

Joana Fernandes Rodrigues Nobre Teixeira

**Revisão sobre os cimentos de obturação utilizados em Endodontia**

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2014



Joana Fernandes Rodrigues Nobre Teixeira

**Revisão sobre os cimentos de obturação utilizados em Endodontia**

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2014

Joana Fernandes Rodrigues Nobre Teixeira

**Revisão sobre os cimentos de obturação utilizados em Endodontia**

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa  
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de  
Mestre em Medicina Dentária

---

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2014

## Resumo

O sucesso do tratamento endodôntico está dependente de uma limpeza e conformação e posterior obturação dos canais radiculares, com o objectivo de obter um selamento hermético ideal, a fim de evitar o fracasso endodôntico. Para isso, é necessário obter a conjugação de materiais sólidos e plásticos, de modo, a que a sua combinação seja o mais biocompatível com os tecidos biológicos.

Um cimento ideal deve aderir firmemente tanto à dentina como à guta-percha.

Nesse sentido, realizou-se uma pesquisa bibliográfica recorrendo às bases de dados da *Pubmed*, *Science Direct*, *B-On*, *Elvesier*, *SciELO* e *Wiley* com as seguintes palavras-chave: “*endodontic sealers*”, “*obturation materials*”, “*root canal filling*”, “*MTA*”, “*obturation cements*”, “*epoxy resin*”, “*root canal cements*”, “*bioceramic material*”, “*resin sealers*”, “*calcium hidroxide AND endodontic sealers*”, “*aggregate trioxide mineral AND endodontic sealers*”, “*resilon AND endodontic sealers*” e “*zinc oxide eugenol AND endodontic sealers*”. A pesquisa resultou num total de 69 artigos consultados.

No presente trabalho pretende-se avaliar e comparar as propriedades físicas e químicas de alguns cimentos endodônticos e comparar a sua eficácia no selamento hermético dos canais radiculares.

O cimento de óxido de zinco eugenol é um cimento utilizado já há muitos anos e foi durante muito tempo o cimento padrão em Endodontia, embora atualmente já esteja em desuso por terem aparecido cimentos com melhores propriedades.

Cimentos endodônticos contendo hidróxido de cálcio foram lançados no mercado com o objetivo de aproveitar as propriedades biológicas do hidróxido de cálcio, nomeadamente a sua capacidade de estimular a calcificação. No entanto, este tipo de cimento é facilmente reabsorvível.

Os cimentos de resina foram desenvolvidos para serem utilizados em vez de óxido de zinco eugenol, melhorando assim o selamento dos canais radiculares e conferindo-lhes mais força quando comparados com os materiais convencionais e são atualmente os cimentos mais utilizados em Endodontia.

O agregado de trióxido mineral (MTA) surgiu como o material de escolha para reparação de perfurações da raiz e barreira apical nos anos 90, um período revolucionário marcado por muitos avanços na Endodontia. Atualmente, ele é utilizado não só em perfurações da raiz, mas também no Tratamento Endodôntico como cimento endodôntico, na obturação da porção apical de dentes imaturos, e em obturações retrógradas.

O sistema Resilon consiste de Resilon com um primer e um cimento e tem ganhado popularidade por causa de sua capacidade de ligação à parede do canal radicular e criar um selamento radicular a longo prazo. É utilizado em conjunto com um novo cimento resinoso, Epiphany, com capacidade de ligação com a dentina.

As biocerâmicas são materiais cerâmicos biocompatíveis, inertes para o corpo humano, que são usados numa variedade de procedimentos médicos. Estes materiais são óxidos cerâmicos ou metálicos com requisito de biocompatibilidade para qualquer função como tecidos humanos ou para reabsorver e estimular a regeneração dos tecidos naturais. As aplicações endodônticas incluem material cirúrgico de preenchimento do ápice radicular, material de reparação radicular, material de selamento do canal radicular e recobrimento pulpar.

Dada a importância do tratamento endodôntico, é de enorme relevância que se continue a investir mais e mais, a fim de tentar reunir todas as características dum cimento ideal, visto que até a actualidade, não existe um cimento endodôntico ideal para o selamento dos canais radiculares.

Conclui-se que os cimentos à base de resina são actualmente o materiais mais próximos de um cimento ideal, ainda que as biocerâmicas se estejam a mostrar bastante promissoras.

## **Abstract**

The success of the endodontic treatment is dependent of a cleansing and arrangement and subsequent root canal filling with the goal to achieve an ideal hermetic sealing, in order to avoid an endodontic failure. Therefore, it is necessary to obtain a combination of solid and plastic materials so that it's combination may be as biocompatible as possible with the biologic tissues. The ideal cement should adhere more firmly either to the dentine as to the guta-percha.

In that sense, a bibliographic research has been made, using the data base of *Pubmed*, *Science Direct*, *B-On*, *Elvesier*, *SciELO* e *Wiley* with the following key words “*endodontic sealers*”, “*obturation materials*”, “*root canal filling*”, “*MTA*”, “*obturation cements*”, “*epoxy resin*”, “*root canal cements*”, “*bioceramic material*”, “*resin sealers*”, “*calcium hidroxide AND endodontic sealers*”, “*aggregate trioxide mineral AND endodontic sealers*”, “*resilon AND endodontic sealers*” e “*zinc oxide eugenol AND endodontic sealers*”.

In the present document it is intended to evaluate and compare the physical and chemical properties of some endodontic cements and compare it's effectiveness in the hermetic sealing of the root canals.

The zinc oxide eugenol cement has been used for many years and was during a long period of time the standard cement used in Endodontics.

Endodontic cements containing calcium hydroxide were launched in the market with the aim to take advantage of calcium hydroxide's biologic properties, particularly it's ability to stimulate calcification.

The resin cements were developed to be used instead of zinc oxide eugenol, improving the root canal sealing and thus increasing the strength compared to the conventional products.

Mineral trioxide's aggregate has emerged in the 90's as the product of choice for root perforation repair and apical barrier, a revolutionary period that was characterized by many advances Endodontics. Currently it's used not only in root perforations, as well as in endodontic treatment as the main endodontic cement in apical portion closure of young teeth and backward enclosures.

The Resilon system consists of Resilon with a primer and a cement that has been gaining popularity because of it's capability of connection to the root canal wall and create a root sealing on a long term. It is used combined with Epiphany, a new resin cement, with capacity to connect to the dentine.

The bioceramics are biocompatible products, inert to the human body, that are used in a variety of medical procedures. These materials are ceramic or metallic oxides with biocompatibility required to any human tissue function or reabsorb and stimulate the regeneration of the natural tissues. The endodontic applications include surgical material filling, repair, sealing of the root apex and pulp restoration.

Given the relevance of endodontic treatment, it is highly important the investment in order to gather all the characteristics of an ideal cement, since to this day, there is no ideal endodontic cement for the root canal sealing.

Thus, it can be concluded that the resin based cements are currently the closest materials to the ideal cement, even though the bioceramics are showing to be promising.

## **Dedicatória**

Dedico esta monografia à minha mãe Helena, à minha irmã Raquel e aos meus avós Belarmina e Raúl, pois sem eles este percurso não teria sido possível.

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha orientadora Natália Vasconcelos pela orientação, por todo o apoio e motivação para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos André Príncipe, Luís Côrte Real, Bárbara Campos e Marta Campos, por toda a ajuda que sempre me deram e por terem acreditado em mim e nunca me deixarem desistir.

À Lisandra Lima, Vera Brito, João Mesquita e Andreia Simões por me terem acompanhado ao longo deste percurso de faculdade e por fazerem parte da minha vida.

A todos os professores por todos os ensinamentos ao longo destes 5 anos nesta casa, ao Professor Duarte Guimarães e à Professora Ana Teles em especial.

A todos aqueles que fazem parte da minha vida e que são muito especiais para mim sem referenciar nomes pois não me quero esquecer de ninguém.

**MUITO OBRIGADA!!!**

## Índice Geral

<b>I. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Desenvolvimento.....</b>	<b>4</b>
1. Materiais e Métodos.....	4
2. Breve História da Endodontia .....	4
3. Evolução histórica dos cimentos de obturação .....	6
4. Cimentos Obturadores .....	8
4.1. Características dos cimentos de obturação segundo Grossman.....	8
4.2. Tipos de cimentos de obturação.....	10
4.2.1. Óxido de zinco eugenol.....	10
4.2.2. Hidróxido de cálcio .....	16
4.2.3. Cimentos à base de resina .....	20
4.2.4. Novos cimentos obturadores .....	26
4.2.4.1. MTA .....	26
4.2.4.2. Resilon .....	31
5. Discussão dos resultados.....	38
<b>III. Conclusão .....</b>	<b>41</b>
<b>IV. Bibliografia .....</b>	<b>43</b>

## **Índice de Siglas e Abreviaturas**

**ESE** – Sociedade Europeia de Endodontia

**GP** – Guta-Percha

**HC** – Hidróxido de cálcio

**MTA** – Agregado trióxido Mineral

**OZE** – Óxido de Zinco Eugenol

## I. Introdução

A chave para o sucesso endodôntico foi descrito por Gutmann (1992) como o desbridamento e neutralização de quaisquer tecidos, bactérias ou produtos inflamatórios dentro do sistema de canais radiculares (Wong *et al.*, 2014).

O sucesso no Tratamento Endodôntico depende da prevenção e controlo da infecção do canal radicular, o qual é obtido com uma limpeza adequada, conformação dos canais radiculares, preenchimento e selamento tridimensional. O preenchimento incompleto pode levar ao fracasso endodôntico, apesar da realização de um preparo biomecânico meticuloso do canal por uma técnica atraumática e asséptica (Bernardes *et al.*, 2010).

A obtenção de um selamento hermético, juntamente com a limpeza e conformação dos canais radiculares é uma das chaves para conseguir um Tratamento Endodôntico bem sucedido a longo prazo. A obturação hermética não pode ser obtida sem a utilização de um cimento porque a guta-percha não se une espontaneamente à dentina das paredes do canal. Diferentes tipos de cimentos endodônticos foram introduzidos em Endodontia (Chandrasekhar *et al.*, 2011).

Como a guta-percha não tem aderência à superfície da dentina, o cimento deve apresentar fluidez adequada para o preenchimento de lacunas entre os cones de guta-percha e as paredes do canal e resistência de união à dentina radicular, o que irá contribuir para a qualidade da obturação (Assmann *et al.*, 2012).

Os métodos actualmente disponíveis para o desbridamento químico-mecânico foram desenvolvidos para promover a redução microbiana significativa nos canais infectados, mas a erradicação completa é ainda inatingível na maioria dos casos. Os biofilmes presentes em áreas como istmos, canais laterais e ramificações apicais podem permanecer intocáveis após a instrumentação e irrigação dos canais radiculares (Bernardes *et al.*, 2010).

Prevenir a recontaminação bacteriana também é uma meta a ser alcançada com o preenchimento dos canais radiculares através dos diversos materiais de obturação. Idealmente, os cimentos endodônticos devem apresentar efeitos antibacterianos e antibiofilme, eles devem ser utilizados de uma forma que permita que o material atinja biofilmes bacterianos em zonas remotas do sistema de canais radiculares (Barros *et al.*, 2014).

A maioria dos cimentos endodônticos utilizados são cimentos à base de resina, cimentos de óxido de zinco eugenol, cimentos de hidróxido de cálcio, cimentos à base de ionómero de vidro, e, mais recentemente, cimentos com agregado trióxido mineral (MTA), entre outros (Bernardes *et al.*, 2010).

Apesar de várias classes de cimentos endodônticos serem atualmente utilizadas na prática clínica, todos têm limitações substanciais. Cimentos à base de óxido de zinco e eugenol (OZE) foram usados por muitos anos, mas tinham o inconveniente da liberação de concentrações potencialmente citotóxicas de eugenol. Cimentos de hidróxido de cálcio promovem a calcificação, mas tendem a dissolver-se ao longo do tempo e a comprometer a obturação endodôntica. Cimentos à base de resina são atualmente muito utilizados apesar de sua toxicidade e mutagenicidade ser bem documentada. Novos cimentos à base de MTA e cimentos biocerâmicos parecem ser promissores cimentos endodônticos (Bae *et al.*, 2010).

O Tratamento Endodôntico oferece oportunidades para manter os dentes em função e melhorar a saúde da dentição. O prognóstico a longo prazo para os dentes tratados endodonticamente é muito influenciado pela forma como o selamento coronal e apical são alcançados (Kala *et al.*, 2014).

A escolha deste tema assenta no facto de existirem actualmente imensos cimentos endodônticos, com diferentes características e eficácias distintas. Neste sentido senti necessidade de estudar alguns destes cimentos, de forma a perceber quais as vantagens e desvantagens de cada um deles e suas principais indicações.

Os objetivos desta revisão bibliográfica são avaliar e comparar as propriedades físicas e químicas de alguns cimentos endodônticos e comparar a sua eficácia no selamento hermético dos canais radiculares.

O presente trabalho irá abordar seguidamente seis cimentos endodônticos, o cimento de óxido de zinco eugenol, o cimento de hidróxido de cálcio, os cimentos à base de resina, o MTA, o Resilon e, por último, os cimentos biocerâmicos.

## II. Desenvolvimento

### 1. Materiais e Métodos

A pesquisa para o enquadramento teórico foi limitada a revisões, revisões sistemáticas e meta-análises compreendidas entre os anos de 1982 a 2014 publicadas em inglês e português. Utilizou-se os motores de busca *Pubmed*, *Science Direct*, *B-On*, *Elvesier*, *SciELO* e *Wiley*. Recorreu-se às seguintes palavras chave: “*endodontic sealers*”, “*obturation materials*”, “*root canal filling*”, “*MTA*”, “*obturation cements*”, “*epoxy resin*”, “*root canal cements*”, “*bioceramic material*”, “*resin sealers*”, “*calcium hidroxide AND endodontic sealers*”, “*aggregate trioxide mineral AND endodontic sealers*”, “*resilon AND endodontic sealers*” e “*zinc oxide eugenol AND endodontic sealers*”. Da conjugação das diferentes palavras chave resultaram 1600 artigos. Destes, com base na leitura do título e respectivo *abstract*, foram incluídos 122 artigos. Após a leitura dos artigos selecionados na íntegra optou-se por excluir ainda 50 artigos, por não se enquadrarem no âmbito deste trabalho ou por terem sido impossíveis de adquirir, o que resultou num total de 72 artigos consultados. Para complementar foram ainda utilizadas cinco obras literárias. Obtiveram-se, no final, 77 referências bibliográficas.

### 2. Breve História da Endodontia

A história da Endodontia remonta o século XVII, e desde então obteve inúmeros avanços e desenvolvimentos, e a sua evolução prosseguiu numa forma sistemática e proveitosa (Castellucci, 2005).

Se refletirmos sobre os avanços na prática médico-dentária feita ao longo dos últimos quatro séculos, é claro que as contribuições mais significativas para o desenvolvimento da nossa profissão foram feitas por um pequeno número de “Médicos Dentistas” extremamente talentosos. Entre eles encontra-se Pierre Fauchard (1678-1761) que é amplamente aclamado como o “pai da Dentisteria Moderna” que em 1728 publicou um abrangente livro “*Le chirurgien dentiste*”, detalhando o estado contemporâneo do conhecimento dentário e fazendo as suas próprias observações. Com este livro varreu as velhas atitudes de sigilo e introduziu uma era de abertura e de avaliação científica. Os

cimentos obturadores foram originalmente descritos por Ambrose Paré, o “pai da Cirurgia Moderna”, mas Fauchard apresentou projetos novos e inovadores que melhoraram muito a qualidade de vida para os pacientes que infelizmente necessitavam de tal tratamento (Lynch *et al.*, 2006).

Posteriormente, no século XIX, Leonard Koecker expôs a polpa dentária com um instrumento previamente aquecido e protegido com folha de chumbo, mais tarde, Shearjashub Spooner recomendou o trióxido de arsênio para desvitalização da polpa, e dois anos depois, Edwin Maynard introduziu o primeiro instrumento no canal radicular, que ele criou mediante a apresentação de uma mola de relógio (Castellucci, 2005).

Em 1965, Kakehashi, Stanley e Fitzgerald mostram conclusivamente que os problemas pulpares e endodônticos estão essencialmente relacionados com a contaminação microbiana do sistema de canais radiculares. Desde aquela época a Endodontia está cada vez mais centrada sobre as formas e meios de eliminar microrganismos de todo o sistema de canais radiculares. A teoria do tubo oco apresentada por Rickert e Dixon em 1931 postulou que os fluidos que entram nos canais radiculares estagnam e formam produtos de degradação tóxicos que, em seguida, passam para os tecidos periapicais. Esta teoria, que os espaços mortos dentro do organismo devem ser obturados, originalmente formaram a base para que se realizasse o preenchimento de canais radiculares (Carrote, 2004).

O impulso para a evolução dos princípios endodônticos cirúrgicos e contemporâneos veio de uma melhor compreensão dos desafios enfrentados na ampliação, conformação, limpeza, desinfecção, e obturação da anatomia complexa e imprevisível do sistema de canais radiculares que seduz até mesmo o clínico mais astuto e experiente. Embora a tecnologia em procedimentos não-cirúrgicos tenha avançado significativamente, ainda permanece o desafio de erradicar espécies microbianas e seus biofilmes a partir do sistema de canais radiculares e túbulos dentinários, principalmente no terço apical da raiz (Gutmann, 2014).

Houve um esforço para aperfeiçoar o Tratamento Endodôntico, surgindo novos anestésicos locais mais seguros e eficazes, aparelhos radiográficos, materiais e técnicas

de instrumentação, materiais obturadores, entre outras inovações, que o tornam actualmente mais seguro e confiável, com uma taxa de sucesso aproximadamente de 90% (Castellucci, 2005).

### **3. Evolução histórica dos cimentos de obturação**

Na prática clínica, os dentes que têm patologia pulpar ou envolvimento periapical são submetidos a Tratamento Endodôntico, com a limpeza e conformação do canal radicular, seguido da obturação total desse espaço canalar (Branstetter e Fraunhofer, 1982).

A infecção do sistema de canais radiculares ocorre posteriormente à cárie dentária, tratamentos cirúrgicos e trauma. A estreita relação entre a polpa dentária e a região periapical permite a passagem de bactérias, fungos e componentes das células para o espaço perirradicular e iniciar processos inflamatórios nas regiões periapicais, ativando a reabsorção tecidual. Estes mecanismos imunopatológicos levam à formação de abscessos, granulomas e quistos periapicais (Moazami *et al.*, 2011).

As principais metas do Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico são limpar e moldar o sistema de canais radiculares e selá-lo em três dimensões para evitar a reinfecção do dente usando um material estável e biocompatível. Embora a terapia inicial do canal radicular foi demonstrada ser um procedimento previsível com um elevado grau de sucesso, as falhas podem ocorrer após o tratamento. Publicações recentes relataram taxas de insucesso de 14% a 16% para este tipo de tratamento inicial do canal. A falta de cura é atribuída à infecção intra-radicular persistente, proliferação microbiana no interior dos túbulos dentinários ou nas irregularidades do sistema de canais radiculares. Nesta medida, é de extrema importância, seguir todas as fases do tratamento com a maior seriedade, com a finalidade de não comprometer o Tratamento Endodôntico (Machado *et al.*, 2013).

Melhorias na tecnologia adesiva têm focado os esforços de investigação sobre a união do cimento às paredes do canal para erradicar qualquer entidade bacteriana (Torabinejad *et al.*, 2009; Akman *et al.*, 2010).

A obturação tem sido apontada como um dos momentos cruciais do tratamento endodôntico (Costa *et al.*, 2009).

Constitui a última fase do tratamento endodôntico, ainda que se deva dar a mesma importância a todas as fases do tratamento, esta fase tem um papel bastante relevante, impedindo a passagem de bactérias residuais e seus derivados para a área perirradicular (Sahli e Aguadé, 2006).

Um grande número de materiais e técnicas de obturação tem sido utilizado ao longo dos anos. A gutta-percha foi utilizada em Endodontia por Bowman em 1867 e é um material de obturação de canais comumente usado (Bowman e Baumgartner, 2002).

Shilder popularizou a condensação vertical com a técnica da gutta-percha aquecida. Ele usou calor para termoplastificar a gutta-percha para esta penetrar mais facilmente nas reentrâncias das paredes dos canais radiculares, ou seja, a suposta vantagem da condensação vertical é a capacidade de amolecer a gutta-percha para que ela se molde às várias configurações dos canais (Bowman e Baumgartner, 2002).

As técnicas de obturação termoplásticas surgiram para tentar colmatar os inconvenientes da técnica de condensação lateral tradicionalmente utilizada. Nesta técnica há uma maior possibilidade de aparecimento de espaços vazios entre os cones da gutta-percha (Bowman e Baumgartner, 2002).

A gutta-percha como principal “obturador de canais” manteve-se no termo familiar, mas percebeu-se que na ausência de um cimento de obturação, as obturações eram frequentemente associadas a sinais clínicos e radiográficos de periodontite apical. Desde a década de 1910, a evolução dos materiais endodônticos tem sido principalmente sobre a composição química e as propriedades do cimento obturador como um componente biologicamente importante da obturação (Ørstavik, 2005).

A qualidade da obturação obtida com gutta-percha e óxido de zinco eugenol convencional está muito longe de ser perfeita. Além dos seus pontos fortes, a gutta-percha (GP) e a combinação do cimento convencional ainda tem problemas, como a sua

incapacidade para fortalecer a raiz, uma vez que não adere à dentina, a incapacidade de controlar a infiltração e a solubilidade do cimento (Tyagi *et al.*, 2013).

Um cimento endodôntico deve ser biocompatível, antibacteriano, não tóxico e radiopaco, e não deve ser reabsorvível ou solúvel num ambiente oral. Além dessas características, também é esperado que ele seja económico, fácil de manusear e capaz de se adaptar às paredes do canal radicular tanto quanto possível. Alguns exemplos de materiais existentes são os cimentos à base de óxido de zinco eugenol, à base de hidróxido de cálcio, à base de resinas, MTA, entre outros. (Asgary *et al.*, 2008).

## **4. Cimentos Obturadores**

### **4.1. Características dos cimentos de obturação segundo Grossman**

O selamento tridimensional de todo o espaço dos canais radiculares com um material de preenchimento biocompatível é uma tarefa desafiadora para ser alcançado o sucesso do Tratamento Endodôntico. O preenchimento dos canais radiculares é feito por dois componentes principais: a gutta-percha (material sólido) e o cimento (material plástico). A gutta-percha é o material central de biocompatibilidade mais favorável que pode ser usada para preencher os canais radiculares, mas este material sozinho não é suficiente para produzir e garantir a perfeita obturação do sistema de canais radiculares, sendo por isso necessário o uso de cimentos endodônticos para preencher as irregularidades e discrepâncias entre a gutta-percha e as paredes dos canais radiculares (Henston *et al.*, 2012).

Os cimentos endodônticos têm um papel primordial na obturação, ou seja, para além de biocompatíveis, devem selar as interfaces existentes entre os materiais de obturação e entre estes e a parede do canal, com o objectivo de obter no final uma obturação em três dimensões de forma hermética e estável (Costa *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2013).

Os cimentos endodônticos ainda devem ser capazes de penetrar nos canais acessórios, canais laterais e túbulos dentinários não preenchidos pela gutta-percha, a fim de evitar que o fluxo dos fluidos tecidulares periapicais que a sobrevivência dos

microorganismos que resistiram ao preparo biomecânico e que permaneceram no sistema canalicular durante a obturação (Chandra *et al.*, 2012).

Uma vez que estes materiais estarão em contacto directo sobre os tecidos periapicais por um período prolongado de tempo, a sua biocompatibilidade é de extrema importância. Quase todos os cimentos têm algum grau de toxicidade em contacto com os tecidos vivos (Gencoglu *et al.*, 2010).

Materiais totalmente biocompatíveis não existem, como consequência, a sua propagação para além do foramen apical pode dar origem a manifestações clínicas em relação à toxicidade do medicamento, apesar de extrusões menores de materiais serem bem toleradas pelos tecidos perirradiculares (González-Martín *et al.*, 2010).

Grossman (1982), resumiu 13 requisitos e características que idealmente um cimento deveria possuir (Desai e Chandler, 2009):

1. Deve ter fluidez quando misturado para se obter uma boa adesão entre a gutta-percha e a parede do canal
2. Deve proporcionar selamento hermético
3. Deve ser radiopaco, de modo a ser visualizado na radiografia
4. As partículas do pó devem ser muito finas para que se misturem facilmente com o líquido
5. Não deve contrair depois de endurecer
6. Não deve pigmentar a estrutura dentária
7. Deve ser bacteriostático ou pelo menos não incentivar o crescimento bacteriano

8. Deve difundir-se lentamente
9. Deve ser insolúvel nos fluidos tecidulares
10. Deve ser bem tolerado pelo tecido periapical
11. Deve ser solúvel em solventes comuns, se for necessário remover a obturação do canal radicular
12. Não devem ser citotóxicos
13. Devem ser biocompatíveis

## **4.2. Tipos de cimentos de oburação**

### **4.2.1. Óxido de zinco eugenol**

Os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol (OZE) foram introduzidos na Endodontia em 1936, por Grossman para serem utilizados juntamente com os cones de guta-percha ou prata na obturação de canais radiculares (Leonardo, 2008).

O cimento de óxido de zinco eugenol é um cimento utilizado já há muitos anos e foi durante muito tempo o cimento padrão em Endodontia (Costa *et al.*, 2009).

Os materiais de óxido de zinco e eugenol dominaram o passado há 70 ou 80 anos. Os protótipos são o cimento de Rickert's, cujo nome na forma comercial é Kerr, e o cimento de Grossman, que tem imensas variáveis comerciais, tal como cimento Roth e Procosol. Rickert adicionou pó de prata para o contraste de raio X, enquanto Grossman usou bismuto e sal de bário (Ørstavik, 2005).

Nos cimentos de óxido de zinco e eugenol o principal veículo de mistura é o eugenol (Chhabra *et al.*, 2011).

O pó contém óxido de zinco que é finamente peneirado para aumentar a fluidez do cimento (Chhabra *et al.*, 2011).

Um milímetro de óxido de zinco e eugenol do cimento tem uma opacidade correspondente a 4-5 mm de alumínio, que é mais baixa do que a gutta-percha (Chhabra *et al.*, 2011).

Estes cimentos prestam-se facilmente à adição de produtos químicos e o paraformaldeído é muitas vezes adicionado para efeitos antimicrobianos, germicidas e, para ação anti-séptica, resina ou bálsamo do Canadá são adicionados para uma maior adesão à dentina e corticosteróides para a supressão da reação inflamatória (Chhabra *et al.*, 2011).

No cenário Europeu, foi adicionado paraformaldeído para ter actividade antibacteriana, tal como a controversa pasta N2 e a Endométasona, embora os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol têm algumas propriedades antibacterianas, por si só (Ørstavik, 2005).

De facto, o óxido de zinco e eugenol é o mais comum dos componentes dos materiais de preenchimento de canais, mas existem divergências quanto à biocompatibilidade do material quando os resultados de experiências em dentes e tecidos subcutâneos são comparados (Panzarini *et al.*, 2012). O eugenol que é libertado no espaço periapical é conhecido por ser citotóxico e é suspeito de ser alergénico. No entanto, dentro de certas concentrações o eugenol tem efeitos anti-inflamatórios e analgésicos (Hashieh *et al.*, 1999).

Duas moléculas de eugenol reagem com uma molécula de óxido de zinco, resultando num cimento fluido. A fraqueza desde cimento é atribuída às pobres interconexões entre as partículas de óxido de zinco e da matriz. Estes materiais têm tixotropia pseudoplástica, ou seja, a sua taxa de viscosidade e de cisalhamento diminui com o stress (Camps *et al.*, 2004).

O tempo de trabalho corresponde ao período de tempo durante o qual é possível manipular o cimento, sem alterar as suas propriedades, e deve ser tão longo quanto possível (Camps *et al.*, 2004).

O tempo de presa é o tempo necessário para que o cimento possa atingir as suas propriedades definitivas e deverá ser tão curto quanto possível, porque é muito difícil manter o canal seco (Camps *et al.*, 2004).

O tempo de presa dos cimentos à base de óxido de zinco varia muito de acordo com diferentes parâmetros: as condições ambientais (por exemplo, temperatura e humidade) e os componentes adicionais do cimento, como a resina, o tipo de óxido de zinco e o tamanho das partículas (Camps *et al.*, 2004).

Estes materiais podem afetar adversamente a reação de polimerização de materiais utilizados na restauração definitiva de um dente tratado endodonticamente. O eugenol, um componente dos cimentos de óxido de zinco eugenol é um bom exemplo de um tal efeito (Farid *et al.*, 2013).

Como visto anteriormente, os cimentos endodônticos podem ter componentes antimicrobianos em função da sua composição química. Por exemplo o Endométasona N e N2 são ambos baseados em óxido de zinco e eugenol e apresentam na sua constituição paraformaldeído que é libertado a partir desta combinação e que é bactericida. Os resultados do estudo realizado por Gjorgievska *et al.* (2013) em que foram incorporados agentes antimicrobianos mostraram que o Endométasona N e N2 têm maior efeito antibacteriano do que qualquer um AH Plus (cimento à base de resina) ou Sealapex (cimento à base de hidróxido de cálcio). AH Plus é um cimento à base de resina epóxi que pode libertar monómeros ou mesmo formaldeído que é frequentemente encontrado em pequenas quantidades em materiais poliméricos. Seja qual for a causa das propriedades antimicrobianas deste material, foi muito menos eficaz do que Endométasona N e N2, e particularmente ineficaz contra *S. Mutans* e *L. Casei*. AH Plus demonstrou maior atividade antimicrobiana quando recém misturado (Gjorgievska *et al.*, 2013).

Num outro estudo realizado por Baer e Maki (2010) que foi incorporada amoxicilina a três cimentos, nomeadamente óxido de zinco eugenol (Pulp Canal Sealer), AH Plus e um outro cimento à base de resina epóxi (Real Seal), e cada cimento foi misturado fresco de acordo com as instruções do fabricante com e sem amoxicilina para ver qual o que teria mais eficácia contra *E. faecalis* (Baer e Maki, 2010).

Os resultados deste estudo mostraram que todos os três cimentos com amoxicilina, mesmo depois de 7 dias mantinham propriedades antimicrobianas e inibiram completamente o crescimento do *E. faecalis*. Cimentos sem amoxicilina não inibiram o crescimento do *E. faecalis* em fresco ou quando ajustado para 1, 3 ou 7 dias (Baer e Maki, 2010).

Durante anos, os antibióticos foram utilizados em Medicina Dentária. O uso de antibióticos na medicina não é novo, mas até à data a sua utilização em Medicina Dentária tem sido limitada. Muitas perguntas ainda precisam ser respondidas em relação à sua utilização em sistemas de canais radiculares. É a dose de amoxicilina suficientemente alta para evocar uma resposta alérgica? Podem as combinações de cimentos com antibióticos levar a uma eventual resistência bacteriana?. Além disso, ainda precisa ser avaliado de que forma o antibiótico afeta as propriedades físicas, químicas e biológicas dos cimentos (Baer e Maki, 2010).

Ao estudar comparativamente a infiltração apical entre o cimento de óxido de zinco eugenol e um cimento resinoso, AH Plus, os resultados de Costa *et al.* (2009) demonstraram que, para além da infiltração entre os materiais de obturação e a parede radicular, existem espaços entre a guta-percha e os cimentos que provocam microinfiltrações mesmo entre esses materiais. 87% da amostra neste estudo infiltrou com o cimento Tubli-Seal (óxido de zinco e eugenol) e 57% com o cimento AH Plus, mostrando assim que a nível de infiltração o AH Plus apresenta melhores resultados, ainda que não tenham existido diferenças significativas entre os dois cimentos (Costa *et al.*, 2009).

Vários estudos têm demonstrado uma fraca adaptação às paredes dos canais e um menor selamento apical do óxido de zinco eugenol, quando comparado com cimentos de

resina. Em ambos os cimentos, houve maior infiltração na interface entre os materiais de obturação e as paredes radiculares, do que entre a guta-percha e o cimento (Costa *et al.*, 2009).

Scarparo *et al.* (2009) fez um estudo com o intuito de fazer a análise das reações teciduais aos cimentos de óxido de zinco eugenol e resinas à base de resina epóxi. Os cimentos Endofill (cimento à base de óxido de zinco e eugenol) e EndoREZ (cimento à base resina) mostraram uma inflamação mais intensa e duradoura. Com AH Plus, a reação inflamatória mostrou uma tendência a diminuir ao longo do tempo. Nenhum dos materiais testados mostrou ter as características ideais para biocompatibilidade. Este estudo indica, ainda, uma tendência, dos cimentos à base de resina de metacrilato e cimentos de óxido de zinco eugenol, aparentemente terem maior potencial de irritação dos tecidos. Um grande número de estudos têm sido realizados na tentativa de aperfeiçoar características adesivas dos cimentos de forma a obter um selamento ideal. No entanto, o sucesso do tratamento só pode ser conseguido se o material de obturação for biocompatível e criar um selamento biológico na região periapical (Scarparo *et al.*, 2009).

Os resultados dos estudos histológicos, testes de citotoxicidade, e as investigações para considerações de apoio de mutagenicidade mostram que, além dos seus benefícios, vários materiais obturadores de canais radiculares também possuem propriedades indesejáveis que podem representar uma ameaça para a saúde humana. Os efeitos adversos dos materiais podem desempenhar um papel importante no insucesso do tratamento quando mais nenhuma falha pode ser identificada. Cimentos endodônticos com liberação de formaldeído não são atualmente recomendáveis (Geurtsen e Leyhausen, 1997).

Em resumo podemos considerar que os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol apresentam as seguintes vantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Baixa contração de polimerização em comparação com cimentos à base de resina

2. Propriedade antimicrobiana de longa duração. Cimentos de óxido de zinco eugenol demonstraram propriedades antimicrobianas contra uma variedade de microrganismos, incluindo suspensões de *Enterococcus faecalis* e bactérias anaeróbicas até 7 dias após mistura
3. São fáceis de manusear
4. A radiopacidade de diferentes cimentos de óxido de zinco eugenol foi 5-7,97 mm e, portanto, pode ser considerado como suficiente
5. A relação pó / líquido de 1:3 causa expansão volumétrica da guta-percha que sela ainda mais o canal
6. As alterações dimensionais são muito menores em comparação com outros cimentos endodônticos

Estes cimentos apresentam, contudo, as seguintes desvantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Vários estudos demonstraram infiltração apical em redor dos cimentos de óxido de zinco eugenol aumentada com o tempo de armazenamento (medido até 2 anos), em camadas espessas mais do que em camadas finas. As propriedades de selamento dos cimentos de óxido de zinco eugenol são inferiores em comparação com os outros cimentos endodônticos
2. O formaldeído que é libertado a partir de certos cimentos de óxido de zinco eugenol, também é conhecido como alergénio classificado como altamente citotóxico.
3. O eugenol inibe a condução do impulso nervoso *in vitro* em experiências com diferentes tecidos nervosos

4. Maior solubilidade em comparação com outros cimentos contemporâneos tornando assim mais propenso para causar infiltração embora dentro dos limites das normas ISO (perda de 3% em peso de massa)

#### 4.2.2. Hidróxido de cálcio

Os cimentos à base de hidróxido de cálcio (HC) foram idealizados com o objectivo de reunir num cimento obturador as propriedades biológicas do hidróxido de cálcio puro, adequando-o às propriedades físico-químicas necessárias a um bom selamento radicular (Marín-Bauza *et al.*, 2012).

Cimentos endodônticos contendo HC foram lançados no mercado com o objetivo de aproveitar as propriedades biológicas do HC, nomeadamente a sua capacidade de estimular a calcificação (Panzarini *et al.*, 2012).

O primeiro cimento à base de hidróxido de cálcio comercializado e introduzido no Brasil em 1984, foi o Sealapex, sendo um cimento do tipo pasta/pasta composto por 2 bisnagas, uma contendo a base e a outra o catalisador utilizadas em partes iguais, as quais devem ser manipuladas durante 1 ou 2 minutos, até que seja obtida uma mistura de cor homogênea. O seu tempo de presa no canal radicular é de 30 a 40 minutos, sendo o mesmo acelerado pela humidade, por isso é conveniente que o canal radicular esteja o mais seco possível no momento da obturação (Leonardo, 2008).

O hidróxido de cálcio, foi considerado por muito tempo uma panacéia para doenças dentárias e tem sido amplamente utilizada na Medicina Dentária desde a sua introdução por Harman em 1920. A teoria subjacente à utilização de hidróxido de cálcio é que os agentes patogénicos serão incapazes de sobreviver no ambiente alcalino que ele cria. A sua atividade antimicrobiana está relacionada com a libertação de iões hidroxila em meio aquoso, estes são radicais livres altamente oxidantes que mostram reactividade extrema com muitas biomoléculas (Sathorn *et al.*, 2007).

Os cimentos com hidróxido de cálcio foram desenvolvidos para atividade terapêutica. Pensou-se que estes cimentos pudessem exibir uma atividade antimicrobiana e tivessem

potencial cementogénico e osteogénico. Infelizmente, essas ações não foram demonstradas. Necessita-se de solubilidade para a libertação do hidróxido de cálcio e atividade prolongada. Isto é inconsistente com a proposta de um cimento (Hargreaves e Cohen, 2011).

Cimentos endodônticos com hidróxido de cálcio integrado têm reforçada a atividade antibacteriana. O efeito antimicrobiano deste cimento decorre da libertação de iões hidróxido, que elevam o pH acima de 12,5. Esta atividade antimicrobiana abrange uma vasta gama de patógenos endodônticos comuns. No entanto, materiais que possuem algumas propriedades antimicrobianas podem gradualmente perder volume, prejudicando assim a qualidade do selamento (Slutzky-Goldberg *et al.*, 2008). Por outro lado, verifica-se que o hidróxido de cálcio se dissolve, deixando espaços vazios de obturação uma vez que este se desintegra (Mustafa, M. *et al.*, 2012).

As duas razões mais importantes para a utilização de hidróxido de cálcio como cimento endodôntico são a estimulação dos tecidos periapicais, a fim de manter ou promover a cura e em segundo lugar devido aos seus efeitos antimicrobianos. O hidróxido de cálcio é eficaz na formação de pontes de calcificação, quando aplicado ao tecido pulpar exposto. Recentemente, o Sealapex tem sido recomendado como um material de selamento para os dentes decíduos. Em estudos clínicos prospectivos, o Sealapex e o Vitapex mostraram altas taxas de sucesso para pulpectomias (Desai e Chandler, 2009).

O Sealapex e o Apexit são as marcas mais conhecidas deste tipo de material. O mecanismo de atuação destes materiais é bastante complexo e não homogêneo. Através do contato com a humidade, uma superfície dura é produzida, mas a parte mais profunda da mistura pode permanecer numa consistência pastosa. O hidróxido de cálcio também é adicionado para cimentos de outras composições químicas, tais como resinas e cimentos de óxido de zinco eugenol, mas não há evidência para qualquer benefício derivado de sua inclusão nestas formulações (Ørstavik, 2005).

Devido aos vários efeitos biológicos atribuídos ao hidróxido de cálcio, o seu emprego na obturação definitiva do sistema de canais radiculares passou a ser preconizado. Contudo, um material para ser usado com esta finalidade deve obedecer a certos

requisitos físico-químicos, e não apenas aos biológicos. Neste sentido o hidróxido de cálcio apresenta alguns inconvenientes, uma vez que não é radiopaco, tem pouca fluidez, não tem boa viscosidade, é permeável e é solubilizado com o tempo (Lopes e Siqueira Jr., 2004).

A biocompatibilidade de cimentos à base de hidróxido de cálcio é controversa e por causa da sua solubilidade, eles não preenchem todos os critérios de um cimento ideal. Além disso, a sua actividade antibacteriana é variável, e a sua citotoxicidade parece ser mais suave do que a de os outros grupos de cimentos (Mohammadi e Dummer, 2011).

Até agora, os cimentos que atualmente se encontram no mercado quase não têm sido estudados em relação ao seu efeito antibacteriano, embora seja uma exigência expressa também pela Sociedade Europeia de Endodontia (ESE) que os cimentos devem, além de obturar completamente o canal radicular, de preferência, ter um efeito sobre o crescimento bacteriano. Assim, é de interesse, especialmente para o Médico Dentista, conhecer os efeitos antimicrobianos que podem ser esperados a partir dos cimentos actualmente disponíveis. Num estudo realizado por Heyder (2013) para avaliar o efeito antibacteriano de diferentes cimentos endodônticos em três espécies bacterianas diferentes, o desempenho dos cimentos de hidróxido de cálcio em relação aos níveis de actividade antibacteriana foram geralmente baixos, o Apexit Plus mostrou um efeito supressor ligeiro sobre *P. Gingivalis* e outros estudos realizados por Saha *et al.* (2010) e Kayaoglu *et al.* (2005) mostraram apenas uma ligeira actividade antibacteriana do cimento de hidróxido de cálcio (Heyder *et al.*, 2013).

Os cimentos à base de hidróxido de cálcio como o Sealapex (Kerr Sybron, Romulus MI USA), apesar da sua biocompatibilidade caíram em desuso ao demonstrarem a sua reabsorção com o passar do tempo (Rodríguez-Ponce, 2003).

Num estudo realizado por Lee (2002) para verificar a adesão à dentina e à guta-percha de alguns cimentos, o Sealapex mostrou ter baixa resistência de união à dentina. O pH na superfície de dentina permanece neutro quando o Sealapex é usado durante a obturação, não se ligando à dentina, ao contrário do AH 26 (cimento à base de resina) que é ligeiramente ácido. O Sealapex exhibe falha equivalente na resistência de união

tanto em dentina como em guta-percha, o que leva a concluir que a ligação química não ocorre em nenhuma das superfícies. Maior resistência à compressão pode também permitir a melhoria na adesão dos cimentos tanto à dentina como à guta-percha, porque os melhores resultados foram obtidos com AH 26, que é uma resina epóxi e exibe uma das maiores forças compressivas. Obviamente, a força adesiva é apenas uma consideração na seleção de cimentos endodônticos (Lee *et al.*, 2002).

Cimentos endodônticos à base de hidróxido de cálcio têm uma variedade de propriedades físicas e biológicas. São necessárias mais pesquisas para estabelecer as propriedades de cicatrização dos tecidos com cimentos endodônticos à base de hidróxido de cálcio. A avaliação dos cimentos à base de hidróxido de cálcio mostra que estes materiais não cumprem todos os critérios descritos por Grossman. A maioria dos estudos são realizados em laboratórios ou em modelos animais, o que pode ser diferente de uma situação clínica (Desai e Chandler, 2009).

Em resumo podemos considerar que os cimentos à base de hidróxido de cálcio apresentam as seguintes vantagens (Withrespoon *et al.*, 2006; Murray e García-Godoy, 2006; Patel e Cohenca, 2006):

1. Bactericida a bacteriostático
2. Capacidade de estimular a calcificação
3. Estimulação dos tecidos periapicais
4. Estagnamento da reabsorção interna
5. Barato e fácil de manipular

Estes cimentos apresentam, contudo, as seguintes desvantagens (Withrespoon *et al.*, 2006; Murray e García-Godoy, 2006; Patel e Cohenca, 2006):

1. Solubilidade
2. Pode dissolver-se após algum tempo provocando microinfiltração
3. Não é radiopaco
4. Tem pouca fluidez
5. Não tem boa viscosidade
6. Não adere à dentina
7. É permeável

#### **4.2.3. Cimentos à base de resina**

Cimentos à base de resina foram introduzidos na Endodontia, em 1981, por Schroeder, e desde aí têm sido amplamente utilizados devido à sua baixa solubilidade e boa capacidade de selamento apical (Guimarães *et al.*, 2014).

Os cimentos de resina foram desenvolvidos para serem utilizados em vez de óxido de zinco eugenol, melhorando assim o selamento dos canais radiculares e conferindo-lhes mais força quando comparados com os materiais convencionais (Tyagi *et al.*, 2013).

Os cimentos de resina plástica são frequentemente indicados devido à sua excelente adesão à dentina, havendo muitos estudos atestando a sua satisfatória capacidade de selamento marginal (Leonardo, 2008).

De longe o mais bem sucedido dos cimentos à base de resina foi a série AH. O protótipo foi desenvolvido há mais de 50 anos atrás por Andre Schroeder na Suíça, e é uma resina bisfenol usando metenamina para polimerização. Como metenamina (também conhecido como urotropin) origina algum formaldeído durante a reacção de fixação,

substitutos foram procurados e encontrados numa mistura de aminas que podem efectuar a polimerização sem a formação de formaldeído. AH Plus é o resultado dessa evolução (Ørstavik, 2005).

O cimento AH Plus Jet (Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha) é um cimento à base de resina e tem a mesma formulação do cimento AH Plus. De acordo com o fabricante, tem um sistema inovador que elimina a necessidade de mistura manual antes do uso, permitindo simultaneamente a colocação direta e precisa no canal ou num tradicional bloco de mistura. O cimento AH Plus Jet apresenta uma inovadora seringa de cano duplo que automaticamente e com precisão mistura a fórmula de pasta-pasta na proporção necessária de 1:1 (Topcuoglu *et al.*, 2013).

O AH Plus é um cimento à base de resina epóxi que pode aderir à dentina e exercer actividade antibacteriana contra *Enterococcus faecalis*. Além disso, é biocompatível, tendo boas propriedades físicas, que lhe conferem a sua estabilidade dimensional a longo prazo (Ruiz-Linares *et al.*, 2013).

A American Dental Association (ADA) estende a metodologia para testar as propriedades físico-químicas de cimentos endodônticos e descreve os requisitos mínimos que devem possuir. Geralmente, o AH Plus satisfaz estas exigências em relação ao tempo de endurecimento, fluidez, radiopacidade e solubilidade (Ruiz-Linares *et al.*, 2013).

Uma melhoria nas propriedades antimicrobianas de cimentos endodônticos pode ser prevista através da adição de agentes antimicrobianos. Recentemente, foi demonstrado que a adição de dois anti-sépticos (Clorhexidina e Cetrimida) que pertencem ao grupo de amónio quaternário aumentam o efeito antimicrobiano. No entanto a adição desses agentes pode alterar as propriedades físicas dos materiais de acordo com a concentração do agente incorporado. Neste estudo em que foram adicionados estes agentes verificou-se que a adição de Clorhexidina, Cetrimida, ou ambos não altera as propriedades físicas do cimento AH Plus. O facto das propriedades não serem modificadas é de grande importância uma vez que é o primeiro passo para a melhoria de um cimento endodôntico. Ainda assim, estes são exames preliminares e será necessário realizar

exames que permitam a caracterização sobre estabilidade dimensional, biocompatibilidade e propriedades antimicrobianas que devem ser realizados antes que estas combinações possam ser consideradas para aplicação clínica (Ruiz-Linares *et al.*, 2013).

A superioridade da resistência de união de cimentos à base de resina epóxi tem sido documentada em comparação com outros cimentos resinosos. Num estudo realizado por Amin *et al.* (2012), o AH Plus apresentou melhor adesão dentinária em comparação com o Sealapex, que é um cimento à base de hidróxido de cálcio, e que o MTA Fillapex (cimento à base de MTA) e até mesmo que outros cimentos à base de resina, tais como EndoREZ, Resilon e Epiphany. Um cimento ideal deve aderir firmemente tanto à dentina como à guta-percha. AH Plus mostrou a força de ligação mais alta de todos os cimentos testados tanto para a dentina como para a guta-percha, com ligação a este último ainda maior (Amin *et al.*, 2012).

Outro estudo realizado por Vilanova *et al.* (2012) explicou a força de união mais elevada obtida com os cimentos com base em resinas epóxi com a capacidade para formar uma ligação covalente com um anel epóxido aberto para quaisquer grupos aminoácidos expostos ao colagénio. Estes cimentos apresentam, também, estabilidade dimensional a longo prazo (Amin *et al.*, 2012).

No estudo de Bernardes (2010), ao avaliar a fluidez de três cimentos, o Sealer 26 (cimento à base de HC), o AH Plus (cimento à base de resina) e o MTA Obtura (cimento à base de MTA), o AH Plus apresentou estatisticamente maior fluidez do que o cimento Sealer 26 e o MTA Obtura (Bernardes *et al.*, 2010).

Os cimentos de resina têm mostrado uma penetração mais profunda no interior dos túbulos dentinários do que cimentos endodônticos convencionais. A penetração dos cimentos de resina pode ser uma função das suas propriedades físicas, tais como a fluidez, a tensão superficial, a solubilidade, a viscosidade, a composição química, tempo de trabalho e de presa. Os cimentos de resina são conhecidos por ter um fluxo adequado, e uma penetração mais profunda, devido à sua estrutura de película fina. A fluidez é essencial, pois reflecte a sua capacidade de penetrar em pequenas

irregularidades e ramificações do sistema de canais radiculares e túbulos dentinários (Chandra *et al.*, 2012).

Os cimentos à base de resina epóxi podem induzir uma reacção inicial suave inflamatória em tecidos circundantes, bem como citotoxicidade, com uma ligeira capacidade mutagénica. Camargo *et al.* (2013) estudou a citotoxicidade e genotoxicidade de cimentos à base resina epóxi (AH Plus), à base de metacrilato (EndoREZ), e à base de silicone (RoekoSeal). A avaliação em diferentes períodos de tempo é importante porque a difusão de subprodutos para os tecidos pode levar a mudanças na citotoxicidade. Todos os cimentos testados apresentaram diferentes níveis de toxicidade em diferentes épocas. A citotoxicidade e genotoxicidade não são necessariamente interdependentes, e os mecanismos celulares envolvidos em ambos os processos podem ser diferentes. O tempo de presa influencia a citotoxicidade e genotoxicidade dos cimentos à base de resina epóxi. O cimento à base de metacrilato foi o mais citotóxico, seguido do cimento de resina epóxi (Camargo *et al.*, 2013).

Os cimentos endodônticos diferem quimicamente entre eles. AH Plus, AH 26, Diaket, entre outros, são ligeiramente diferentes quimicamente e alguns deles podem causar complicações graves neurotóxicas quando extruídos para o canal mandibular (Gonzalez-Martín *et al.*, 2010).

Complicações indesejáveis como anestesia, parestesia, hipoestesia, hiperestesia, disestesia podem seguir-se à extrusão de um cimento no canal mandibular. O primeiro sintoma é dor súbita expressa pelo paciente durante a obturação do canal radicular, que persiste após o desaparecimento dos efeitos dos anestésicos locais. Dor à percussão, inflamação do nervo dentário doloroso à palpação do processo alveolar vestibular, ou uma combinação de sinais de lesões mecânicas, com dor ou dormência do lábio inferior são alguns dos sintomas descritos (Gonzalez-Martín *et al.*, 2010).

O AH Plus pode causar efeitos citotóxicos quando extruído para o nervo alveolar inferior pois foi demonstrado que a sua componente de bisfenol A pode ser responsável por esses efeitos (Gonzalez-Martín *et al.*, 2010).

Quando o cimento é expulso do ápice da raiz para as estruturas anatómicas, como ossos e dentes, a guta-percha e o cimento podem ser diferenciados dependendo do seu grau de radiopacidade. Além disso, a radiopacidade de cimentos endodônticos é de particular importância para a avaliação da qualidade do tratamento endodôntico, além de ser útil para a avaliação de possíveis espaços vazios na obturação. O AH Plus contém óxido de zircônio e óxido de ferro que contribuem para a sua maior radiopacidade (Gorduysus e Avcu, 2009).

Uma das principais causas de descoloração dos dentes pode ser decorrente da presença de cimentos endodônticos na câmara pulpar. Ao avaliar o efeito dos cimentos endodônticos na cor dos dentes, Meincke *et al.* (2013) nos seus resultados mostraram que o Sealer 26 produziu maiores mudanças de cores do que AH. Isto pode ser explicado pela presença de hidróxido de cálcio no Sealer 26 (Meincke *et al.*, 2013).

Nagas *et al.* (2012) realizou um estudo para verificar como as condições de humidade podem afectar a adesão dos cimentos endodônticos. O cimento AH Plus mostrou ter a segunda maior força de ligação, que foi superior à do MTA Fillapex e Epiphany em todas as condições de humidade. Este estudo está em linha com estudos anteriores que mostraram que o AH Plus tem força de ligação maior que vários cimentos endodônticos. O AH Plus é conhecido por ser menos solúvel que o Epiphany, o que pode contribuir para a sua maior resistência de união em canais radiculares com humidade (Nagas *et al.*, 2012).

O efeito da resistência à fractura em canais radiculares preenchidos com diversos tipos de cimentos (AH Plus, iRoot SP e MTA Fillapex) foi comparado num estudo realizado por Sagsen *et al.* (2012).

Não houve diferenças significativas entre os três cimentos, isto pode ser explicado devido à presença de resinas na composição do MTA Fillapex. O iRoot SP é outro cimento endodôntico recentemente introduzido com base numa composição de silicato de cálcio e é também um cimento à base de resina com boas propriedades adesivas. Todos os três cimentos analisados neste estudo fortaleceram os canais radiculares preparados com o aumento de resistência à fractura (Sagsen *et al.*, 2012).

Os cimentos de resina têm vindo a ganhar popularidade e agora são aceites como cimentos endodônticos que permitem reduzir a infiltração apical e coronal por ligação às paredes do canal (Sousa *et al.*, 2006).

Em resumo podemos fazer as seguintes considerações em relação aos cimentos de resina époxi (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Maior radiopacidade no AH Plus (13,6 milímetros) em relação ao AH 26 (9,3 milímetros)
2. Maior estabilidade dimensional no AH Plus pois a sua contracção de polimerização é de 1,76 V% em relação ao AH-26 (1,46 V%)
3. O AH 26 e o AH Plus são capazes de fluir para os orifícios dos túbulos dentinários, permitindo uma boa adesão à dentina
4. As propriedades de manuseio são geralmente consideradas boas
5. A libertação de formaldeído foi pequena e somente foi observada para o AH Plus (3,9 ppm)
6. Biocompatibilidade
7. Fácil remoção do interior dos canais

Apresentam as seguintes desvantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

#### Cimentos à base de resina epóxi

1. O AH 26 tem uma quantidade prejudicial de libertação de formaldeído que é 1,347 ppm

2. Em casos individuais, reações alérgicas locais e sistêmicas foram relatadas
  
3. O Bisfenol A diglicidil éter foi identificado como um componente mutagênico de materiais à base de resina que também podem ser citotóxicos
  
4. Cimentos à base de resina epóxi aderem melhor às paredes da dentina tornando difícil a sua remoção com instrumentos rotatórios
  
5. Menos resistência à fratura quando utilizados com guta-percha em comparação com o Resilon / RealSeal

#### **4.2.4. Novos cimentos obturadores**

##### **4.2.4.1. MTA**

O agregado de trióxido mineral (MTA) surgiu como o material de escolha para reparação de perfurações da raiz e barreira apical nos anos 90, um período revolucionário marcado por muitos avanços na Endodontia. Atualmente, ele é utilizado não só em perfurações da raiz, mas também no Tratamento Endodôntico como cimento endodôntico, na obturação da porção apical de dentes imaturos, e em obturações retrógradas (Scarpato *et al.*, 2010).

O MTA foi desenvolvido na Universidade Loma Linda e recebeu aprovação da *Food and Drug Administration* para uso humano em 1998. Desde então, o MTA tem mostrado excelentes propriedades biológicas em vários estudos *in vivo* e *in vitro* que são atribuídas ao seu pH alcalino e capacidade de liberação de íons cálcio. A capacidade de liberação de íons cálcio pode estar incluída na bioatividade de um cimento endodôntico, assim como há manutenção de um pH elevado durante um longo período de tempo. Liberação de íons cálcio e pH alcalino são frequentemente associados com cimentos endodônticos biológicos, e estas são importantes características do MTA (Roberts *et al.*, 2008; Massi *et al.*, 2011).

Em sistemas de cultura de células, por exemplo, o MTA demonstrou aumentar a proliferação de fibroblastos do ligamento periodontal, induzir a diferenciação de osteoblastos e estimular a mineralização das células pulpares. Esta biocompatibilidade e potencial bioativo despertou o interesse de cientistas de todo o mundo para melhorar as características de manipulação e algumas propriedades físico-químicas do MTA com a intenção de expandir a sua aplicabilidade em Endodontia. Conseqüentemente, novos cimentos retrobturadores à base de MTA e cimentos endodônticos têm sido propostos, como o MTA Fillapex (MTA-F; Angelus, Londrina, Brasil) (Vitti *et al.*, 2013).

Os novos cimentos à base de MTA refletem uma exigência actual de ter materiais para terapia endodôntica que são capazes de estimular o processo de cicatrização dos tecidos periapicais, em vez de meramente materiais biocompatíveis ou inertes (Salles *et al.*, 2012).

Como resultado, o MTA Fillapex representa o esforço em combinar um material de excelentes propriedades biológicas, como o MTA, com resinas e outros componentes para melhorar diversas propriedades pretendidas por um cimento endodôntico incluindo a adesividade, a estabilidade dimensional, o tempo de trabalho, a radiopacidade, a fluidez e efeitos antibacterianos (Salles *et al.*, 2012).

De acordo com informações do fabricante, MTA Fillapex é composto de resina salicilato, resina diluente, resina natural, óxido de bismuto, agentes radiopacificadores, nanopartículas de sílica, MTA e pigmentos (Salles *et al.*, 2012).

O próprio MTA consiste de partículas finas hidrofílicas de silicato tricálcico, óxido de alumínio, óxido de tricálcico, gesso (sulfato de cálcio di-hidratado), e outros óxidos minerais. O gesso é um importante determinante da definição de tempo. Os cimentos de MTA geralmente contêm menos gesso para permitir mais tempo de trabalho (Camilleri *et al.*, 2009).

O uso do MTA para obturação do canal radicular deve ser explorado porque não há até agora um cimento endodôntico que ofereça características de biocompatibilidade ideais (Scarpato *et al.*, 2009).

Por outro lado, as suas características físicas tornam o processo de manipulação e de preenchimento do sistema de canais difícil (Scarpato *et al.*, 2010).

A fim de melhorar as suas características biológicas e de selamento e, ao mesmo tempo, melhorar também as suas características de fluidez e de manipulação, uma nova formulação do MTA marcado com a designação Endo-CPM Sealer (CPM Sealer; EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina) foi criado (Scarpato *et al.*, 2010).

O pó é constituído por partículas finas hidrofílicas que formam um gel coloidal na presença de humidade. Torna-se sólido e forma um cimento duro em 1 hora. Os principais componentes são silicato tricálcico, óxido tricálcico, aluminato tricálcico, e outros óxidos. O líquido é constituído por uma solução salina e cloreto de cálcio. Apresentado como um material branco modificado à base de cimento Portland, a mais significativa diferença é a presença de uma grande quantidade de carbonato de cálcio, o qual pretende aumentar a libertação de iões de cálcio e oferece boas propriedades de selamento, adesão às paredes dos canais dentinários, fluidez adequada e biocompatibilidade (Scarpato *et al.*, 2010).

O Endo CPM Sealer tem um pH alcalino e uma capacidade de libertar iões de cálcio. Ao analisar o Endo CPM Sealer em relação à sua capacidade de selamento em tampões apicais, verificou-se que não existe qualquer diferença entre o MTA cinzento (MTA Fillapex; Angelus, Londrina, Brasil) e o Endo CPM Sealer. Entretanto, poucos estudos têm abordado a análise da biocompatibilidade deste material, comparando-a com MTA e outros cimentos que tenham já sido utilizadas em Endodontia (Scarpato *et al.*, 2010).

Este cimento apresenta propriedades similares de selamento com o cimento de resina epóxi quando avaliado utilizando o sistema de filtração de fluidos à base de resina. Exibe, também, forças *push-out* mais elevados do que o cimento de resina AH Plus (Camilleri *et al.*, 2009).

A título comparativo, os cimentos de MTA apresentam melhores resistências de ligação à dentina em comparação aos cimentos à base de óxido de zinco eugenol e possuem

uma capacidade de selamento semelhante aos cimentos à base de resina epóxi (Neelakantan, Grotra e Sharma, 2013).

Silva *et al.* (2013) realizaram um estudo para avaliar a citotoxicidade, radiopacidade, pH e a fluidez do MTA Fillapex e comparar com o AH Plus. O MTA Fillapex mostrou citotoxicidade grave quando as células foram expostas a fresco no cimento, esta toxicidade não diminuiu ao longo dos períodos testados. Uma possível explicação para estes resultados é a presença de componentes tóxicos, tais como o salicilato de resina, a resina de diluição e a sílica na sua composição. O AH Plus exibiu citotoxicidade moderada em condições frescas e tornou-se não citotóxico após 2 semanas, provavelmente como resultado da diminuição na eliminação de substâncias tóxicas presentes nesta formulação. A radiopacidade de ambos os cimentos está de acordo com a norma ISO recomendada. Em AH Plus o agente radiopacificador é o óxido de zircônio, e no MTA Fillapex é o óxido de bismuto. O pH do MTA Fillapex foi significativamente maior até ao período de 7 dias, este resultado indica que o MTA Fillapex tem uma forte capacidade de libertação de iões hidróxilo. Em relação à fluidez, tanto o MTA Fillapex como o AH Plus apresentaram valores aceitáveis de acordo com as recomendações ISO que estabelece a fluidez mínima necessária para cimentos de 20 mm (Silva *et al.*, 2013).

Noutro estudo em que se comparou a capacidade de selamento apical do MTA, Resilon, Guta-Percha, Froughreyhani *et al.* (2011) demonstraram que o MTA é muito superior ao Resilon, e o Resilon, por sua vez, é superior à Guta-Percha (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Em resumo podemos fazer as seguintes considerações em relação aos cimentos obturadores à base de MTA (Tyagi *et al.*, 2013):

**1. Altamente biocompatível**

**2. Estimula a mineralização**

3. Incentiva depósitos cristalinos de apatite semelhantes ao longo dos terços médio e apical das paredes do canal radicular
4. O MTA misturado com flúor demonstrou selamento estável até 6 meses e significativamente melhor do que cimentos de MTA convencionais
5. Tem uma propriedade adequada de liberação de cálcio
6. O Endo-CPM também foi relatado por ter uma capacidade de selamento semelhante ou melhor do que cimentos à base de resina
7. O ProRoot Endo Sealer demonstrou capacidade de selamento superior comparado a cimentos à base de resina
8. O MTA Fillapex produz um impressionante selamento hermético em que as partículas do MTA expandem, impedindo a microinfiltração, e o MTA liberta simultaneamente íons de cálcio livres [ $\text{Ca}^{2+}$ ] para acelerar o processo de cicatrização por estimulação da regeneração dos tecidos adjacentes
9. O cimento Endo-CPM apresenta os maiores valores de resistência de união à dentina radicular (8,265 MPa) ( $P < 0,05$ ). Os valores do teste de push-out foram semelhantes para o MTA Fillapex (2,041 MPa) e para o AH Plus (3,034 MPa)

Este tipo de cimentos apresenta, também, as seguintes desvantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Não se liga à dentina e ao material do núcleo
2. A alcalinidade do MTA pode, teoricamente, enfraquecer a dentina radicular semelhante ao que acontece com o hidróxido de cálcio

3. Nos casos de materiais à base de MTA a extrusão fora do canal radicular está associada com a dor sentida pelo paciente

#### 4.2.4.2. Resilon

O Resilon (RealSeal, SybronEndo, Orange, CA, EUA) é um material sintético termoplástico, à base de polímero, que foi desenvolvido no intuito de criar uma camada adesiva entre o material obturador sólido e o cimento e apresenta as mesmas propriedades de utilização da guta-percha (Ardizzoni *et al.*, 2013).

O sistema Resilon consiste de Resilon com um primer e um cimento e tem ganhado popularidade por causa de sua capacidade de ligação à parede do canal radicular e criar um selamento radicular a longo prazo (Ardizzoni *et al.*, 2013).

É utilizado em conjunto com um novo cimento resinoso, Epiphany (Pentrum Clinical Technologies), com capacidade de ligação com a dentina. O Resilon pode ser comercializado nos mesmos tamanhos e formatos ISO (cones e bastões) que a guta-percha. O fabricante estabeleceu que ele pode ser utilizado com qualquer técnica atual de obturação dos canais radiculares (compactação lateral, termoplastificação, injeção e transportadores). Quando fabricado em cones, a flexibilidade do Resilon é similar à da guta-percha (Shenoy e Sumanthini, 2011).

Baseado em polímeros de poliéster, o Resilon contém vidro bioativo e substâncias radiopacas (oxicloro de bismuto e sulfato de bário) com o conteúdo obturador em aproximadamente 65%. Ele pode ser suavizado com o calor ou dissolvido por solventes, como clorofórmio. Por ser um sistema à base de resina, ele é compatível com as técnicas restauradoras atuais, nas quais núcleos e pinos são instalados com agentes de união resinosos (Shenoy e Sumanthini, 2011).

O sistema de obturação Epiphany é composto por três componentes: o material de núcleo (Resilon), o cimento (Epiphany) e seu agente de ligação. Mais recentemente, a novo Epiphany Self-Etch (SE), (Pentron Technologies Clinical, Wallingford, CT) tem

sido comercializado consistindo de dois itens: cimento Epiphany Self-Etch (SE) e o material de núcleo (Resilon) (Bolhari, Shokouhinejad e Masoudi, 2012).

Endodonticamente aplicado o sistema Resilon-Epiphany permite a formação do assim chamado monobloco feito de raiz-dentina, cimento, bem como resina-percha (designação aplicada ao Resilon por ter semelhanças e comportar-se como a guta-percha), que tem o potencial para fortalecer a estrutura do dente atenuado pelo Tratamento Endodôntico, ao mesmo tempo que assegura o selamento completo do canal radicular, resistente a infiltração bacteriana (Pawińska, Kierklo e Marczuk-Kolada, 2006).

Num estudo realizado por Sevimay e Kalayci (2005) em que se investigou e comparou a capacidade de selamento apical dos canais radiculares com Resilon/Epiphany e Guta-Percha/AH-Plus, verificou-se que ambos não selaram os canais radiculares completamente. O Resilon/Epiphany teve significamente menos infiltração através do método de extracção do corante do que a combinação Guta-Percha/AH-Plus (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

No seguimento deste estudo, outros autores como Bodrumlu e Tunga (2007) e Kqiku *et al.* (2011) tiraram conclusões semelhantes utilizando testes de fluidez e concluíram que o Epiphany e Resilon são superiores à Guta-Percha (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Por outro lado, outros estudos realizados por Pitout *et al.* (2006) e Biggs *et al.* (2006) utilizando testes de infiltração bacteriana e o método de penetração do corante não observaram diferença entre o Resilon e Guta-Percha (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Noutro estudo realizado por Tay *et al.* (2005) concluíram que o Resilon/Epiphany não são superiores à Guta-Percha/AH-Plus (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Já mais recentemente, Kangarlou *et al.* (2012) realizou um estudo sobre a infiltração bacteriana de canais radiculares selados com GuttaFlow, Resilon/Epiphany ou Guta-Percha/AH26, concluindo que os materiais testados não apresentavam diferença significativa entre eles (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Observando os resultados dos variadíssimos estudos apresentados anteriormente verificou-se uma discrepância entre os resultados apresentados, visto que muitos destes estudos têm diferenças na metodologia utilizada para a avaliação da microinfiltração. No entanto, dentro das limitações dos estudos apresentados o Resilon/Epiphany têm melhor capacidade de selamento apical que a Guta-Percha/AH Plus, apesar disso, a eficácia do Resilon é controversa na literatura científica, o que revela que a Guta-Percha/AH Plus continuam a ser a conjugação ideal para o selamento dos canais radiculares (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Estes cimentos à base de resina de metacrilato apresentam as seguintes vantagens: (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Quando utilizados com formas “monobloco” de Resilon melhoram ainda mais o selamento
2. O RealSeal tem maior resistência à fratura radicular em relação ao AH Plus
3. Boa radiopacidade mas inferior ao AH Plus
4. Mostraram que as raízes preenchidas com Resilon / Epiphany exibiam valores de carga de fractura significativamente mais elevados do que aqueles preenchidos com gutta-percha/AH 26 quando as amostras foram sujeitas a forças de carga verticais
5. O EndoREZ foi considerado bem tolerado pelos tecidos conjuntivos e pelo tecido ósseo
6. Os cimentos à base de resina de metacrilato usados com Resilon ou gutta-percha foram removidos de forma mais eficaz e com menos material de preenchimento remanescente de combinações de cimento / gutta-percha convencionais
7. Para cimentos à base de resina de metacrilato, os biofilmes finos apresentaram maior resistência de união

**8.** O EndoREZ mostrou aumento da penetração intratubular em comparação com o AH Plus e o Endo CPM-sealer

Apresentam, também, as seguintes desvantagens: (Tyagi *et al.*, 2013):

- 1.** O Epiphany é citotóxico mesmo depois de diluições
- 2.** Os canais radiculares com Resilon / Epiphany (RealSeal) também contêm significativamente mais vazios e lacunas do que aqueles preenchidos com gutta-percha e cimentos convencionais
- 3.** Forças push-out mais baixas do que a gutta-percha / combinações de cimentos não ligantes convencionais
- 4.** Presença de monómeros residuais nos canais radiculares
- 5.** O Epiphany recém-misturado define as condições mostrando um efeito citotóxico moderado a severo e a sua citotoxicidade realmente aumentou com o tempo o que representa riscos citotóxicos significativos
- 6.** O Epiphany é insolúvel nos solventes vulgarmente utilizados em Medicina Dentária. Assim, a remoção de cimentos de resina em áreas como istmos, canais laterais e ramificações apicais continua sendo um desafio
- 7.** Valores de solubilidade para Epiphany e AH Plus foram 3,41%, mas de acordo com a ADA, devem ser inferior a 3%
- 8.** A espessura diminuída da dentina, a falta de polimerização ou os tempos de exposição prolongados podem aumentar o risco de citotoxicidade
- 9.** O RealSeal tem o potencial para causar manchas nos dentes uma vez que é susceptível à hidrólise enzimática e alcalina

#### 4.2.4.3. Cimentos biocerâmicos

As biocerâmicas são materiais cerâmicos biocompatíveis, inertes para o corpo humano, que são usados numa variedade de procedimentos médicos. Estes materiais são óxidos cerâmicos ou metálicos com requisito de biocompatibilidade para qualquer função como tecidos humanos ou para reabsorver e estimular a regeneração dos tecidos naturais. As aplicações endodônticas incluem material cirúrgico de preenchimento do ápice radicular, material de reparação radicular, material de selamento do canal radicular e recobrimento pulpar (Hilley e McNally, 2013).

O Endosequence BC Sealer™ (Brasseler EUA, Savannah, GA) é um cimento de silicato de cálcio com pH alto (maior que 12) projetado para ser utilizado em contato com a humidade dos túbulos dentinários (Topcuoglu *et al.*, 2013).

O Endosequence® (ESRRM; Brasseler EUA, Savannah, GA) é um material recente que encontra-se comercialmente disponível quer como putty ou pasta em seringa. A investigação sugere que este material é igual à biocompatibilidade do MTA com citotoxicidade mínima. O *putty* e a pasta em seringa demonstraram eficácia antibacteriana semelhante quando comparado ao MTA branco contra dez estirpes clínicas de *E. faecalis*. Também demonstraram uma capacidade de selamento igual quando comparado ao MTA branco contra *E. faecalis*, no entanto, o pH é significativamente menor do que o MTA. Apesar de estratégias de marketing afirmarem que o Endosequence® é mais rápido e possui mais propriedades finas de manuseio quando comparado ao MTA, um estudo recente realizado por Charland *et al.* (2013) revelou que o MTA é consistentemente mais rápido do que o Endosequence® na presença de sangue (Koch, Brave e Nasseh, 2012; Topcuoglu *et al.*, 2013).

Este material demonstrou citotoxicidade significativamente menor do que o AH Plus ou um cimento de óxido de zinco, Tubli-Seal EWT™ (Sybron Endo, Orange, CA). Estes resultados *in vitro* parecem ser favoráveis para cimentos biocerâmicos. No entanto, uma potencial limitação destes materiais é que, se o retratamento é indicado, não podem ser removidos de forma fiável a partir dos canais, quer por instrumentos rotativos ou solventes convencionais (Topcuoglu *et al.*, 2013).

O BioAggregate (Inovador BioCeramix Inc, Canadá) é um outro material biocerâmico de reparação radicular mais recente que também está disponível como DiaRoot Root Canal Repair Filling Material (DiaDent, Canadá). O BioAggregate<sup>®</sup> demonstrou habilidades de selamento *in vitro* em comparação ao MTA, fortes propriedades antimicrobianas contra *E. faecalis* e propriedades antifúngicas contra *C. albicans*. Além disso demonstrou biocompatibilidade semelhante ao do MTA (Saxena, Gupta e Newaskar, 2013).

O BioDentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, França) é um produto semelhante com a adição de cloreto de cálcio, que é embalado em cápsulas pré-misturadas e projetado para ser manuseado entre 10 e 12 minutos. Este material demonstrou uma absorção de cálcio da dentina superior quando comparado ao MTA (Saxena, Gupta e Newaskar, 2013).

O ProRoot Endo Sealer<sup>™</sup> (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) é um produto à base de silicato tricálcico desenhado para ser usado como um impermeabilizante, mantendo as propriedades semelhantes ao MTA (Malhotra, Hegde e Shetty, 2014).

O iRoot SP (Verio Dental, Canadá) é um cimento à base de silicato de cálcio projectado para uso sem se misturar. A reação será ativada por humidade nos túbulos dentinários. Este produto demonstrou força similar ao cimento de resina epóxi AH Plus<sup>®</sup> (Dentsply Maillefer, Suíça) (Saxena, Gupta e Newaskar, 2013).

As biocerâmicas oferecem uma variedade de novas opções de tratamento com o potencial de melhorar o prognóstico do tratamento em muitos procedimentos endodônticos. Estes materiais parecem demonstrar biocompatibilidade e propriedades antimicrobianas semelhantes ao do MTA. As biocerâmicas têm-se mostrado promissoras e podem superar materiais tradicionalmente utilizados, devido à sua biocompatibilidade aparentemente superior e características melhoradas (Hilley e McNally, 2013).

Apresentam as seguintes vantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Biocompatível e não induz efeitos citotóxicos críticos
2. Formação de uma rede de nano-compósito de hidrato de silicato de cálcio de tipo gel intimamente misturado com hidroxiapatite e biocerâmica, e forma um selamento hermético quando aplicado dentro do canal radicular
3. iRoot BP não é mutagénico e não causa um potencial alergénico após múltiplos usos e tem uma boa tolerância do tecido subcutâneo
4. Alta alcalinidade aumenta o seu processo de mineralização e também as suas propriedades bactericidas (pH 12,8)
5. Possuem um baixo ângulo de contato, portanto, este recurso permite que eles se espalhem facilmente sobre as paredes da dentina do canal radicular e entrem e preencham os microcanais laterais
6. Formam ligações químicas com as paredes da dentina do canal radicular, razão pela qual nenhum espaço é deixado entre o cimento e as paredes da dentina
7. Eles também são osteocondutores
8. Possuem muito boa radiopacidade (3,8 mm)
9. O tempo de presa é de 3 a 4 horas
10. A biocerâmica não resultará numa resposta inflamatória significativa se ocorrer uma sobreobturação (e isto é muito importante na Endodontia)
11. Fluidez notável dos cimentos biocerâmicos que é o resultado do seu tamanho de partículas e hidrofiliabilidade (27 mm)

12. Os cimentos biocerâmicos têm mais resistência à fratura que os cimentos convencionais

13. Quando os cimentos biocerâmicos, BioAggregate ou iRoot SP são extruídos, a dor é relativamente pequena ou totalmente ausente

Apresentam as seguintes desvantagens (Tyagi *et al.*, 2013):

1. Mudanças no conteúdo da água ambiental afeta negativamente o tempo de configuração e microdureza do Endosequence BC Sealer

2. Técnicas de retratamento convencionais não são capazes de remover totalmente os cimentos biocerâmicos

## 5. Discussão dos resultados

No contexto actual, os cimentos à base de resina epóxi demonstraram ser os mais utilizados na prática endodôntica pela sua óptima adesão à dentina em relação aos cimentos de óxido de zinco eugenol, cimentos à base de hidróxido de cálcio, MTA e outros cimentos à base de resina (Amin *et al.*, 2012).

Os cimentos de óxido de zinco eugenol revelaram maior efeito antibacteriano, apesar de possuírem alguma toxicidade quando em contacto directo com tecidos vitais, em relação aos cimentos à base de resina epóxi ou cimentos de hidróxido de cálcio. Por outro lado, os cimentos de óxido de zinco eugenol apresentam um longo tempo de presa o que leva a concluir que estes últimos não são cimentos ideais para serem utilizados na obturação dos canais radiculares por possuírem uma fraca adaptação às paredes dos canais radiculares e um pior selamento apical quando comparado com cimentos à base resina e cimentos de hidróxido de cálcio (Camps *et al.*, 2004; Leonardo, 2008; Gjorgievska *et al.*, 2013; Heyder *et al.*, 2013; Tyagi *et al.*, 2013).

Por sua vez, os cimentos de óxido de zinco podem afetar adversamente a reação de polimerização de materiais utilizados na restauração definitiva de um dente tratado endodonticamente (Farid *et al.*, 2013).

Em relação à infiltração apical os cimentos de óxido de zinco eugenol possuem maior infiltração apical em comparação aos cimentos à base de resina epóxi (Costa *et al.*, 2009).

Quanto a reações teciduais, os cimentos de óxido de zinco eugenol e os cimentos à base de resina epóxi possuem uma inflamação mais intensa e duradoura, ainda que tenha sido demonstrado que os cimentos à base de resina epóxi têm tendência a diminuir ao longo do tempo. Relatou-se ainda existir uma aparente tendência dos cimentos à base de resina de metacrilato e dos cimentos de óxido de zinco eugenol terem maior potencial de irritação dos tecidos (Scarparo *et al.*, 2009).

Relativamente aos cimentos de hidróxido de cálcio as duas razões mais importantes para a sua utilização são a estimulação dos tecidos periapicais e os seus efeitos antimicrobianos. Porém, é um cimento endodôntico que necessita de solubilidade para a libertação do hidróxido de cálcio e para ter uma actividade prolongada, o que é inconsistente com a proposta de um cimento, pois não preenchem todos os critérios de um cimento ideal colocando a sua biocompatibilidade em causa (Desai e Chandler, 2009; Hargreaves e Cohen, 2011; Mohammadi e Dummer, 2011).

No que concerne aos cimentos de MTA, estes apresentam melhores resistências de ligação à dentina em comparação aos cimentos de óxido de zinco eugenol e possuem uma capacidade de selamento semelhante aos cimentos à base de resina epóxi (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012; Neelakantan, Grotra e Sharma, 2013; Silva *et al.*, 2013).

Os cimentos de MTA em relação aos cimentos à base de resina epóxi foi demonstrado as seguintes conclusões: os cimentos de MTA possuem uma citotoxicidade mais elevada quando as células são expostas a fresco no cimento enquanto os cimentos à base de resina epóxi exibem citotoxicidade moderada, a radiopacidade de ambos os cimentos está de acordo com a norma ISO recomendada, o pH dos cimentos de MTA é

significativamente maior até ao período de 7 dias e a fluidez de ambos os cimentos apresenta valores aceitáveis de acordo com as recomendações ISO (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012; Neelakantan, Grotra e Sharma, 2013; Silva *et al.*, 2013).

Em relação ao Resilon é um material sólido de selamento apical controverso, visto não haver um consenso quanto à sua superioridade no selamento apical dos canais radiculares quando se compara a combinação Resilon e um cimento à base de resina de metacrilato com a combinação Guta-Percha e um cimento à base de resina epóxi, ficando a ideia que a combinação ideal actualmente é e continua a ser a Guta-Percha com um cimento à base de resina epóxi (Fathia, Abu-bakr e Yahia, 2012).

Por último, os cimentos biocerâmicos revelaram provas de biocompatibilidade e propriedades antimicrobianas semelhantes aos cimentos de MTA, e demonstraram ser promissores e poderem superar materiais tradicionalmente utilizados, devido à sua biocompatibilidade aparentemente superior e características melhoradas, porém, é necessário realizar mais estudos para comprovar que estes cimentos estão ainda mais próximos do cimento ideal em relação aos cimentos à base de resina epóxi e de MTA (Hilley e McNally, 2013).

### **III. Conclusão**

A Endodontia desde o século XVII que tem procurado prevenir e controlar a infecção dos canais radiculares através de uma limpeza e conformação adequadas e seu posterior preenchimento e selamento hermético tentando conjugar materiais sólidos com materiais plásticos, a fim de obter sucesso no tratamento endodôntico.

Neste sentido, surgem materiais sólidos (guta-percha e resilon) e materiais plásticos (cimentos de óxido de zinco eugenol, cimentos à base de resina epóxi e à base de resina de metacrilato, cimentos de hidróxido de cálcio, cimentos à base de MTA, cimentos biocerâmicos, entre outros).

Um cimento ideal deve aderir firmemente tanto à dentina como à gutta-percha.

Os cimentos de óxido de zinco eugenol possuem maior efeito antibacteriano em relação aos cimentos à base de resina epóxi. Em contrapartida, apresentam um longo tempo de presa, o que lhes confere uma fraca adaptação às paredes dos canais radiculares e um pior selamento apical quando comparado com cimentos à base resina e cimentos de hidróxido de cálcio.

Por sua vez, os cimentos de óxido de zinco eugenol possuem maior potencial de irritação dos tecidos conjuntamente com cimentos à base de resina de metacrilato.

Os cimentos de hidróxido de cálcio são aplicados na Endodontia pela estimulação da mineralização e pelos efeitos antimicrobianos, mas por outro lado necessitam de solubilidade para a libertação do hidróxido de cálcio e para ter uma actividade prolongada.

Os cimentos de MTA apresentam melhores resistências de ligação à dentina em comparação aos cimentos de óxido de zinco eugenol e possuem uma capacidade de selamento semelhante aos cimentos à base de resina epóxi.

Os cimentos biocerâmicos possuem biocompatibilidade e propriedades antimicrobianas semelhantes aos cimentos de MTA, e demonstraram ser promissores e poderem superar materiais tradicionalmente utilizados, mas em contrapartida, necessário realizar mais estudos para comprovar que estes cimentos estão ainda mais próximos do cimento ideal em relação aos cimentos à base de resina epóxi.

Actualmente, os cimentos à base de resina epóxi são os cimentos endodônticos mais utilizados em Endodontia pois estes cimentos apresentaram melhor adesão dentinária em comparação aos cimentos de óxido de zinco eugenol, cimentos à base de hidróxido de cálcio, cimentos de MTA e até mesmo que outros cimentos à base de resina de metacrilato.

Ao tentar avaliar e comparar as propriedades físicas e químicas de alguns cimentos endodônticos e comparar a sua eficácia no selamento hermético dos canais radiculares, chegou-se à conclusão que por mais avanços na área da Endodontia, ainda não existe um cimento endodôntico que reúna todas as características dum cimento ideal.

#### IV. Bibliografia

Akman, M. *et alii* (2010). Evaluation of Gap sor Voids Occuring in Roots Filled with Three Different Sealers. *European Journal of Dentistry*, 4 (2), pp. 101-109.

Amin, S. *et alii* (2012). The Effect of Prior Calcium Hydroxide Intracanal Placement on the Bond Strenght of Two Calcium Silicate-based and an Epoxy Resin-based Endodontic Sealer. *Journal of Endodontics*, 38 (5), pp. 696-699.

Ardizzoni, A. *et alii* (2013). Differential efficacy of endodontic obturation procedures: an ex vivo study. *Odontology*, 10 (5), pp. 1-9.

Asgary, S. *et alii* (2008). The Properties of a New Endodontic Material. *Journal of Endodontics*, 34 (8), pp. 990-993.

Assmann, E. *et alii* (2012). Dentin Bond Strength of Two Mineral Trioxide Aggregate-based and One Epoxy Resin-based Sealers. *Journal of Endodontics*, 38 (2), pp. 219-221.

Bae, W. *et alii* (2010). Human Periodontal Ligament Cell Response to a Newly Developed Calcium Phosphate-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 36 (10), pp. 1658-1663.

Baer, J. e Maki, J. (2010). *In Vitro* Evaluation of the Antimicrobial Effect of Three Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 36 (7), pp. 1170-1173.

Barros, J. *et alii* (2014). Antibiofilm Effects of Endodontic Sealers Containing Quaternary Ammonium Polyethylenimine Nanoparticles. *Journal of Endodontics*, 30 (4), pp. 1-5.

Bernardes, R. *et alii* (2010). Evaluations of the Flow Rate of 3 Endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 109 (1), pp. 47-49.

Bolhari, B., Shokouhinejad, N. e Masoudi, A. (2012). The Effect of Calcium Hydroxide on the Bond Strength of Resilon/Epiphany Self-Etch and Assessment of Calcium Hydroxide Removal Techniques: An Ex-Vivo Study. *Journal of Dentistry*, 9 (2), pp. 150-155.

Bowman, C. e Baumgartner, J. (2002). Gutta-Percha Obturation of Lateral Grooves and Depressions. *Journal of Endodontics*, 28 (3), pp. 220-223.

Branstetter, J e Fraunhofer, A. (1982). The Physical Properties and Sealing Action of Endodontic Sealer Cements: A Review of Literature. *Journal of Endodontics*, 8 (7), pp. 312-316.

Camargo, C. *et alii* (2013). Setting Time Affects *In Vitro* Biological Properties of Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 40 (4), pp. 530-533.

Camilleri, J. *et alii* (2009). Evaluation of Selected Properties of Mineral Trioxide Aggregate Sealer Cement. *Journal of Endodontics*, 35 (10), pp. 1412-1417.

Camps, J. *et alii* (2004). Influence of the Powder/Liquid Ratio on the Properties of Zinc Oxide-Eugenol-Based Root Canal Sealers. *Dental Materials*, 20 (10), pp. 915-923.

Carrote, P. (2004). Endodontics: Part 1, The Modern Concept of Root Canal Treatment. *British Dental Journal*, 197 (4), pp. 181-183.

Chandra, S. *et alii* (2012). Depth of Penetration of Four Resin Sealers into Radicular Dentinal Tubules: A Confocal Microscopic Study. *Journal of Endodontics*, 38 (10), pp. 1412-1416.

Chandrasekhar, V. *et alii* (2011). Expansion of Gutta-percha in Contact with Various Concentrations of Zinc Oxide-Eugenol Sealer: A Three-dimensional Volumetric Study. *Journal of Endodontics*, 37 (5), pp. 697-700.

Chhabra, A. *et alii* (2011). Fate of Extruded Sealer: A Matter of Concern. *Journal of Oral Health & Community Dentistry*, 5 (3), pp. 168-172.

Costa, M. *et alii* (2009). Estudo Comparativo da Infiltração Apical entre Dois Cimentos Endodônticos. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 50 (4), pp. 205-211.

Desai, S. e Chandler, N. (2009). Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review. *Journal of Endodontics*, 35 (4), pp. 475-480.

Farid, F. *et alii* (2013). Effect of Eugenol-Containing and Resin Endodontic Sealers on Retention of Prefabricated Metal Posts Cemented with Zinc Phosphate and Resin Cements. *Journal of Prosthodontic Research*, 57 (4), pp. 284-287.

Fathia, E., Abu-bakr, N. e Yahia, I. (2012). A Comparative Study of the Microleakage of Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH-Plus Obturating Systems. *Iranian Endodontic Journal*, 7 (3), pp. 139-143.

Gencoglu, N. *et alii* (2010). Comparison of Biocompatibility and Cytotoxicity of Two New Root Canal Sealers. *Acta Histochemica*, 112 (6), pp. 567-575.

Geurtsen, W. e Leyhausen, G. (1997). Biological Aspects of Root Canal Filling Materials – Histocompatibility, Cytotoxicity, and Mutagenicity. *Clinical Oral Investigations*, 1 (1), pp. 5-11.

Gjorgievska, E. *et alii* (2013). Incorporation of antimicrobial agentes can be used to enhance the antibacterial effect of endodontic sealers. *Dental Materials*, 29 (3), pp. 29-34.

González-Martín, M. *et alii* (2010). Inferior Alveolar Nerve Paresthesia after Overfilling of Endodontic Sealer into the Mandibular Canal. *Journal of Endodontics*, 36 (8), pp. 1419-1421.

Gorduysus, M. e Avcu, N. (2009). Evaluation of the Radiopacity of Different Root Canal Sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 108 (3), pp. 135-140.

Guimarães, B. *et alii* (2014). Influence of Ultrasonic Activation of 4 Root Canal Sealers on the Filling Quality. *Journal of Endodontics*, 40 (7), pp. 964-968.

Gutmann, J. (2014). Surgical Endodontics: Past, Present, and Future. *Endodontic Topics*, 30, pp. 29-43.

Kala, M. *et alii* (2014). A Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Obturated with AH Plus with GuttaPercha, Guttaflow with GuttaPercha and Resilon Epiphany – an Invitro Study. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 13 (3), pp. 54-58.

Hargreaves, K. e Cohen, S. (2011). Caminhos da Polpa. In: Johnson, W. e Kulild, J. (Ed.). *Obturação do Sistema de Canais Radiculares Limpos e Modelados*. Décima Edição. Rio de Janeiro, RJ, Elsevier, p. 334.

Hashieh, I. *et alii* (1999). Concentration of Eugenol Apically Released from Zinc Oxide-Eugenol-Based Sealers. *Journal of Endodontics*, 25 (11), pp. 713-715.

Henston, J. *et alii* (2012). Root Canal Sealers & its Role in Successful Endodontics – A Review. *Annals of Dental Research*, 2 (2), pp. 68-78.

Heyder, M. *et alii* (2013). Antibacterial Effect of Different Root Canal Sealers on Three Bacterial Species. *Dental Materials*, 29 (5), pp. 542-549.

Hilley, L. e McNally, C. (2013). Bioceramics in Endodontics. *Clinical Update*, 35 (4).

Koch, K., Brave, D. e Nasseh, A. (2012). A review of bioceramic technology in endodontics. *Roots*, 4, pp. 6-12.

Lee, K. *et alii* (2002). Adhesion of Endodontic Sealers to Dentin and Gutta-Percha. *Journal of Endodontics*, 28 (10), pp. 684-688.

Leonardo, M. (2008). O tratamento de canais radiculares – princípios técnicos e biológicos. In: Leonardo, M. (Ed.). *Materiais obturadores de canais radiculares*. São Paulo, SP, Artes Médicas, p. 1054.

Lopes, H. e Siqueira Jr., J. (2004). Biologia e Técnica. In: Siqueira Jr., J. *et al.* (Ed.). *Obturação do Sistema de Canais Radiculares*. Segunda Edição. Rio de Janeiro, RJ, Guanabara Koogan, p. 628.

Lynch, C. *et alii* (2006). Pierre Fauchard: the “Father of Modern Dentistry”. *British Dental Journal*, 201 (12), pp. 779-781.

Machado, R. *et alii* (2014). Lack of Correlation Between Tubular Dentine Cement Penetration, Adhesiveness and Leakage in Root Filled With Gutta Percha and an Endodontic Cement Based on Epoxy Amin Resin. *Journal of Applied Oral Science*, 22 (1), pp. 22-28.

Malhotra, S., Hegde, M. e Shetty, C. (2014). Bioceramic Technology in Endodontics. *British Journal of Medicine & Medical Research*, 4 (12), pp. 2446-2454.

Marín-Bauza, G. *et alii* (2012). Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. *Journal of Applied Oral Science*, 20 (4), pp. 455-461.

Massi, S. *et alii* (2011). pH, Calcium Ion Release, and Setting Time of an Experimental Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, 37 (6), pp. 844-846.

Meincke, D. *et alii* (2013). Effect of Endodontic Sealers on Tooth Color. *Journal of Dentistry*, 4 (suppl 3), pp. 93-96.

Moazami, F. *et alii* (2011). Success Rate of Nonsurgical Endodontic Treatment of Nonvital Teeth with Variable Periredicular Lesions. *Iranian Endodontic Journal*, 6 (3), pp. 119-124.

Mohammadi, Z. e Dummer, P. (2011). Properties and Applications of Calcium Hydroxide in Endodontics and Dental Traumatology. *International Endodontic Journal*, 44 (8), pp. 697-730.

Murray, P.E. e García-Godoy, F. (2006). The incidence of pulp healing defects with direct capping materials. *The Journal of the American Dental Association*, 19 (3), pp. 171-177.

Mustafa, M. *et alii* (2012). Role of Calcium Hydroxide in Endodontics: A Review. *Global Journal of Medicine and Public Health*, 1 (1), pp. 66-70.

Nagas, E. *et alii* (2012). Dentin Moisture Conditions Affect the Adhesion of Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 38 (2), pp. 240-244.

Neelakantan, P., Grotra, D. e Sharma, S. (2013). Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers: A Cone-beam Computed Tomography Analysis. *Journal of Endodontics*, 39 (7), pp. 893-896.

Ørstavik, D. (2005). Materials Used for Root Canal Obturation: Technical, Biological and Clinical Testing. *Endodontic Topics*, 12, pp. 25-38.

Panzarini, S. *et alii* (2012). Intracanal Dressing and Root Canal Filling Materials in Thoot Replantation: A Literature Review. *Dental Traumatology*, 28 (1), pp. 42-48.

Patel, R. e Cohenca, N. (2006). Maturogenesis of a cariously exposed immature permanent tooth using MTA for direct pulp capping: a case report. *Dental Traumatology*, 22, pp. 328-333.

Pawińska, M., Kierklo, A. e Marczuk-Kolada, G. (2006). New technology in endodontics – the Resilon-Epiphany system for obturation of root canals. *Advances in Medical Sciences*, 51 (suppl 1), pp. 154-157.

Roberts, H. *et alii* (2008). Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dental Materials*, 24 (2), pp. 149-164.

Rodríguez-Ponce, A. (2003). Endodoncia – Consideraciones Actuales. *In: Gómez, A. (Ed.). Obturación de los Conductos Radiculares*. Primeira Edição. Caracas, Amolca, p. 194.

Ruiz-Linares, M. *et alii* (2013). Physical Properties of AH Plus with Clhorhexidine and Cetrimide. *Journal of Endodontics*, 39 (12), pp. 1611-1614.

Sagsen, B. *et alii* (2012). Resistance to Fracture of Roots Filled with Different Sealers. *Dental Materials Journal*, 31 (4), pp. 528-532.

Sahli, C. e Agudé, E. (2006). Endodoncia – Técnicas Clínicas y Bases Científicas. *In: Sahli, C. (Ed.). Obturación de los conductos radiculares*. Segunda Edição. Madrid, Masson, pp. 209-210.

Salles, L. *et alii* (2012). Mineral Trioxide Aggregate-based Endodontic Sealer Stimulates Hydroxyapatite Nucleation in Human Osteoblast-like Cell Culture. *Journal of Endodontics*, 38 (7), pp. 971-976.

Sathorn, C. *et alii* (2007). Antibacterial Efficacy of Calcium Hydroxide Intracanal dressing: A Systematic Review and Meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 40 (1), pp. 2–10.

Saxena, P., Gupta, S. e Newaskar, V. (2013). Biocompatibility of root-end filling materials: recente update. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38 (3), pp. 119-127.

Scarparo, R. *et alii* (2009). Analysis of Tissue to Methacrylate Resin-based, Epoxy Resin-based, and Zinc Oxide-Eugenol Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 35 (2), pp. 229-232.

Scarpato, R. *et alii* (2010). Mineral Trioxide Aggregate-based Sealer: Analysis of Tissue Reactions to a New Endodontic Material. *Journal of Endodontics*, 36 (7), pp. 1174-1178.

Shenoy, V. e Sumanthini, M. (2011). Resilon-Epiphany Obturation System. *Journal of Contemporary Dentistry*, 1 (1), pp. 30-32.

Silva, E. *et alii* (2013). Evaluation of Cytotoxicity and Physicochemical Properties of Calcium Silicate-based Endodontic Sealer MTA Fillapex. *Journal of Endodontics*, 39 (2), pp. 274-277.

Slutzky-Goldberg, I. *et alii* (2008). Antibacterial Properties of Four Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 34 (6), pp. 735-738.

Sousa, C. *et alii* (2006). Comparison of the Intraosseous Biocompatibility of AH Plus, EndoREZ, and Epiphany Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 32 (7), pp. 656-662.

Topçuoğlu, H. *et alii* (2013). *In Vitro* Fracture Resistance of Roots Obturated With Epoxy Resin-based, Mineral Trioxide Aggregated-based, and Bioceramic Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 39 (12), pp. 1630-1633.

Torabinejad, M. *et alii* (2009). Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 35 (7), pp. 930-937.

Tyagi, P. *et alii* (2013). Evolution of Root Canal Sealers: An Insight Story. *European Journal of General Dentistry*, 2 (3), pp. 199-218.

Vitti, R. *et alii* (2013). Chemical–physical properties of experimental rootcanal sealers based on butyl ethylene glycoldisalicylate and MTA. *Dental Materials*, 29 (12), pp. 1287-1294.

Withrespoon, D. *et alii* (2006). Mineral trioxide aggregate pulpotomies. *The Journal of the American Dental Association*, 137, pp. 610-618.

Wong, A. *et alii* (2014). A Systematic Review of Nonsurgical Single-visit Versus Multiple-visit Endodontic Treatment. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 6, pp. 45-56.

Zhou, H. *et alii* (2013). Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 39 (10), pp. 1281-1286.