

## CIMENTOS BIOCERÂMICOS NA ENDODONTIA

Kallyne Garrido De Lima ANDRADE<sup>1</sup>; Ana Livia GOMES-CORNÉLIO<sup>2</sup>

### Resumo

O tratamento endodôntico é realizado por várias fases, começando pelo preparo químico mecânico, onde acontece a desinfecção do canal e modelagem do mesmo. Sua última etapa, que tem grande significância no tratamento, é a obturação, onde é possível realizar o selamento dos condutos. Para isso, é necessário o uso de um cimento endodôntico juntamente com cones de guta percha. Um cimento ideal deve ter propriedades físico-químicas satisfatórias, ser radiopaco, biocompatível, antibacteriano, fácil de manipular, entre outras vantagens. Os cimentos biocerâmicos têm demonstrado excelentes propriedades que dependendo da indicação, supera os outros materiais até então disponíveis no mercado. Assim, o objetivo desse trabalho foi reportar uma revisão da literatura, onde foram levantados 56 artigos científicos/casos clínicos, tanto em português como em inglês na base de dados disponíveis e acessados na biblioteca virtual da PubMed (MEDLINE) usando palavras chaves “bioceramic”, “endodontic obturation”, “bioactivity” publicados de 2004 adiante, sobre os cimentos biocerâmicos na endodontia, já que ainda há poucos relatos na literatura.

**Palavras-chave:** Biocerâmicos; Obturação endodôntica; Bioatividade.

<sup>1</sup>Academica do curso de graduação em odontologia do centro universitário do planalto Central Aparecido dos Santos - UNICEPLAC

graduação em odontologia do centro universitário do planalto central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC

<sup>2</sup>PhD em Endodontia. Professora de endodontia do curso de

---

## Introdução

O principal objetivo do tratamento Endodôntico é a eliminação dos microrganismos do sistema de canais infectados ou a redução a níveis insignificantes das bactérias aí existentes, através da combinação da instrumentação do sistema de canais radiculares com a limpeza química e a obturação dos mesmos com um material inerte de forma a manter ou restabelecer a saúde dos tecidos perirradiculares<sup>1</sup>. A obturação consiste na etapa final, em que se promove o preenchimento do espaço endodôntico já conformado com materiais inertes ou antissépticos que proporcionam um selamento tridimensional<sup>2</sup>.

O objetivo principal da obturação é selar toda a cavidade endodôntica, desde o início do canal radicular, até ao término apical. O material obturador deve preencher todo o espaço anteriormente ocupado pelo tecido pulpar, promovendo um selamento adequado nos sentidos apical, lateral e coronário<sup>3</sup>. O material obturador utilizado deve ser um material estável e que se mantenha de forma permanente sem ultrapassar os seus limites, ou seja, sem alcançar o periodonto<sup>4</sup>. Uma boa obturação

depende de basicamente dois fatores: a técnica e a seleção do cimento<sup>5</sup>, para isso utilizamos dois tipos de materiais: um em estado sólido (cone de guta percha) e outro em estado plástico (cimentos endodônticos). O cimento endodôntico é necessário, já que a guta percha não tem a capacidade adesiva com as paredes.

Um cimento endodôntico ideal deve ser capaz de preencher a totalidade do sistema de canais radiculares, ter estabilidade dimensional, ser biocompatível e não reabsorvível, bacteriostático e não irritante, deve prevenir a descoloração dentária, capaz de selar canais laterais, fácil de manipular e de remover do canal (se necessário), ser radiopaco e estéril, não deve ser condutor térmico e não deve ser imunogênico nem carcinogênico. Apesar da evolução dos cimentos endodônticos, ainda não existe um material que preencha todos os requisitos necessários.

Mais recentemente surgiram os cimentos biocerâmicos baseados em silicato de cálcio. O MTA (Agregado Trióxido Mineral) foi o primeiro cimento que demonstrou excelentes resultados no preenchimento das cavidades retrógradas e em capeamento pulpar<sup>7</sup>

dessa classe de materiais. Na endodontia, os materiais biocerâmicos se apresentam principalmente como cimento reparador<sup>6</sup> e como cimento endodôntico<sup>7</sup>. Segundo os fabricantes, são bicompatíveis, não tóxicos, não sofrem contração volumétrica, e são quimicamente estáveis no ambiente biológico, além disso, o principal diferencial é a bioatividade, que é a capacidade durante o processo de endurecimento, ou presa em formar hidroxiapatita, que exerce influência na ligação entre dentina e o material obturador<sup>8</sup>.

Assim, tem se visto uma gama de novos cimentos endodônticos a base de biocerâmicos, e suas vantagens frente ao tratamento. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi através da literatura, levantar e discutir os principais trabalhos em relação a essa nova classe de materiais endodônticos, denominados Biocerâmicos.

## **Revisão de literatura**

### **1- CIMENTOS ENDODÔNTICOS**

O cimento endodôntico tem como principal função proporcionar o selamento da cavidade endodôntica preenchendo espaços irregulares e túbulos dentinários, ou seja, todas as áreas inatingíveis pelos instrumentais

endodônticos, obtendo um preenchimento radicular bem adaptado<sup>9</sup>.

Como os sistemas de canais radiculares são de alta complexidade, os cimentos endodônticos devem ser utilizados no intuito de vedar as paredes, proporcionando assim o selamento hermético dos canais<sup>10</sup>. Os cimentos que atualmente são disponibilizados possuem uma classificação em grupos, eles são: à base de óxido de zinco e eugenol, base de hidróxido de cálcio, à base de ionômero de vidro, à base de silicone, e os recentes formulados à base de silicato de cálcio. Baseado em estudos<sup>11</sup>, enumeram-se abaixo algumas características que os cimentos obturadores devem possuir.

1. Deve ser pegajoso ao ser misturado, fornecendo boa adesão entre os cones e as paredes do canal;
2. Deve proporcionar uma vedação hermética;
3. Deve ser radiopaco;
4. As partículas de pó devem ser muito pequenas para serem facilmente misturadas com o líquido;
5. Não deve contrair após inserido no interior do canal;

6. Deve ser bacteriostático ou pelo menos impróprio ao crescimento microbiano;
7. Não deve manchar as estruturas dentinárias;
8. Deve ser insolúvel nos líquidos teciduais;
9. Deve ser bem tolerado pelos tecidos perirradiculares;
10. Deve ser de fácil remoção, se necessário.

Porém nenhum dos cimentos endodônticos acima preenche todas as características desejáveis, assim, a evolução dos materiais seladores foi necessária pelos fracassos endodônticos e pela necessidade de encontrar um material obturador que preencha todos os requisitos necessários.

## **2- CIMENTOS**

### **BIOCERÂMICOS**

Ao longo dos anos foram muitos os materiais utilizados para o selamento do sistema de canais radiculares e para a cirurgia apical como materiais retro obturadores. Muitos materiais como amálgama, cimentos baseados em óxido de zinco-eugenol, cimentos à base de resina e cimentos de ionômero de vidro

apresentaram desvantagens como: infiltração bacteriana, toxicidade e sensibilidade na presença de umidade. Após muitos anos de investigação, o Agregado Trióxido Mineral (MTA) surgiu, trazendo excelentes propriedades biológicas e dando início a uma nova classe de materiais endodônticos: os Biocerâmicos<sup>12</sup>.

O MTA foi desenvolvido na universidade de Loma Linda, Califórnia, EUA, em 1995, apresentando um vasto número de indicações clínicas e características físicas e químicas melhoradas indicado para capeamento pulpar, pulpotomia, reparação de perfuração radicular, reabsorção interna e como material retro obturador, entre outras<sup>12</sup>. Existem muitos estudos científicos que comprovam a eficácia deste material altamente compatível com o corpo humano. A habilidade do MTA de formar tecidos mineralizados pode ser atribuída à sua capacidade de vedação, alcalinidade, biocompatibilidade ou outras propriedades associadas a ele. No entanto, mesmo com tantas vantagens, a dificuldade de manipulação, seguido de seu elevado custo e descoloração dentinária, limitavam muito seu uso. Também foi descrito seu tempo prolongado de

presa (3 a 4 horas) e necessidade de um solvente específico quando é necessário removê-lo<sup>12</sup>, sendo contraindicado para obturação dos canais radiculares. Segundo os estudos<sup>13</sup> verificou-se que o MTA apresenta alterações da sua estrutura quando submetido a um ambiente ácido durante 3 dias, relacionadas diretamente com o aparecimento de falhas ou vazios que permitem a passagem de bactérias para o interior do dente dificultando o processo de cicatrização. Diante dessas características tornou-se necessário a pesquisa de novos materiais.

Os novos cimentos à base de biocerâmicos, desenvolvidos para uso na endodontia, são cimentos constituídos, por silicatos de cálcio, óxido de zircônio, fosfato de cálcio monobásico<sup>14</sup>. O mesmo está ligado a substituição de tecidos com o intuito de aumentar a sua biocompatibilidade. Os bioagregados como são chamados aqueles que possuem em sua composição biocerâmica (alumina, zircônia, hidroxiapatita, fosfato de cálcio, silicato de cálcio e cerâmicas de vidro) tem sua produção em laboratório e contém características relevantes para a Endodontia, entre elas estão: a facilidade em manipulação, estabilidade

dimensional, ótima eficiência de escoamento e selamento, alto pH e consequentemente capacidade antimicrobiana, biocompatibilidade e bioatividade<sup>15</sup>. Já foi relatado que as biocerâmicas são compostos cerâmicos biocompatíveis conseguidos através de muitos processos químicos. Apresentam excelentes propriedades de biocompatibilidade, isso ocorre por conta da sua semelhança com o processo biológico de composição de hidroxiapatita e à competência de provocar uma resposta regenerativa no organismo humano. Além disso, manifestam uma capacidade intrínseca, devido a possibilidade de absorção de substâncias na existência de processo de cicatrização óssea<sup>16</sup>.

## 2.1- CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA REPARO

Após a introdução do MTA na endodontia, outros biocerâmicos foram propostos para reparo com intuito de manter as excelentes propriedades biológicas e melhorar algumas propriedades físico-químicas destes materiais.

Algumas outras desvantagens do MTA incluem, o potencial de alteração de cor, presença de materiais tóxicos na sua composição, dificuldade de manipulação, elevado

tempo de presa, elevado custo e a falta de um solvente para a sua remoção após o seu endurecimento total<sup>12</sup>.

Novos materiais reparadores foram desenvolvidos devido ao elevado índice de fracasso em procedimentos endodônticos cirúrgicos, além da necessidade de um material com requisitos adequados, para o tratamento de complicações endodônticas e obturação dos canais radiculares<sup>12</sup>.

O cimento biocerâmico Endosequence BC Root Repair Material Fast Set Putty (Brasseler, Savannah, GA, EUA) foi recentemente lançado no mercado como material reparador. Comercializado na forma pré-manipulada e com coloração branca, este material é composto de óxido de zircônio, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio e agentes espessantes<sup>17</sup>. Na tentativa de facilitar a manipulação e aumentar o tempo de presa de materiais reparadores como o MTA, o Endosequence BC RRM Fast Set Putty foi desenvolvido para tomar presa apenas quando exposto a um ambiente úmido, como a umidade presente dentro dos túbulos dentinários<sup>8</sup>.

O MTA convencional como o ProRoot MTA (Denstply/Maillefer,

Ballaigues, Suíça) e MTA Angelus (Angelus, Londrina, PR, Brasil), possuem desvantagens, como já descrito, como as propriedades físicas inerentes ao pó do produto, e a consistência “arenosa” que dificulta a manipulação e o carreamento do material até a cavidade de reparo<sup>12</sup>. Para melhorar essa característica, foi desenvolvido uma nova formulação denominada MTA REPAIR HP (Ângelus, Londrina, Brasil) (Cimento reparador biocerâmico de alta plasticidade). Essa nova fórmula mantém todas as propriedades químicas e biológicas do MTA convencional, porém com alterações nas propriedades físicas. O resultado segundo o fabricante, é um produto de fácil manipulação e inserção na cavidade de reparo. É um cimento endodôntico reparador pronto para o uso, de alta plasticidade, tem tungstato de cálcio como radiopacificador na composição, diferente do MTA convencional que tem óxido de bismuto. É indicado para o tratamento de perfurações radiculares (canal e furca) seja por alguma iatrogênica ou por lesão de cárie, perfuração radicular por reabsorção interna, retrobturação em cirurgias parendodônticas, proteção pulpar direta, pulpotomia (permanentes e decíduos), apicificação e apicigênese, selamento

---

intracoronário para clareamento dental interno e selamento apical via conduto (plug) prévio a obturação radicular em dentes com rizogênese incompleta<sup>18</sup>.

Avaliaram<sup>19</sup> o efeito biológico dos cimentos MTA Angelus (Angelus, Londrina, PR, Brasil) comparado com o Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses) em exposição de tecido pulpar e periodontal da furca em ratos. Nas pulpotomias, tanto o Biodentine quanto os dentes com MTA apresentaram resultados satisfatórios, com menor resposta inflamatória e pronunciada formação de barreira mineralizada, comparada aos dentes do controle positivo. Nas perfurações de furca, o Biodentine e MTA apresentaram resultados satisfatórios, caracterizados por uma resposta inflamatória mais suave em comparação ao controle positivo, independentemente do material utilizado para o selamento coronário e período experimental avaliado. A reparação de cimento ocorreu em 30% das amostras de MTA e Biodentine, e não foi detectada em qualquer amostra do grupo do controle positivo. Concluiu-se que houve respostas similares após o uso de Biodentine e MTA no capeamento da polpa exposta e selamento de perfurações de furca. Por outro lado, o uso do Biodentine como material

restaurador provisório não promoveu selamento coronário eficiente. Embora sejam necessárias novas investigações, o Biodentine deve ser considerado como uma alternativa frente aos tratamentos propostos.

Biodentine e MTA apresentam habilidades na promoção de barreiras do tecido duro, na produção de níveis aceitáveis de resposta inflamatória e na manutenção da vitalidade pulpar quando utilizados como agentes de capeamento. Os resultados confirmaram que o Biodentine apresenta propriedades interessantes em terapia pulpar vital, devido seu potencial de induzir barreiras nos tecidos duros. Apesar das vantagens biológicas comparadas ao MTA não terem sido claramente evidenciadas. Porém em relação ao manuseio e a descoloração dentária, o Biodentine tem se mostrado mais eficaz na prática odontológica.

O cimento EndoSequence Root Repair Material (ERRM, Brasseler, USA) é um novo material biocerâmico fornecido como uma massa moldável pré-misturada (também comercializado como iRoot FS) ou como uma pasta numa seringa com pontas que permite assegurar uma mistura adequada e garante assim uma maior facilidade no seu manuseamento e aplicação. Estes

cimentos são recomendados para reparo de perfurações, cirurgia apical, plug apical e capeamentos pulpaes diretos. Este material é ideal para pulpotomias em pacientes pediátricos devido à sua fácil aplicação. Ambos os materiais são compostos principalmente de silicatos de cálcio, óxido de zircônio, óxido de tântalo e fosfato de cálcio. Foi demonstrado que o ERRM® e o MTA® possuem níveis de citotoxicidade equivalentes, podendo ser considerados biocompatíveis<sup>6;20;21;22</sup>.

No entanto, acharam<sup>23</sup> diferença de biocompatibilidade entre o MTA e o ERRM nas três primeiras semanas, sendo o ERRM mais citotóxico, porém afirmam que a discrepância dos resultados pode ser em detrimento às diferenças de consistência do ERRM Putty e Paste. A apresentação fluída é que foi submetida aos testes, e não aconteceu a presa devida do material conforme a indicação pelo fabricante, que seria em 4 horas. Já em outro estudo<sup>24</sup> reportaram que nas primeiras 24h após a presa o EndoSequence Root Repair Material (ERRM) apresentou uma citotoxicidade menor que o MTA, mas que após 24h os dois apresentaram níveis semelhantes.

Outro estudo<sup>25</sup>, mais recente,

avaliaram a biocompatibilidade do ERRM e o MTA cinza (Angelus, Londrina), *in vivo*, induzindo a periodontite apical em cinquenta e cinco pré-molares inferiores de quatro cachorros da raça Beagle. Os cães foram submetidos a microcirurgia ao fim de seis semanas e tiveram os dentes obturados com os materiais reparadores. Após seis meses, realizaram a preservação por diferentes exames de imagiologia: radiografia periapical, tomografia computadorizada de feixe cônico e microtomografia computadorizada. Os resultados foram excelentes para o ERRM®. Também em estudo<sup>26</sup> *in vivo* realizaram um levantamento com 94 pacientes, na realização de microcirurgias endodônticas com o uso do ERRM, utilizando o mesmo protocolo clínico. Os pacientes foram acompanhados durante um ano após o ato clínico. O índice de sucesso alcançado foi de 92% confirmando a eficácia de uso deste material em procedimentos cirúrgicos endodônticos.

Estudos<sup>27;28</sup> recentes determinaram o desenvolvimento de um novo cimento bioativo com acréscimo de aditivos (elementos naturais responsáveis pelo aumento da resistência do cimento), requisito importante devido à necessidade de



resistência às forças mastigatórias, denominado PBS HP CIMMO®. Demonstraram que o uso clínico do cimento PBSHP CIMMO® foi viável porque demonstrou regeneração óssea e das estruturas de ligamento periodontal, além da resistência devido à presença de aditivos, que se mantém a longo prazo. Este cimento foi idealizado inicialmente para ser usado como cimento reparador em perfurações radiculares, perfuração de furca, zips – desvios da luz do canal com perfuração lateral, arrombamento de forame, rizogênese incompleta, capeamento pulpar direto, pulpotomias, trincas radiculares causadas por trauma e retro-obturações<sup>28;29;30</sup>.

Estudaram<sup>31</sup> a biocompatibilidade do BioAggregate (Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, BC, Canadá) em comparação ao MTA e concluiu que são muito idênticos. Também na atividade antifúngica e antibacteriana demonstram resultados similares.

## 2.2– CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA OBTURAÇÃO

Os cimentos bicerâmicos para obturação do canal radicular, apresentam excelentes propriedades, físico-químicas e biológica, com Ph

alcalino, atividade antimicrobiana, radiopacidade e biocompatibilidade, não tóxicos<sup>14</sup>. Tem capacidade de penetrar nos túbulos dentinários e interagir com a umidade dentinária, sendo assim uma ótima estabilidade dimensional e uma menor quantidade de contração<sup>32</sup>.

Por apresentarem grande capacidade de escoamento<sup>33</sup> devem ser utilizados em associação à técnica de obturação de cone único em decorrência de ser nanoparticulado<sup>34</sup>. Mesmo com a comprovação científica da adesão dentinária destes cimentos, esta pode ser prejudicada quando técnicas de obturação termoplastificadas são empregadas. De acordo com os autores<sup>35</sup>, o calor pode provocar mudanças nas propriedades do cimento, pressupondo que o aquecimento provindo desta técnica possa promover o ressecamento dos túbulos dentinários, e a umidade é de caráter fundamental para a tomada de presa do cimento em decorrência de ser hidrofílico.

Atualmente, para obturação dos canais radiculares, temos disponíveis os cimentos biocerâmicos: Endosequence BC-Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA, EUA), IRoot SP (Innovative Bioceramix Vancouver, Canada), Bio-C Sealer (Brasseler, Savannah), PBS-HP Obturador

(CIMMO).

O nível de citotoxicidade dos cimentos se mostra importante, pois é um dos primeiros pré-requisitos que os materiais não devem apresentar em excesso, assim como genotoxicidade. Tanto os cimentos Biocerâmicos como o MTA têm várias aplicações e alguns estudos demonstram que os níveis de citotoxicidade são idênticos<sup>6</sup>.

Avaliaram e compararam<sup>36</sup> a citotoxicidade de 2 materiais biocerâmicos, o cimento reparador BioAggregate e o cimento endodôntico iRoot SP (Innovative Bioceramix Vancouver), em culturas de fibroblastos humanos. Vinte e quatro discos (2 por 5 mm) de BioAggregate e de iRoot SP foram fabricados e utilizados em 5 concentrações: puro (sem diluições) e nas diluições de 1/2, 1/10, 1/50 e 1/100. Fibroblastos humanos foram incubados com cada diluição do meio condicionado citado durante 24 horas, 72 horas, 7 dias e, em seguida, a viabilidade celular foi avaliada. Foi observado que o efeito citotóxico dos dois materiais foi dependente da concentração. Concluindo que ambos os materiais testados, BioAggregate e iRoot SP, mostraram biocompatibilidade aceitável.

Estudaram<sup>23</sup> a biocompatibilidade do MTA e das

biocerâmicas e a toxicidade nos tecidos periradiculares. Foram avaliados os cimentos: MTA branco, cinza e os biocerâmicos, ProRoot MTA e o EndoSequence Root Repair Material (ERRM), em contato com os fibroblastos do ligamento periodontal e incubados por 96 horas para determinar o crescimento celular. O MTA durante as 96 horas demonstrou taxas de proliferação baixa. Foram observadas diferenças durante as 24h do teste em que o biocerâmico teve um desempenho significativamente maior que o MTA, porém após o término do estudo às 96 horas não foi demonstrado valores significativamente diferentes.

O iRoot SP (Innovative Bioceramix Vancouver) é um cimento biocerâmico composto de nanoesferas biocompatíveis como o silicato tri-cálcico, silicato di-cálcico, fosfato de cálcio monobásico, dióxido de silício amorfo e pentóxido de tântalo. Segundo autor<sup>37</sup> este material apresenta excelentes propriedades físicas e antimicrobianas.

Testaram<sup>38</sup> o iRoot BP Plus (Innovative Bioceramix Vancouver) um novo cimento de cerâmica bioativa à base de silicato de cálcio. Os autores demonstraram que o iRoot BP Plus pode induzir a formação de ponte dentinária reparadora em ratos com

---

polpas expostas mecanicamente.

O Endosequence BC Sealer (Brasseler, Savannah) é um cimento pré-manipulado, composto por óxido de zircônio, silicatos de cálcio, fosfato de cálcio (monobásico), hidróxido de cálcio e agentes espessantes<sup>39</sup>. É um material que toma presa na presença de umidade, sendo assim, a umidade presente nos túbulos dentinários é ideal, pois a dentina é composta por 20% (em volume) de água<sup>31</sup>.

O Bio C Sealer (Brasseler, Savannah) é um cimento biocerâmico, desenvolvido para a obturação dos canais radiculares. De acordo com o fabricante, é um cimento insolúvel, radiopaco, sem alumínio e que contém silicato de cálcio, exigindo assim, a presença de umidade para tomada de presa. É composto também por óxido de zircônio, silicato tri-cálcio, silicato di-cálcio e hidróxido de cálcio<sup>40</sup>.

O cimento endodôntico Bio C Sealer (Brasseler, Savannah) com relação a liberação de  $Ca^{++}$  apresentou maior liberação de cálcio do que quando comparado ao cimento AH Plus. Neste estudo foi utilizado o método colorimétrico para avaliação da liberação de íons cálcio. Quando os valores de  $Ca^{++}$  são extremamente baixos, os valores expressos por este método podem apresentar-se próximos do zero, justificando os

resultados observados no último tempo experimental. Outros estudos também encontraram maior liberação de cálcio para cimentos biocerâmicos que outros cimentos, inclusive o AH Plus<sup>41;14</sup>. Segundo autores<sup>12</sup> a presença de cálcio pode favorecer o pH alcalino do meio, contribuindo para um efeito bioquímico que poderá acelerar o processo de reparo. O escoamento do cimento Bio-C Sealer e do cimento AH Plus atenderam as especificações da ISO 6876:2001, em que o valor mínimo de escoamento aceitável é de 20 mm, porém o Bio C Sealer demonstrou um resultado ligeiramente menor do que o AH Plus. Estes resultados não são consoantes com os estudos<sup>14;42</sup>. Apesar de um bom escoamento contribuir para a boa penetração do cimento nos túbulos dentinários, é importante salientar que um cimento com excessivo escoamento pode extravasar para os tecidos periapicais e, dependendo da citotoxicidade, dificultar o processo de reparo<sup>43</sup>.

Analisaram<sup>44</sup> a alteração de cor da coroa dental através de um espectrofotômetro, quando canais foram obturados com alguns biocerâmicos: EndoSequence RRM putty (Brasseler, Savannah, GA), EndoSequence RRM pasta (Brasseler); Biodentine (Septodont,

---

SaintMaur-des-Fossés, França); WMTA, MTA branco (Dentsply, York, PA), GMTA, MTA cinza (Dentsply); AH+, AH Plus (Dentsply). Como resultado esses dentes não apresentaram alteração de cor perceptível na estrutura dental nos cimentos RRM e Biodentine que foram deixados na câmara pulpar.

Avaliaram<sup>45</sup> o tempo de presa e a microdureza de um cimento pré-misturado à base de silicato-fosfato de cálcio, o EndoSequence BC Sealer®, na presença de diferentes proporções de umidade. A melhor proporção de umidade encontrada, ou seja, que produziu melhor tempo de presa foi utilizada para avaliação da citotoxicidade do EndoSequence BC Sealer®, comparando-a com o cimento AH Plus®. A citotoxicidade foi avaliada por um período de 6 semanas. Os resultados evidenciaram que o Endosequence BC Sealer® necessitou pelo menos de 168 horas para apresentar o tempo de presa final, usando o teste com a agulha de Gilmore e a sua microdureza diminuiu significativamente quando a água foi adicionada ao cimento. Todos os cimentos exibiram severa citotoxicidade em 24 horas de análise. Entretanto, a citotoxicidade do AH Plus® diminuiu gradativamente e se tornou não-tóxico, enquanto o BC

Sealer Endosequence® permaneceu moderadamente citotóxico até o período final de análise (6 semanas). Os autores relataram que estudos adicionais devem ser conduzidos, a fim de avaliar a correlação entre o tempo de presa do cimento BC Sealer Endosequence® e seu grau de citotoxicidade.

Compararam<sup>46</sup> os efeitos de diferentes cimentos endodônticos na resistência à fratura de dentes imaturos. Cento e oito raízes foram divididas aleatoriamente em 9 grupos. As raízes foram instrumentadas com exceção das raízes do grupo controle negativo. Quatro milímetros de Trióxido Mineral Agregado (MTA) foram colocadas no ápice, como uma barreira apical. As raízes foram obturadas da seguinte forma: Grupo 1: AH Plus + gutapercha, Grupo 2: EndoREZ® + gutapercha®, Grupo 3: EndoREZ® + Resilon®, Grupo 4: Hybrid Root SEAL® + gutapercha, Grupo 5: Hybrid Root SEAL® + Resilon®; Grupo 6: iRootSP® + gutapercha, Grupo 7: iRootSP® + Resilon®; Grupo 8: sem obturação, apenas a barreira com MTA; Grupo 9: sem instrumentação e sem nenhuma obturação. A carga de compressão foi aplicada a uma velocidade de 1mm/min. os resultados revelaram que o Grupo 5 apresentou a maior

---

resistência à fratura. Os valores de resistência à fratura do Grupo 3 foram menores do que aqueles dos outros grupos experimentais. Diante disso, os autores concluíram que os cimentos Hybrid Root SEAL® (cimento a base de 4- metacriloxietil anidrido trimelítico) e iRootSP® reforçaram as raízes simuladas de dentes imaturos contra fratura quando usado com gutta-percha ou Resilon.

Elaboraram<sup>47</sup> um estudo onde visava comparar a resistência à fratura de raízes obturadas com diversos cimentos seladores contemporâneos. Utilizou cinquenta pré-molares mandibulares extraídos. Dez destes não foram preparados nem obturados, os restantes quarenta, foram instrumentados e obturados. Foram criados 4 grupos. No Grupo 1 foi usado iRoot SP sealer + ActiV GP cone (cones únicos de gutta-percha com componente biocerâmica), no Grupo 2 foi utilizado iRoot SP sealer + gutta-percha, no Grupo 3 introduziu-se Activ GP sealer + ActiV GP cone e no Grupo 4 foi usado ActiV GP sealer + gutta-percha. Todos os grupos foram obturados com técnica de cone único. Todas as raízes foram encubadas em acrílico para serem testadas a resistência a fratura. Após análise dos resultados, puderam concluir que o cimento selador iRoot SP foi promissor

em termos de aumentar a resistência à fratura dos dentes com tratamento endodôntico.

Avaliaram<sup>8</sup> in vitro a eficácia antibacteriana de 7 diferentes cimentos endodônticos, AH Plus®, Apexit Plus® (cimento a base de hidróxido de cálcio), iRoot SP®, Tubli Seal®, Sealapex®, Epiphany SE® (cimento a base de vidro bioativo), e EndoREZ® contra o *Enterococcus faecalis*, a partir de um teste de contato direto modificado. Bactérias em suspensão foram expostas aos materiais por 2-60 minutos usando cimentos que foram recentemente misturados ou endurecidos por 1, 3 e 7 dias. Os valores de pH também foram mensurados. Observou-se que o cimento iRoot SP® ainda fresco eliminou todas as bactérias em 2 minutos, o AH Plus® em 5 minutos, o EndoREZ® em 20 minutos, o Sealapex® e o Epiphany® em 60 minutos. Contudo o Apexit Plus® e o Tubli Seal® frescos não conseguiram matar todas as bactérias após 60 minutos. Para amostras de 1 dia e 3 dias após a manipulação, os cimentos iRoot SP® e EndoREZ® tiveram a maior atividade antibacteriana, seguido por Sealapex® e Epiphany®; Tubli Seal® e AH Plus® não mostraram qualquer atividade antibacteriana. De todas as amostras, o Apexit teve a

menor atividade antimicrobiana. Verificou-se também que o pH do cimento iRoot® variou de 10,7 a 12, durante os tempos experimentais, enquanto o AH Plus apresentou pH entre 6,3 e 10,6. Os autores ainda relataram que o pH dos cimentos não poderia explicar sozinho o seu efeito antibacteriano. Diante dos resultados, os autores concluíram que os cimentos iRoot SP®, AH Plus®, e EndoREZ®, sem endurecimento, foram eficazes em eliminar *E. faecalis*. Os cimentos iRoot SP e EndoREZ® continuaram a ser eficazes durante 3 e 7 dias após a mistura, enquanto os cimentos Sealapex® e EndoREZ® eram os únicos com atividade antimicrobiana, mesmo em 7 dias após a mistura.

O Well-Root ST™ é uma pasta bioativa injetável pré-misturada conveniente, pronta para usar, desenvolvida para a obturação permanente de canais radiculares. O Well-Root ST, é uma composição de silicato de cálcio, que requer a presença de umidade para endurecer. O Well-Root ST, não diminui durante a configuração e demonstra excelentes propriedades físicas.

Um estudo *in vitro* avaliou o potencial de aumento da angiogênese de um agregado trióxido mineral à base de silicato tricálcico (ProRoot MTA), o cimento Biodentine e um novo

selador de canal radicular biocerâmico (Well-Root ST) em células-tronco da polpa dental humana (hDPSCs), ligamento periodontal humano células-tronco (hPLSCs) e células-tronco germinativas de dentes humanos (hTGSCs). Relataram um aumento significativo na secreção de VEGF das células-tronco da polpa dental humana em resposta ao ProRoot MTA, enquanto que nenhuma diferença foi encontrada neste estudo entre os grupos ProRoot MTA, Biodentine e Well-Root ST<sup>48</sup>.

Estudos adicionais são necessários em relação a esse novo material biocerâmico Well-Root ST. Esses resultados fornecem informações significativas que podem orientar os pesquisadores na seleção de materiais alternativos para interação com vários tipos de células, a fim de aumentar o sucesso das terapias de reparo endodôntico. Uma melhor compreensão do papel dos cimentos biocerâmicos endodônticos em diferentes tipos de células, em relação aos fatores de crescimento angiogênico liberados pela polpa para apoiar a regeneração tecidual periapical e a identificação de possíveis mecanismos para melhorar a angiogênese com materiais promissores, como Well-Root ST, Biodentine, ou ProRoot MTA, deve

---

estar entre os objetivos de pesquisas futuras.

Apesar de excelentes propriedades biológicas e bioativas, uma das principais desvantagens dos cimentos biocerâmicos que tem se observado é a dificuldade de removê-los do canal radicular quando o dente necessita de retratamento endodôntico por exemplo <sup>49</sup>. Em estudo realizado <sup>50</sup>, foi possível comprovar a dificuldade na remoção do cimento biocerâmico Bio C sealer (Angelus) do material obturador quando necessário realizar o retratamento. Uma provável hipótese é de que essa dificuldade se dá pelo potencial de aderência às paredes dentinárias dos cimentos biocerâmicos.

Uma outra explicação, pode ser a formação de um material composto por cálcio e fosfato, ocorrendo assim a precipitação intratubular, responsável pela vedação e ligação dentinária, justificando também mais estudos em relação a esta hipótese.

## **Discussão**

Foram abordados neste estudo 56 artigos sobre os cimentos biocerâmicos nos últimos 17 anos. Os estudos abordam diferentes aspectos e características dos cimentos, como a citotoxicidade, biocompatibilidade, tempo de presa, resistência a fratura,

capacidade seladora, propriedades antibacterianas, alteração de cor, entre outras. Mesmo sendo uma classe de cimentos promissora e que apresentam características excelentes para uso na endodontia, nenhum dos cimentos já existentes no mercado possuem todas as propriedades ideais para serem usados clinicamente.

Alguns materiais empregados apresentam características com mais desvantagens em relação a outros. Como por exemplo, o MTA que vem sendo estudado há anos como material reparador<sup>12;51</sup>, apresenta um tempo de presa prolongado e com dificuldade na manipulação. E é através das desvantagens de alguns materiais, que surgem a necessidade de novos cimentos, como por exemplo o EndoSequence BC RRM e o EndoSequence BC RRM-Fast Set Putty (Brasseler, Savannah, GA, EUA) que já mostraram apresentar tempo de presa e consistência adequada<sup>44</sup>.

A maioria dos estudos comparam os cimentos convencionais com os biocerâmicos. Em relação a citotoxicidade e a biocompatibilidade, em geral, todos os cimentos citados, apresentaram baixa citotoxicidade e biocompatibilidade aceitável<sup>35</sup>. O nível de citotoxicidade dos cimentos é muito relevante, pois é um dos pré-requisitos

que os materiais não devem apresentar em excesso. A biocompatibilidade dos materiais é de suma importância, já que os cimentos podem entrar em contato com os tecidos periradiculares e existe o risco de uma possível toxicidade sistêmica. Há concordância entre as pesquisas realizadas que os cimentos biocerâmicos ERRM, BioAggregate (Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, BC, Canadá), apresentam biocompatibilidade aceitável, não induzindo efeitos citotóxicos.

Além de não serem citotóxicos e serem biocompatíveis, podemos observar que os cimentos biocerâmicos, possuem atividade antimicrobiana, principalmente os cimentos iRoot SP® e EndoREZ®, quando comparados ao AH Plus® que é um cimento resinoso, considerado padrão ouro nas pesquisas em contato com *enterococcus faecalis*<sup>8</sup>.

Também em relação as propriedades físico-químicas, a classe de biocerâmicos, não mostrou alterar cor dos dentes quando seu uso tanto em obturações quanto em reparo das estruturas endodônticas. Evidências mostradas neste trabalho, relataram inclusive que os cimentos biocerâmicos podem diminuir ou até mesmo não mostrar escurecimento na estrutura dentária<sup>52;44</sup>. O mesmo foi

achado em relação as fraturas radiculares, onde o cimento iRoot SP tendenciou a aumentar a resistência a fratura, enquanto outros cimentos biocerâmicos, não interferiram em relação ao aumento da resistência<sup>53</sup>.

Giacomino et al. (2019)<sup>54</sup> relataram que após um correto tratamento dos canais radiculares, a cicatrização óssea depende diretamente da diferenciação e atividade dos osteoblastos. Os cimentos biocerâmicos representam uma nova geração de cimentos na endodontia, pois além do selamento, favorecem a sobrevivência, diferenciação e função dos osteoblastos, fornecendo benefícios adicionais com a sua bioatividade. Foi descoberto que esses materiais são capazes de induzir a formação de hidroxiapatita, quando em contato com a água, fenômeno chamado de bioatividade, que é a capacidade durante o processo de endurecimento ou presa em formar hidroxiapatita, esta que também é responsável por promover uma adesão química entre o material obturador e as paredes do canal.<sup>8; 44</sup>

A presença de água no interior dos canais permite que aconteça com mais facilidade as reações de hidratação do silicato de cálcio, produzindo um silicato



---

hidratado e hidróxido de cálcio, o qual reage com íons de fosfato para formar moléculas de hidroxapatita e água<sup>8</sup>, assim, é indicado na técnica de obturador com biocerâmicos por exemplo, de não secar completamente os canais. Mesmo com a comprovação científica da adesão dentinária destes cimentos, esta pode ser prejudicada quando técnicas de obturação termoplastificadas e retratamento são empregadas<sup>34</sup>, por isso, temos que ter em mente sempre a correta indicação para uso destes materiais.

De acordo com as pesquisas realizadas, alguns estudos foram limitados. Ghoneim et al (2011)<sup>47</sup> o potencial angiogênese do cimento (ProRoot MTA), biodentine e um novo selador biocerâmico (Well-Root ST) em células tronco. Relataram que houve um aumento na secreção de VEGF, significativo ao (ProRoot MTA), mas não obtiveram nenhuma diferença dentre esses materiais. Não encontraram nenhum estudo que avaliaram o potencial antigênico.

Ainda há estudos a serem realizados e complementados para melhor compreendermos o papel desses cimentos biocerâmicos e obter regeneração dos tecidos periapicais no sucesso da terapia de reparo endodôntico. Em vista de suas propriedades biológicas e físico-

químicas, e suas vantagens, o uso dos biocerâmicos como material obturador dos canais radiculares parece promissor, porém por ser uma nova geração de cimentos, se tornam relevantes as considerações dos autores em que o comportamento clínico destes cimentos ainda merece mais investigações.

### **Conclusão**

Diante dos estudos disponíveis, concluímos que os cimentos biocerâmicos são uma classe de materiais que tem se mostrado muito promissor por apresentar boas propriedades físico-químicas e excelentes propriedades biológicas e bioativas. Sua grande vantagem comparada os cimentos convencionais, é que esses materiais podem induzir a formação de hidroxapatita na presença de água, resultando em grande poder biológico e bioativo de cicatrização óssea e notável atividade antibacteriana. Porém, ainda existem limitações para serem estudadas e assim, a necessidade de continuidade das pesquisas científica.

---

## Abstract

Endodontic treatment is carried out in several stages, starting with mechanical chemical preparation, where the channel is disinfected and shaped. Its last step, which has great significance in the treatment, is obtaining, where it is possible to perform or select the conduits. For this, it is necessary to use a common cement endodontic with percha gas cones. An ideal cement must have satisfactory physical-chemical properties, be radiopaque, biocompatible, antibacterial, easy to handle, among other advantages. Bioceramic cements have shown excellent characteristics that depend

## Referências

- 1- Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008;41(1):6–31.
- 2- Bin C V., Valera MC, Camargo SEA, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of root canal sealers based on mineral trioxide aggregate. *J Endod* [Internet]. 2012;38(4):495–500. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.11.003>
- 3- Siqueira, J., Lopes, H. (2004). *Endodontia Biologia e Técnica*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.
- 4- Castelluci, A., West, J. (2005). *Endodontics*. Florença, Il Tridente
- 5- Soares, I., Goldberg, F. (2001). *Endodontia técnica e Fundamentos*. São Paulo, Artmed Editora.
- 6- Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and endosequence bioceramic root repair materials. *J Endod* [Internet]. 2011;37(3):372–5.

- Available from:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.027>
- 7- Russell A. Bioceramic technology – the game changer in endodontics. *Practice*. 2009;(April):13–7.
- 8- Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer’s apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 2009;107(6):e79–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.02.024>
- 9- Silva RV, Silveira FF, Horta MCR, Duarte MAH, Cavenago BC, de Moraes IG, et al. Filling effectiveness and dentinal penetration of endodontic sealers: A stereo and confocal laser scanning microscopy study. *Braz Dent J*. 2015;26(5):541–6.
- 10-Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *PLoS One*. 2018;13(2):1–11.
- 11-Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod*. 1976;2(6):166–75.
- 12-Torabinejad M, Pariookh M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review- Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *J Endod* [Internet]. 2010;36(2):190–202. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.010>
- 13-Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiehzadeh V, et al. Effect of pH on Sealing Ability of White Mineral Trioxide Aggregate as a Root-end Filling Material. *J Endod*. 2008;34(10):1226–9.
- 14-Candeiro GTDM, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2012;38(6):842–5.
- 15-Oliveira PMDS. Biocerâmicas em Endodontia. 2014;4–45. Available from: <http://bdigital.ufp.pt/handle/10284/4375>
- 16-LIMA, N. F.F.; SANTOS, P. R. N. dos; PEDROSA, M. da S.; DELBONI, M. G.(2017) Cimentos biocerâmicos em endodontia: revisão de literatura. *RFO. Passo fundo*, v.22, n.2, p.248-254.
- 17-Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod* [Internet]. 2011;37(11):1547–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.016>

- 18-.(Angelus Ciência e Tecnologia. Produtos: Endodontia - Cimento Reparador - MTA HP Repair [citado 2019 julho]. - <http://www.angelus.ind.br/>
- 19-REIS.MAGNA S. Efeito biológico do biodontine e do mta sobre exposição de tecido pulpar e periodontal da furca: estudo em ratos. PORTO ALEGRE [Internet]. 2015;1115–35. Available from: <3/Record/com.mandumah.search://http>
- 20-Ciasca M, Aminoshariae A, Jin G, Montagnese T, Mickel A. A Comparison of the Cytotoxicity and Proinflammatory Cytokine Production of EndoSequence Root Repair Material and ProRoot Mineral Trioxide Aggregate in Human Osteoblast Cell Culture Using Reverse-Transcriptase Polymerase Chain Reaction. J Endod [Internet]. 2012;38(4):486–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.004>
- 21-Héctor L, Ángeles L, Bramante CM. Respuesta inflamatoria de Bioceramic a la implantación de tubos de dentina en tejido subcutáneo de ratas Inflammatory response of Bioceramic material to dentin tube. 2016;20:174–8. Available from: <https://www.google.com.py/search?q=Inflammatory+response+of+Bioceramic+material+to+dentin+tube+implantation+in+rats'+subcutaneous+tissue+Norberto&oq=Inflammatory+response+of+Bioceramic+material+to+dentin+tube+implantation+in+rats'+subcutaneous+tissue+No>
- 22-Huck C, da Silva Barud H, Basso FG, de Souza Costa CA, Hebling J, da Fonseca Roberti Garcia L. Cytotoxicity of new calcium aluminate cement (Endobinder) containing different radiopacifiers. Braz Dent J. 2017;28(1):57–64.
- 23-Taha NA, Safadi RA, Alwedaie MS. Biocompatibility Evaluation of EndoSequence Root Repair Paste in the Connective Tissue of Rats. J Endod [Internet]. 2016;42(10):1523–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.07.017>
- 24-Willershausen I, Wolf T, Kasaj A, Weyer V, Willershausen B, Marroquin BB. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. Arch Oral Biol. 2013;58(9):1232–7.
- 25-Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang HG, Koyama E, Kohli MR, et al. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new

- calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *J Endod* [Internet]. 2015;41(3):389–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.005>
- 26-Shinbori N, Grama AM, Patel Y, Woodmansey K, He J. Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *J Endod* [Internet]. 2015;41(5):607–12. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.028>
- 27-Silva RV, Silveira FF, Horta MCR, Duarte MAH, Cavenago BC, de Moraes IG, et al. Filling effectiveness and dentinal penetration of endodontic sealers: A stereo and confocal laser scanning microscopy study. *Braz Dent J*. 2015;26(5):541–6.
- 28-Silva SR da, Silva Neto JD da, Schnaider TB, Veiga DF, Novo NF, Mesquita Filho M, et al. The use of a biocompatible cement in endodontic surgery. A randomized clinical trial. *Acta Cir Bras*. 2016;31(6):422–7.
- 29-Moura R, Boczar L. Aplicabilidade Clínica Do Cimento Pbs Hp Cimmo® Como Material Único Em Obturações Endodônticas: Ensaio Clínico Randomizado. 2018;
- 30-Neto JD da S, da Silva SR, Filho IJZ. Incomplete rhizogenesis and necrosis treated with PBS® HP cement synthetic barrier: case report. *J Dent Heal Oral Disord Ther*. 2018;9(3):205–8.
- 31-De-Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado ACR, Coutinho-Filho T. Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Aust Endod J*. 2007;33(2):55–61.
- 32-Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PMH. Evaluation and Comparison of Occurrence of Tooth Discoloration after the Application of Various Calcium Silicate-based Cements: An Ex Vivo Study. *J Endod* [Internet]. 2016;42(1):140–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.034>
- 33-Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endod Top*. 2015;32(1):86–96.
- 34-Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod* [Internet]. 2010;36(12):2000–2. Available from:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.037>
- 35-Delong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod* [Internet]. 2015;41(3):385–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.11.002>
- 36-Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 2011;112(6):e137–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.05.042>
- 37-Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of root canals obturated using gutta-percha with bioceramic, MTA and resin-based sealers. *Iran Endod J*. 2015;10(2):93–8.
- 38-Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *PLoS One*. 2018;13(2):1–11.
- 39-Singh G, Gupta I, Elshamy FMM, Boreak N, Homeida HE. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramic-based sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. *Eur J Dent*. 2016;10(3):366–9.
- 40-Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PMH. Evaluation and Comparison of Occurrence of Tooth Discoloration after the Application of Various Calcium Silicate-based Cements: An Ex Vivo Study. *J Endod* [Internet]. 2016;42(1):140–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.034>
- 41-Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CES, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J*. 2012;45(5):419–28. Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281–1286. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>
- 42-Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod* [Internet]. 2013;39(10):1281–6. Available from:

- 
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>
- 43-Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Bernardes RA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH plus. *J Endod*. 2010;36(6):1048–51
- 44-Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod* [Internet]. 2015;41(11):1862–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.07.003>
- 45-Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod* [Internet]. 2011;37(5):673–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.003>
- 46-Ulusoy ÖIA, Nayr Y, Darendeliler-Yaman S. Effect of different root canal sealers on fracture strength of simulated immature roots. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 2011;112(4):544–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.04.014>
- 47-Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod* [Internet]. 2011;37(11):1590–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.008>
- 48-Paranjpe A, Zhang H, Johnson JD. Effects of mineral trioxide aggregate on human dental pulp cells after pulp-capping procedures. *J Endod* [Internet]. 2010;36(6):1042–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.013>
- 49-Ahmed HMA, Abbott P V. Discolouration potential of endodontic procedures and materials: A review. *Int Endod J*. 2012;45(10):883–97.
- 50-Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod*. 2017;42(1):19.
- 51-Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater*. 2013;29(5):580–93.

- 
- 52-Ahmed HMA, Abbott P V. Discolouration potential of endodontic procedures and materials: A review. *Int Endod J*. 2012;45(10):883–97.
- 53-Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, Fayyad DM. Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *J Endod* [Internet]. 2011;37(11):1590–2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.008>
- 54-Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *J Endod* [Internet]. 2019;45(1):51–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.007>
- 55-CAVALLINI, THELMA M. O Uso de materiais bioceramicos na obturação endodôntica. Vol. Nº3, Mestrado integrado em medicina dentária instituto universitário de ciências da saúde. 2016. c.30.
- 56-Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Machiulskiene V. Effect of Resin-based and Bioceramic Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Split-mouth Randomized Controlled Trial. *J Endod* [Internet]. 2018;44(5):689–93. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.010>