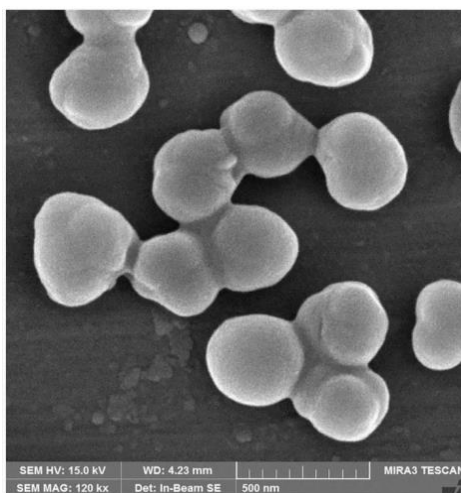


Figura 1: Imagens usando MEV-FEG das nanopartículas de Si-APB-PMMA/PS.
Fonte: Roshanali, Nodehi e Atai, 2020.

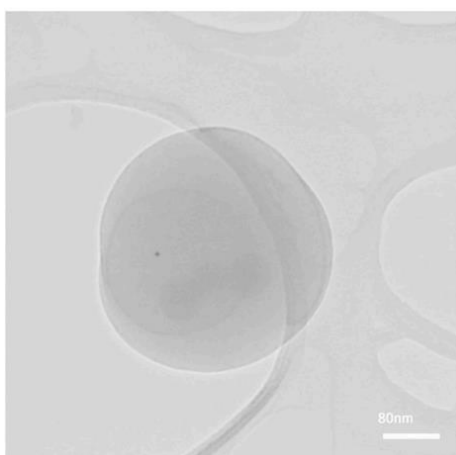


Figura 2: Imagem da MET das partículas híbridas de Si-APB-PMMA/PS.
Fonte: Roshanali, Nodehi e Atai, 2020.

3.2 NANOPARTÍCULAS DE METAIS

Um estudo realizado por Eggenhöfner et al (2023) utilizou a ME para avaliar a superfície de um compósito feita de uma matriz de polímero glicidil glicerolato dimetacrilato (BisGMA) e nanotubos de TiO_2 . A análise de MEV foi realizada usando 350 V–30 kV (Figura 3), e para o feixe de íon focalizado 500V-30 kV, para a avaliação com a MFA usou-se força constante de 2.8 N/m (1,2–5,5 N/m), frequência ressonante de 75 kHz (60–90 kHz),



comprimento de 225 μm (1–230 μm), largura de 27,5 μm (24,5–30,5 μm) e espessura de 3 μm (2,5–3,5 μm) avaliação da MFA indicada na Figura 4.

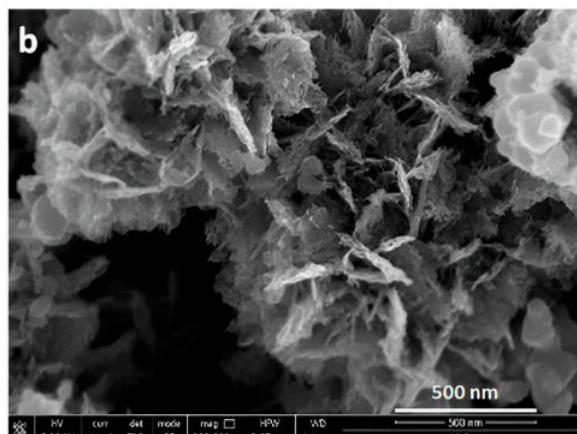


Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura de alta resolução do pó de nanotubos de TiO_2
Fonte: Eggenhöffner et al, 2023.

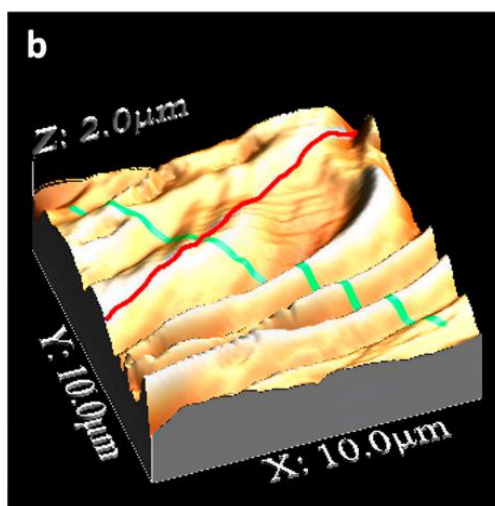


Figura 4: Avaliação da morfologia usando MFA em uma área de 10×10^2 do compósito de BisGMA e nanotubos de TiO_2
Fonte: Eggenhöffner et al, 2023.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados parciais obtidos na pesquisa conclui-se que as técnicas mais utilizadas na avaliação de nanomateriais odontológicos estão: Microscopia eletrônica de transmissão, Microscopia eletrônica de varredura, Microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo e Microscopia de força atômica. Sendo considerada a padrão ouro a microscopia de força atômica para avaliação de morfologia. Espera-se que a presente revisão, contribua para o conhecimento de pesquisadores e cirurgiões-dentistas referente aos nanomateriais, que os ajudem a ampliar o interesse, e conseqüentemente auxiliar o desenvolvimento dos mesmos com propriedades visadas na odontologia.

REFERÊNCIAS

EGGENHÖFFNER, R. et al. Innovative Nanostructured Fillers for Dental Resins: Nanoporous Alumina and Titania Nanotubes. **MDPI AG**, v. 11, n. 7, p. 1926–1926, 7 jul. 2023.



GALLAGHER, B. R.; ZHAO, Y. Expansion microscopy: A powerful nanoscale imaging tool for neuroscientists. **Neurobiology of Disease**, v. 154, p. 105362, jul. 2021.

JANDT, K. D.; WATTS, D. C. Nanotechnology in dentistry: Present and future perspectives on dental nanomaterials. **Dental Materials**, v. 36, n. 11, p. 1365–1378, nov. 2020.

RAFAŁ POKROWIECKI; K. PAŁKA; MIELCZAREK, A. Nanomaterials in dentistry: a cornerstone or a black box? **Future Medicine**, v. 13, n. 6, p. 639–667, 1 mar. 2018.

ROSHANALI, M.; NODEHI, A.; ATAI, M. Synthesis and characterization of core-shell nanoparticles and their application in dental resins. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 110, p. 103926, out. 2020.

STADTLÄNDER, H. Scanning Electron Microscopy and Transmission Electron Microscopy of Mollicutes: Challenges and Opportunities. 2007. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=b404b1aa0b510c044d7c61388fc9f910f330aa5c>>.