

Gabriela El-Corab Fiche¹
Rafaela Passos de Souza¹
Karina Lopes Devito¹
Anamaria Pessoa Pereira Leite¹

¹Programa de Pós-graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

✉ **Rafaela de Souza**

R. Dr. Edgard Quinet, 40, apt. 402, Morro da Glória, Juiz de Fora, Minas Gerais
CEP: 36036-080

📧 rafaelpassosdesouza11@gmail.com

RESUMO

Introdução: A radiopacidade é um requisito importante para um material odontológico, pois permite que as estruturas dentárias sejam distinguidas do material substituto, facilitando o diagnóstico radiográfico. Portanto, com o surgimento de novas formulações de materiais endodônticos, é fundamental que esta propriedade esteja em conformidade com as normas vigentes. **Objetivo:** Avaliar as radiopacidades dos cimentos MTA Angelus Branco, MTA Repair HP e Biodentine entre si e compará-las com as das estruturas dentais humanas, por meio de radiografia digital. **Material e Métodos:** Foram confeccionados cinco corpos de prova para cada cimento estudado. Cada amostra foi radiografada, pelo método digital, juntamente com uma fatia de um dente molar inferior humano hígido e uma escala de densidade de alumínio (Al). Para cada conjunto, três imagens foram obtidas e avaliadas quanto às densidades por meio da ferramenta histograma do *software Image J*. Em cada estrutura avaliada, foi usada uma região de interesse pré-definida e as densidades foram apresentadas utilizando-se médias, desvios-padrões e medianas. Para avaliar a normalidade dos dados e comparar a radiopacidade dos três cimentos testados, foram aplicados os testes de Shapiro-Wilk e o de Kruskal-Wallis, respectivamente. Foi utilizado o programa SPSS com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). **Resultados:** Foi observado para o esmalte e a dentina radiopacidades equivalentes a 2 mm de Al e 1 mm respectivamente. Ambos os cimentos MTA Branco e MTA Repair HP, apresentaram radiopacidade equivalente a 3 mm de Al. O cimento Biodentine apresentou radiopacidade inferior aos demais materiais (2 mm de Al). **Conclusão:** As radiopacidades dos cimentos MTA Branco e MTA Repair HP foram semelhantes entre si e maiores que às da dentina e do esmalte dental. Em contrapartida, a radiopacidade do cimento Biodentine foi inferior às do MTA Branco e MTA Repair HP, e semelhante à do esmalte.

Palavras-chave: Diagnóstico Bucal; Radiografia Dentária Digital; Dente.

ABSTRACT

Introduction: Radiopacity is an important requirement for a dental material, as it allows tooth structures to be distinguished from the substitute material, facilitating radiographic diagnosis. Therefore, with the emergence of new formulations of endodontic materials, it is essential that this property complies with current regulations. **Objective:** To evaluate the radiopacities of MTA Angelus White, MTA Repair HP and Biodentine cements among themselves and compare them with those of human dental structures, using digital radiography. **Material and Methods:** Five specimens were made for each studied cement. Each sample was radiographed, using the digital method, along with a slice of a sound human lower molar tooth and an aluminum (Al) density scale. For each set, three images were obtained and evaluated for densities using the histogram tool of the Image J software. In each evaluated structure, a predefined region of interest was used and the densities were presented using means, standard deviations and medians. To assess data normality and compare the radiopacity of the three cements tested, the Shapiro-Wilk and Kruskal-Wallis tests were applied, respectively. The SPSS program was used with a significance level of 5% ($p \leq 0.05$). **Results:** Radiopacities equivalent to 2 mm of Al and 1 mm of Al, respectively, were observed for enamel and dentin. Both MTA Branco and MTA Repair HP cements presented radiopacity equivalent to 3 mm of Al. Biodentine cement presented lower radiopacity than the other materials (2 mm of Al). **Conclusion:** The radiopacities of MTA Branco and MTA Repair HP cements were similar to each other and greater than those of dentin and dental enamel. In contrast, the radiopacity of Biodentine cement was lower than that of White MTA and MTA Repair HP, and similar to that of enamel.

Key-words: Diagnosis, Oral; Radiography, Dental, Digital; Tooth.

Submetido: 23/03/2023

Aceito: 17/08/2023



INTRODUÇÃO

A Endodontia atual conta com materiais novos e tecnologias diversas, proporcionando progressos significativos nos resultados clínicos e prognósticos dos tratamentos. Neste patamar, encontram-se os biocerâmicos, constituídos por óxidos metálicos ou compostos cerâmicos biocompatíveis e inorgânicos, obtidos pelo aquecimento de minerais brutos. Dentre os biocerâmicos, estão o silicato de cálcio e a hidroxiapatita, materiais duráveis que podem sofrer interações com o tecido. Algumas de suas vantagens são: atividade antifúngica, boa radiopacidade e formação de ligações químicas com a estrutura dentária circundante.^{1,2} Ainda, suas indicações de uso são variadas, podendo ser utilizados em reabsorções radiculares e como cimentos endodônticos em perfurações radiculares.³

Modernos cimentos de silicato de cálcio, como o agregado trióxido mineral (MTA) e Biodentine (BD) (*Septodont*, Saint Maur des Fosses, França), são biocerâmicos atuais de escolha para reparo de defeitos ou comunicações dentárias entre o sistema de canais radiculares e o ligamento periodontal.⁴

Criado na década de 90, o MTA foi o primeiro biocerâmico que obteve sucesso em endodontia.^{2,3} Tal material, comercializado como ProRoot MTA® (*Dentsply Tulsa Dental*, Oklahoma, USA)^{5,6} era inicialmente recomendado como material retroobturador²⁻⁴ e para selamento de perfurações comunicantes,^{3,4,7,8} sendo posteriormente empregado em diversas outras situações clínicas como no tratamento de exposições pulpares,^{2,4,8} apicogênese, plug apical em dentes com ápices abertos e apicificação.^{2,8} Entretanto, alguns estudos demonstraram limitações como: tempo de endurecimento prolongado,^{4,8} alto custo,² manuseio difícil, além de manchamento potencial do dente.^{2,8}

No Brasil, a versão branca do MTA (MTA B), se comparada ao MTA original, foi recentemente modificada em sua composição. Isto é, sua formulação atual conta com a substituição do radiopacificador óxido de bismuto (Bi_2O_3) para tungstato de cálcio (CaWO_4),⁹ uma vez que esse componente foi atribuído como o responsável pela descoloração do elemento dentário.¹⁰⁻¹⁴

No ano de 2016, foi lançado o MTA *Repair* HP (MTA HP) (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S.A., Londrina, Paraná, Brasil), objetivando um melhoramento nas suas características físico-químicas sem prejudicar, sobretudo, suas propriedades biológicas.^{5,15-18} Dentre as melhorias, a mudança de agente radiopacificador de óxido de bismuto (Bi_2O_3) para tungstato de cálcio (CaWO_4) também se faz presente.¹⁹

O Biodentine (BD), outro biocerâmico à base de silicato tricálcico, comercializado em 2009 por Septodont (França), apresenta propriedades mecânicas elevadas,^{2,20} excelente biocompatibilidade e comportamento bioativo.⁴ Além do uso em odontologia

restauradora,^{3,4,21,22} suas aplicações são semelhantes às do MTA.⁸

Diferentemente dos outros materiais, o agente radiopacificador do BD é o óxido de zircônio (ZrO_2), material de escolha devido a seu comportamento bioinerte e por possuir características mecânicas e resistência à corrosão superiores.²² Contudo, uma possível desvantagem seria a baixa radiodensidade desse componente.^{23,24}

Sabe-se que a radiopacidade é um dos requisitos importantes para um material odontológico, visto que permite que as estruturas dentárias e tecidos adjacentes sejam distinguidos do material substituto, facilitando o diagnóstico radiográfico. Ainda, permite a avaliação da qualidade do preenchimento e a adaptação do material.^{22,25-27}

Para verificar essa propriedade, utiliza-se comumente o método de Tagger e Katz²⁶, que consiste na obtenção de radiografias de amostras de cimentos endodônticos ao lado de uma escala de alumínio e comparação da radiopacidade à escala, usando software específico. Segundo os métodos da *International Organization for Standardization* (ISO) 6876/2001²⁸, a radiopacidade dos cimentos endodônticos deve ser no mínimo equivalente a uma espessura de 3 mm de Al. De acordo com a especificação da *American National Standard Institute/American Dental Association* (ANSI/ADA) número 57,²⁹ todos os seladores endodônticos devem corresponder a pelo menos 2 mm de Al, apresentando-se mais radiopacos que a dentina e o osso,²² sendo que a radiopacidade de 1mm de dentina é equivalente a 1 mm de Al em uma escala graduada deste mesmo elemento.³⁰

Considerando o surgimento de novos materiais e a importância do conhecimento acerca das propriedades dos mesmos, o presente estudo tem como objetivo analisar e comparar a radiopacidade do BD, do MTA Angelus Branco (MTA B) e do MTA HP entre si e com as estruturas dentárias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) sob o parecer nº 3.892.393.

Para a avaliação da radiopacidade dos cimentos MTA ANGELUS® na cor branca, MTA *Repair* HP (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) e Biodentine (Septodont Saint-Maur-des-Fossés, França) foram confeccionados cinco corpos de prova de cada material a ser estudado, utilizando matrizes de elastômero, com abertura central de 4 mm de diâmetro e 2 mm de altura. Todos os materiais estavam dentro do período de validade e foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante. O material manipulado foi inserido nas matrizes, em incremento único, utilizando-se espátula número 24 (Duflex, Brasil). Para garantir

lisura e adequada espessura dos corpos de prova, uma lâmina de vidro, com 0,5 cm de espessura, foi colocada sobre a matriz preenchida com o material e uma leve pressão digital foi exercida sobre a placa. As amostras finais foram aferidas com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Japão) para garantir uma espessura final de 2 mm.

A fim de permitir a comparação da radiopacidade dos materiais com as estruturas dentárias (esmalte e dentina), um dente molar inferior humano hígido, cedido pelo Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da UFJF, foi seccionado utilizando-se uma cortadora de precisão Isomet® 1000 (Buehler, Lake Bluff, EUA), obtendo-se uma fatia única, no sentido mesiodistal, com 2 mm de espessura, da dentina e esmalte coronários e da dentina radicular. A espessura final do corte também foi aferida com auxílio do paquímetro digital.

Para a realização das radiografias foi utilizado o aparelho de raios X periapical Dabi Atlante (Brasil), operando a 7 mA, 70kVp e filtração total equivalente a 2,5 mm de alumínio. O tempo de exposição foi previamente determinado, e mantido constante em todas as exposições. A distância foco-filme foi fixada em 40 cm, com uma incidência perpendicular do feixe de radiação ao plano onde foram colocados o sensor e os objetos a serem radiografados.

Para aquisição das imagens radiográficas foi utilizado o sistema de radiografia digital direta (Kavo, Brasil). Sobre o sensor foram colocados: um corpo de prova de cada material estudado, o corte do molar e uma escala de densidade de alumínio com espessura variando de 2 a 16 mm, com incrementos de 2 mm (Figura 1). Foram obtidas três imagens de cada conjunto.

O sensor do sistema digital estava diretamente ligado a um computador com processador Pentium, 64MB de RAM, 2GB de HD, com placa de vídeo de 2MB e

monitor Sony Multiscan, permitindo que, após a tomada radiográfica, a imagem aparecesse imediatamente no monitor do computador. As imagens digitais foram arquivadas em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

As imagens periapicais foram avaliadas quanto às densidades por meio da ferramenta histograma do software ImageJ (U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA). Todas as mensurações dessa etapa foram realizadas por um único examinador, devidamente calibrado. Não foi realizada nenhuma alteração no brilho e/ou contraste das imagens. Em cada estrutura e material avaliados (esmalte, dentina, MTA B, MTA HP, BD e os degraus da escala de densidade) foi determinada uma ROI (*Region of Interest/Região de Interesse*) correspondente a um quadrado de 1,2 x 1,2 mm, posicionada nas imagens de cada estrutura e material. Os valores de média, desvio-padrão, mínimo e máximo para cada ROI foram coletados e digitados em planilha do programa Excel® (*Microsoft Office*, EUA).

As densidades ópticas dos cimentos testados, esmalte, dentina e degraus da escala de densidade foram apresentadas utilizando-se médias, desvios-padrões e medianas. Para avaliar a normalidade dos dados e comparar a radiopacidade dos três cimentos testados, foram aplicados os testes de Shapiro-Wilk e o de Kruskal-Wallis, respectivamente. Além disso, foi utilizado o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, versão 13.0, Chicago, EUA), com nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

O cimento BD apresentou uma radiopacidade estatisticamente inferior aos demais cimentos testados (MTA B e MTA HP), o que demonstra propriedade inferior para sua identificação e distinção das demais

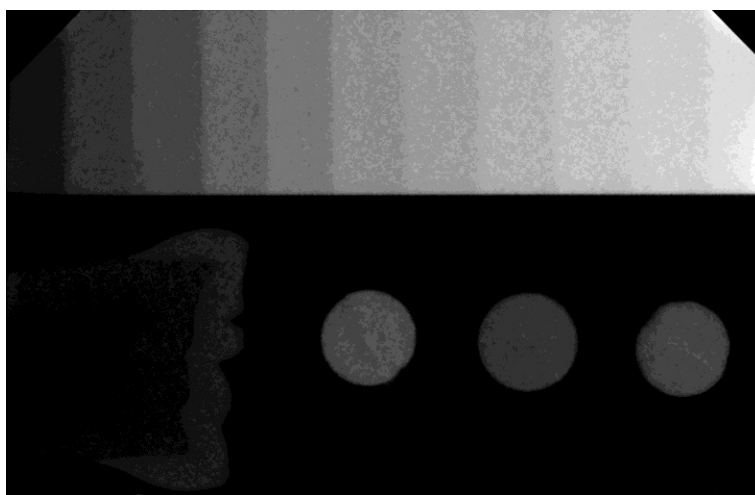


Figura 1: Conjunto dos materiais testados.

Imagem radiográfica digital da escala de alumínio, da fatia do molar e das amostras dos cimentos testados.

estruturas dentárias durante a análise radiográfica. No entanto, vale destacar que os três cimentos possuem radiopacidade igual ou superior a do esmalte (Tabela 1). As radiopacidades dos cimentos avaliados, bem como do esmalte e da dentina foram definidas em espessura equivalente de Alumínio (mm Al).

DISCUSSÃO

Ao analisar a radiopacidade dos materiais, pudemos constatar que o MTA B e o MTA HP não apresentaram diferença significativa entre si, exibindo radiopacidade equivalente a 3 mm de Al. À vista disso, os dois materiais encontram-se em conformidade com a ISO e ADA,^{28,29} no limite mínimo estabelecido pelas mesmas. Dessa forma é possível a identificação radiográfica satisfatória dos cimentos em relação às estruturas de esmalte e dentina, que apresentam valores de 2 e 1 mm na escala de alumínio, respectivamente. Bem como no estudo de Tanalp et al²⁷, O MTA B obteve valor correspondente às normas, porém com medida de 4,72 mm de Al, sendo que, para Ferreira et al¹, Galarça et al¹⁶ e Guimarães et al³¹ os dois materiais também apresentaram valores de radiopacidade estatisticamente semelhantes. Entretanto, as quantias encontradas em milímetros de alumínio foram divergentes. Diante disso, Tanalp et al²⁷ sugere que as variações metodológicas como a tensão de exposição, distância do foco do filme e a preparação de amostras podem ser algumas razões para a inconsistência entre os resultados. Além disso, neste estudo, o MTA B testado apresenta o óxido de bismuto como agente radiopacificador, diferentemente de sua formulação mais atual, podendo divergir de estudos que a utilizarem.

Com relação ao BD[®], segundo o fabricante, sua radiopacidade seria equivalente a 3,5 mm de alumínio, estando acima do limite mínimo de 3 mm estabelecido pela regulamentação. Em consonância com o produtor do material, Gretch, Mallia e Camilleri²⁰ encontraram valor, de 4,1 mm de Al, superior ao regulamentado na avaliação do cimento BD, após imersão na solução salina balanceada de Hank.

Em contrapartida, frente aos resultados obtidos, constatamos que o material substituto dentinário apresentou radiodensidade de 2 mm de Al. Tal resultado

foi análogo aos estudos de Caron et al²³, que também observaram baixa radiopacidade do produto quando comparado ao MTA Angelus, fazendo com que houvesse dificuldade de visualização da obturação retrógrada, quando usado pequenas quantidades do cimento. Ainda, Tanalp et al²⁷ encontraram 2,80 mm de Al e Kaup, Schäfer e Dammaschke⁶ 1,50 mm de Al como valores de radiopacidade do material, atestando a não conformidade do BD com as normas.

Salienta-se que essa baixa densidade radiográfica comparada aos demais cimentos, pode ser justificada pelo fato deste produto ter sido idealizado como substituinte da dentina em um primeiro momento. Tal material tem os reais valores para o operador, já que ele não mancha, não é arenoso e apresenta fácil utilização. No entanto, se o fabricante deseja expandir seu leque de aplicabilidade para a endodontia, como já vem fazendo, sugere-se que sua fórmula seja adequada, a fim de garantir uma aplicação segura deste cimento, uma vez que sua radiopacidade é semelhante ao esmalte dentário (2 mm Al) prejudicando a sua identificação radiográfica. Além disso, seu valor de radiopacidade (2 mm Al) não é idealmente maior que o da dentina (1 mm Al), comprometendo a distinção do material substituto em relação às estruturas dentárias sadias.

Imprescindivelmente, há a necessidade atual de materiais cujas composições permitam a manutenção da estética, simultaneamente com a permanência ou aprimoramento das qualidades físico-químicas e biológicas. Portanto, uma vez que o BD é um material com atributos elevados, os resultados de Ochoa-Rodríguez⁷ preconizam que a adição de 15% de ZrO₂ pode ser uma boa opção para aumentar a radiopacidade do cimento, permitindo sua detecção radiográfica na prática clínica, sem alterar suas propriedades. Ao passo que, a associação do BD com o agente radiopacificador CaWO₄ não foi satisfatória, exibindo aumento de sua solubilidade.

Para o MTA B, visto que sua radiopacidade é adequada, mas o óxido de bismuto causa outros impasses, Marciano et al¹³ sugeriram que outra alternativa ao problema de manchamento dentário, seria associar 5% de óxido de zinco ao MTA, visto que este impede a mudança de cor causada pela conversão do óxido de bismuto em bismita, sem modificar a

Tabela 1: Comparação da radiopacidade dos cimentos MTA Branco, MTA Repair HP e Biodentine.

Material	Média (desvio-padrão)	Mediana	Espessura equivalente
MTA B	71,87 (13,90)	77,96 a	3 mm Al
MTA HP	72,24 (6,05)	72,44 a	3 mm Al
BD	53,05 (2,71)	51,68 b	2 mm Al
Esmalte	50,92 (0,71)	50,79	2 mm Al
Dentina	25,33 (0,79)	25,48	1 mm Al

*Medianas seguidas por letras distintas indicam diferença estatisticamente significativa entre os materiais testados.

radiopacidade e outras propriedades importantes do material.

Em síntese, as radiopacidades encontradas para os cimentos MTA HP e Branco foram semelhantes entre si, apesar dos diferentes radiopacificadores (tungstato de cálcio e óxido de bismuto, respectivamente). Por sua vez o cimento Biodentine, cujo radiopacificador é o óxido de zircônio, apresentou radiopacidade inferior em relação a MTA HP e MTA Branco, o que pode ser devido às propriedades dos radiopacificadores, sua quantidade nas formulações e até mesmo a interação com os componentes dos cimentos.

Espera-se que os resultados encontrados possam auxiliar na seleção de novos materiais biocerâmicos a serem utilizados na Endodontia, que atendam adequadamente a propriedade de radiopacidade. Assim, permitindo que tais materiais sejam corretamente identificados nas imagens radiográficas, sem comprometimento da terapêutica, o que viabiliza seu uso clínico.

CONCLUSÃO

As radiopacidades dos cimentos MTA B e MTA HP foram semelhantes entre si e maiores que a radiopacidade da dentina e do esmalte dental, estando em acordo com as determinações da ISO 6876/2001. Em contrapartida, a radiopacidade do cimento BD foi inferior às do MTA B e MTA HP, e semelhante à radiopacidade do esmalte, o que dificulta sua identificação e distinção das demais estruturas dentárias durante a avaliação radiográfica, indo contra as determinações da norma vigente sobre este aspecto dos materiais endodônticos.

REFERÊNCIAS

1. Ferreira CM, Sassone LM, Gonçalves AS, de Carvalho JJ, Tomás-Catalá CJ, García-Bernal D et al. Physicochemical, cytotoxicity and in vivo biocompatibility of a high-plasticity calcium-silicate based material. *Sci Rep.* 2019; 9(1):1-11.
2. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani, KM, Kotadia, P. Bio-ceramics in endodontics: a review. *JIUFD.* 2017; 51(3 Suppl 1):S128.
3. Jitaru S, Hodisan I, Timis L, Lucian A, Bud M. The use of bio-ceramics in endodontics: literature review. *Clujul Med.* 2016; 89(4):470.
4. Alvarado MLE, Martínez FL, Lozano AS. MTA vs. Biodentine. *Rev Mex Estomatol.* 2016; 3(2):166-9.
5. Sarzeda GDR., Bahia MS, Doriguêto PVT, Devito KL, Leite APP. Análise da composição química dos cimentos MTA Angelus® branco, cinza e HP repair® através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) acoplada a espectrômetro de energia dispersiva (EDS). *Rev Odontol UNESP.* 2019; 48.
6. Kaup M, Schäfer E, Dammaschke T. An in vitro study of different material properties of Biodentine compared to ProRoot MTA. *Head Face Med.* 2015; 11(1):1-8.
7. Ochoa-Rodríguez VM, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Guerreiro-Tanomar JM, Spin-Neto R, Faria G. Addition of zirconium oxide to Biodentine increases radiopacity and does not alter its physicochemical and biological properties. *J Appl Oral Sci.* 2019.
8. Tang JJ, Shen ZS, Qin W, Lin Z. A comparison of the sealing abilities between Biodentine and MTA as root-end filling materials and their effects on bone healing in dogs after periradicular surgery. *J Appl Oral Sci.* 2019.
9. Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A. Produtos Angelus: Linha MTA: MTA REPAIR HP, MTA Angelus®, MTA-Fillapex e Aplicador de MTA [Internet]. 2017 [citado em 2023 mar. 9]. Disponível em: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/MTA-Angelus-Perfil-Tecnico-Cientifico.pdf>.
10. Cutajar A, Mallia B, Abela S, Camilleri J. Replacement of radiopacifier in mineral trioxide aggregate: characterization and determination of physical properties. *Dent Mater.* 2011; 27(9):879-91.
11. Duarte MAH, Marciano MA, Vivian RR, Tanomaru Filho M, Tanomaru JMG, Camilleri J. Tricalcium silicate-based cements: properties and modifications. *Braz Oral Res.* 2018; 32.
12. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RFL, Guimaraes BM, Duarte MAH. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod.* 2014; 40(8):1235-40.
13. Marciano MA, Camilleri J, Costa RM, Matsumoto MA, Guimaraes BM, Duarte MAH. Zinc oxide inhibits dental discoloration caused by white mineral trioxide aggregate angelus. *J Endod.* 2017; 43(6):1001-7.
14. Felman D, Parashos P. Coronal tooth discoloration and white mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2013; 39(4):484-7.
15. Cintra LTA, Benetti F, de Azevedo Queiroz ÍO, de Araújo Lopes JM, de Oliveira SHP, Araújo GS, Gomes-Filho JE. Cytotoxicity, biocompatibility, and biomineralization of the new high-plasticity MTA material. *J Endod.* 2017; 43(5): 774-8.
16. Galarça AD, Rosa WLDO, Silva TM, Silveira Lima G, Carreño NLV, Pereira TM, et al. Physical and biological properties of a high-plasticity tricalcium silicate cement. *Biomed Res Int.* 2018.
17. Silva EJ, Carvalho NK, Zanon M, Senna PM, De-Deus G, Zuolo ML, Zaia AA. Push-out bond strength of MTA HP, a new high-plasticity calcium silicate-based cement. *Braz Oral Res.* 2016; 30(1).

18. Tomás-Catalá CJ, Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Forner L, Llena C et al. Biocompatibility of new pulp-capping materials NeoMTA Plus, MTA Repair HP, and Biodentine on human dental pulp stem cells. *J Endod.* 2018; 44(1):126-32.
19. Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A. Produtos Angelus: Linha MTA: MTA REPAIR HP, MTA Angelus®, MTA-Fillapex e Aplicador de MTA [Internet]. 2017 [ciatado em 2023 mar. 9]. Disponível em: https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/PT-Folder-MTA-Repair-HP_compressed.pdf.
20. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater.* 2013; 29(2):e20-e28.
21. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. *JCDR.* 2017; 11(8):ZG01.
22. Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.* 2014.
23. Caron G, Azérad J, Faure MO, Machtou P, Boucher Y. Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: two case reports. *Int J Oral Sci.* 2014; 6(4):250-53.
24. Vidal K, Martin G, Lozano O, Salas M, Trigueros J, Aguilar G. Apical closure in apexification: a review and case report of apexification treatment of an immature permanent tooth with Biodentine. *J Endod.* 2016; 42(5):730-4.
25. Salzedas LMP, Louzada MJQ, Oliveira Filho ABD. Radiopacity of restorative materials using digital images. *J appl Oral Sci.* 2006; 14(2):147-52.
26. Tagger M, Katz A. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. *J Endod.* 2003; 29(11):751-5.
27. Tanalp J, Karapınar-Kazandağ M, Dölekoğlu S, Kayahan MB. Comparison of the radiopacities of different root-end filling and repair materials. *Sci World J.* 2013.
28. International Organization for Standardization. ISO 6876: dentistry-root canal sealing materials. 2001 (E).
29. American Dental Association. Specification no. 57 for endodontic filling materials. *J Am Dent Assoc.* 1984; 108(1):108.
30. Borges AH, Pedro FLM, Semanoff-Segundo A, Miranda CES, Pécora JD, Cruz Filho AM. Radiopacity evaluation of Portland and MTA-based cements by digital radiographic system. *J appl Oral Sci.* 2011; 19(3):228-32.
31. Guimarães BM, Prati C, Duarte MAH, Bramante CM, Gandolf MG. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. *J Appl Oral Sci.* 2018; 26.