



Maria Carolina Silva Oliveira Pegorer

**O uso de biocerâmicos como materiais retrobturadores em  
cirurgias perirradiculares: Uma revisão de literatura**

Bauru  
2021

FACSETE - Faculdade Sete Lagoas

**O uso de biocerâmicos como materiais retrobturadores em  
cirurgias perirradiculares: Uma revisão de literatura**

Monografia apresentada ao curso de  
Especialização Lato Sensu da Faculdade Sete  
Lagoas, como requisito parcial para conclusão  
do Curso de especialização de Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ferreira daSilva.

**Bauru  
2021**



## RESUMO

A Cirurgia perirradicular envolve a colocação de uma retrobturação após a apicectomia, para fornecer um selamento apical no sistema do canal radicular. Historicamente diversos materiais têm sido usados com a finalidade de alcançar este selamento. Recentemente uma classe de materiais conhecida como Biocerâmicos tem sido adotada. O objetivo deste artigo é disponibilizar uma revisão dos resultados das cirurgias perirradiculares onde foram usadas para as retrobturações materiais Biocerâmicos. Uma busca eletrônica literária foi realizada na base de dados da “Web of Science”, Pub Med, e Google Acadêmico, entre 2006 e 2020, para coletar estudos clínicos onde materiais biocerâmicos foram utilizados como materiais retrógrados e comparar esses materiais com materiais tradicionais. Nesta busca, uma revisão sistemática e 14 estudos clínicos foram identificados. Desses, 8 tiveram taxas de sucesso na obturação retrógrada com biocerâmicos, e 6 foram equivalentes aos tratamentos de agregado de trióxido mineral (MTA). Os materiais retrobturadores biocerâmicos mostraram ter taxa de sucesso de 86,4 — 95,6% (ao longo de 1-5 anos). Os cimentos biocerâmicos tem uma taxa de sucesso significativamente maior que amálgama, porém eles são estaticamente similares ao material intermediário de restauração (IRM) e ao ácido supertoxicbenzoico quando utilizado como material de preenchimento retrógrado em cirurgias periapicais. Contudo, a alta taxa de sucesso não foi isoladamente atribuída ao tipo do material retrobturador. As técnicas cirúrgicas/micro cirúrgico e os fatores de prognósticos dentais devem também afetar significativamente o resultado do tratamento devendo ser, criteriosamente, realizadas pelo cirurgião-dentista.

**Palavras-chave:** Cimento de silicato de cálcio; Obturador; Agregado de Trióxido Mineral; Endodontia micro cirúrgica; Cirurgia perirradicular.

## ABSTRACT

**Abstract Introduction:** Periradicular surgery involves the placement of a root- end filling following root-end resection, to provide an apical seal to the root canal system. Historically several materials have been used in order to achieve this seal. Recently a class of materials known as Bioceramics have been adopted. The aim of this article is to provide a review of the outcomes of periradicular surgery when Bioceramic root-end filling materials are used on human permanent teeth in comparison to “traditional” materials.

**Methods & results:** An electronic literature search was performed in the databases of Web of Science, PubMed and Google Scholar, between 2006 and 2017, to collect clinical studies where Bioceramic materials were utilised as retrograde filling materials, and to compare such materials with traditional materials. In this search, 1 systematic review and 14 clinical studies were identified. Of these, 8 reported the success rates of retrograde Bioceramics, and 6 compared treatment outcomes of mineral trioxide aggregate (MTA) and traditional cements when used as root-end filling materials.

**Conclusion:** Bioceramic root-end filling materials are shown to have success rates of 86.4–95.6% (over 1–5 years). Bioceramics has significantly higher success rates than amalgam, but they were statistically similar to intermediate restorative material (IRM) and Super ethoxybenzoic acid (Super EBA) when used as retrograde filling materials in apical surgery. However, it seems that the high success rates were not solely attributable to the type of the root-end filling materials. The surgical/microsurgical techniques and tooth prognostic factors may significantly affect treatment outcome.

**Keywords:** Calcium silicate cement; Shutter; Mineral Trioxide Aggregate; Micro surgical endodontics; Periradicular surgery.

## SUMÁRIO

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | 1                             |
| <b>1.1 Perspectiva Histórica</b> .....  | 1                             |
| <b>1.2 Materiais Biocerâmicos; classificação, materiais físicos e biológicos</b> .... | 4                             |
| <b>1.3 Busca Literária</b> .....  | 9                             |
| 1.3.1 Base de dados.....  | 9                             |
| 1.3.2 Inclusão e exclusão.....  | 9                             |
| <b>1.4 Revisão geral de literatura</b> .....  | 9                             |
| 1.4.1 Critério para o sucesso e fracasso.....   | 9                             |
| 1.4.2 Micro cirurgias endodôntica.....  | 10                            |
| 1.4.3 Revisão geral da literatura.....  | 10                            |
| <b>1.5 Conclusão</b> .....  | 18                            |
| <b>DIAGRAMA DE PRISMA</b> .....   | 19                            |
| <b>CONFLITO DE INTERESSE</b> .....  | Erro! Indicador não definido. |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 20                            |

## 1. INTRODUÇÃO

A desinfecção químico-mecânica dos canais radiculares é o principal objetivo do tratamento endodôntico, assim eliminando os tecidos necróticos e diminuindo o crescimento bacteriano (Rhodes, 2006). Embora os tratamentos convencionais tenham sempre que ser considerados primeiro, uma abordagem cirúrgica em ocasiões específicas podem ser indispensáveis (Carrotte, 2011). A cirurgia endodôntica geralmente envolve a resseção da raiz apical, seguida pela preparação e preenchimento do canal radicular. O objetivo dos preenchedores retrógrados é proporcionar uma selagem apical para o canal, prevenindo a entrada de microrganismos e suas toxinas do canal para dentro dos tecidos perirradiculares (Gatewood, 2007). Simplesmente, cortar o ápice da raiz e preencher os canais radiculares não atinge o objetivo do tratamento. O verdadeiro objetivo da cirurgia endodôntica é proporcionar uma selagem impermeável no canal radicular, eliminando contaminação bacteriana dos tecidos perirradiculares e estimulando sua regeneração (Torabinejad & Walton, 2009).

### 1.1 Perspectiva Histórica

O avanço da cirurgia endodôntica como uma modalidade de tratamento e o aprimoramento de seus princípios tem uma longa e interessante história. Nos últimos 150 anos surgiram como um método significativo de retenção dos dentes. Com o tempo, diretrizes clínicas e biológicas surgiram (Gutmann, 2014). Na primeira metade do século 20, os princípios e características cirúrgicas da cirurgia endodôntica expandiram otimamente tanto na Europa quanto na América. Desde então, procedimentos cirúrgicos endodônticos tem continuamente se desenvolvidos. Não obstante, o mais relevante do que se vê relacionado com a cirurgia endodôntica tem sido publicado em livros e publicações nos últimos 45 anos. Essas publicações como descritas por Gutmann (2014), tem dado insights sobre a melhoria de materiais, técnicas, tratamentos de tecidos moles e duros e resultados de tratamentos.

Assim que os materiais obturadores retrógrados entram em contato íntimo com os tecidos perirradiculares, o conhecimento dos efeitos desses materiais nos tecidos circundantes é crucial. Teoricamente, materiais obturadores devem possuir três características principais: (1) os materiais devem assegurar a biocompatibilidade com os tecidos hospedeiros. Também, os materiais não devem ser tóxicos, não

irritantes, não corrosivos, não causar descoloração dos tecidos e podem estimular a regeneração do periodonto, mas ao mesmo tempo, devem ter características antimicrobianas. (2) materiais que tem habilidade de proporcionar uma selagem impermeável para o sistema do canal radicular, e deve selar todas as entradas e comunicações entre a polpa e o tecido perirradicular (Priyanka & Veronica, 2013). Conseqüentemente, este tipo de material deve ser dimensionalmente estável e não devem ser solúveis pelos fluidos teciduais após sua colocação, ou afetado pela umidade durante o procedimento. Esses materiais devem ter boas características de manuseio e curto tempo de presa para reduzir o risco de lavagem antes de endurecer. Além disso, a radiopacidade é um importante critério para a avaliação dos resultados do tratamento.

Quase todo o material restaurativo disponível foi defendido como um material obturador alguma vez na historia odontológica (Saxena et al., 2013). Isto inclui folha de ouro, guta percha (GP), amálgama, resina composta, ionômero de vidro, ácido supertoxicbenzoico (Super EBA) e material restaurador intermediário (IRM).

Em 1846 Jackson foi o primeiro a introduzir ouro esponjoso (cristal ou cristalino) como material preenchedor, porque era mais fácil para condensar do que folha de ouro. Em meadas da década 1850, Robert Arthur introduziu a folha adesiva de ouro soldando as peças da esponja de ouro (Glenner & Willey, 1988). Em 1913, a folha de ouro foi introduzida como um material obturador por Schuster (Vasudev et al., 2003). Contudo, não era pratico usar folhas de ouro rotineiramente como material obturador devido ao seu custo, e as dificuldades envolvidas na sua colocação e finalização.

Próximo a esse período, da introdução do ouro como material restaurativo, em 1819 o químico inglês Bell inventou a base de mercúrio o amálgama (A Brief History of Amalgams). Em 1884, Farrar foi o primeiro a colocar o amálgama como um preenchedor retrogrado seguido por Rhien em 1897 (Vasudev et al., 2003). No passado, o amálgama era um material obturador de escolha (Friedman, 1991), e inúmeros estudos relataram altas taxas de sucesso do amálgama como material de preenchimento retrogrado (Marti-Bowen et al., 2004; Crosher et al., 1989). Entretanto, as potenciais desvantagens incluem: sensibilidade



a umidade e vazamento, corrosão, manchamento dos tecidos moles e duros, tendência de dispersão, a necessidade de um rebaixamento do preparo cavitário retrogrado e contaminação por mercúrio e estanho (Gartner & Dorn, 1992). Então, isso tem se tornado óbvio que há inúmeros problemas biológicos com o amalgama (Chong et al., 1997 a&b). Portanto, o amalgama não é mais o material de escolha como preenchedor retrogrado, e seu uso como obturador radicular pode ficar confinado a história (Chong & Pitt Ford, 2005).

Em 1867, Bowman foi o primeiro a introduzir a guta percha (GP) para obturação dos canais radiculares. GP é um extrato da árvore de *Isonandra Gutta*; um habitante natural do arquipélago da Malásia (Felter & Lloyd, 2001). Em 1953, Fisher encontrou que o polímero poderia existir em três diferentes estruturas cristalinas e que poderiam ser conversíveis entre si. Essas formas foram designadas de 'alpha', 'beta' e 'gamma'. Contudo, a maioria das guta perchas existentes na forma comercial 'β' (Fisher, 1953). O uso das GP como obturador radicular tem recebido pouca atenção na literatura. Isto provavelmente é devido a sua natureza porosa, resultando em micro infiltração. No entanto, Amagasa et al. (1989) relataram uma alta taxa de sucesso quando a guta percha foi utilizada como um obturador.

O líquido de eugenol combinado com o pó de óxido de zinco, produz o cimento de óxido de zinco eugenol (ZOE), que é um cimento relativamente fraco, tem uma alta solubilidade e fracas propriedades mecânicas. Portanto, o material de ZOE tem sido modificado para ácido supertoxicbenzoico (Super EBA) e material restaurador intermediário (IRM) para melhorar as características mecânicas. Posteriormente, Hendra (1970) defendeu Super-EBA como um material obturador devido a sua ótima habilidade de selar. Similarmente, Bondra et al. (1989) sugeriram que o IRM deveria ser considerado no uso clínico como um preenchedor retrogrado quando o IRM mostrasse significativamente menos vazamento do que o amalgama. Clinicamente, Dorn & Gartner (1990) mostraram que o amalgama demonstrou estatisticamente significativa redução na taxa de sucesso quando comparado com o Super-EBA e IRM. Ainda que, esses cimentos tenham também desvantagens potenciais como: sensibilidade à umidade e solubilidade e irritação dos tecidos e características de dificuldade no manuseio (Gartner & Dorn, 1992).

Um compósito foi desenvolvido por Bowen (1962), pela combinação de dimetacrilatos com pó de quartzo silanizado. A natureza hidrofóbica da resina composta impede a adesão a um substrato úmido como a dentina. Um agente de ligação de dentina é requerido e uma área seca é necessária. Embora a tecnologia do agente de união de dentina tenha melhorado imensuravelmente nas últimas décadas (Strassler & Mann, 2011), a necessidade para um controle de umidade, que permita selar permanece. Como a obturação a presença de umidade durante a colocação é quase inevitável. Isto tem limitado o uso da resina composta como um obturador em cirurgias periapicais.

Em 1968, o cimento de poliacrilato foi descrito por Smith (Smith, 1968). Esse cimento foi desenvolvido como uma melhoria em relação ao cimento de fosfato de zinco existente; onde o ácido fosfórico foi substituído pelo ácido poliacrílico. Uma das principais vantagens desse material era a habilidade de aderir quimicamente às substâncias do dente, através da reação do ácido poliacrílico com íons de cálcio nas estruturas dentárias (Negm et al., 1982). O uso do cimento de poliacrilato como um obturador tem recebido pouca atenção. Um estudo sobre vazamento mostrou que ele é significativamente inferior quando comparado com o amalgama (Barry et al., 1976). Por sua vez, a substituição do óxido de zinco com o silicato de alumínio encontrado no cimento de silicato resultou no cimento de ionômero de vidro. Este material foi o primeiro relato por Wilson e Kent em 1971 (Wilson and Kent, 1971). As principais vantagens percebidas do cimento de ionômero de vidro como um material de preenchimento são; quimicamente adesivo para as substâncias do dente sem a necessidade de um agente de adesão intermediário, não contrai e não expande durante a aplicação e libera flúor. A liberação do flúor pode ou não ser importante na prevenção de cáries ao redor da restauração. Como um obturador a característica é provavelmente irrelevante em qualquer caso. A principal desvantagem CIV como um material obturador é a solubilidade (Van Noort, 2013). A solubilidade tem limitado o uso do CIV como um obturador radicular.

## **1.2 Materiais Biocerâmicos; classificação, propriedades físicas e biológicas.**

A introdução dos materiais biocerâmicos, como um novo grupo de materiais dentários, no começo da década de 1990, pode ser considerada como um dos mais importantes avanços na reparação dentária. Koch e Brave (2012) define os

biocerâmicos como “produtos cerâmicos ou componentes empregados em aplicações médicas e dentais principalmente como implantes e substitutos com propriedades osteo indutivas”. A proporção da versão comercial desse tipo genérico de material é baseada na química do cimento Portland. O agregado trióxido mineral (MTA) foi o primeiro elemento da família do silicato de cálcio a ser introduzido (Dutta and Saunders, 2014). A patente inicial para o MTA foi registada em 1993 e 1995 por Torabinejad e White e eram baseadas no cimento de Portland. O pó do MTA consiste em partículas finas hidrofílicas que solidificam na presença de água. A patente original lista os constituintes como silicato tricálcico, silicato de cálcico, aluminato tricálcico e aluminoferrita tetracálcica com o pó de óxido de bismuto adicionado como agente radiopacificante (Torabinejad and White 1993, 1995). Essencialmente o material é cimento Portland e óxido de bismuto na proporção de 4:1 (Torabinejad and White 1993). A análise de difração de raios-x revelou que o MTA não é principalmente composto de óxidos (Torabinejad et al., 1995<sup>a</sup>). Consequentemente, o termo “agregado trióxido” é impreciso (Camillieri, 2015). O primeiro produto de MTA comercialmente disponível foi o “ProRoot MTA”. Isso se tornou disponível nos Estados Unidos em 1999. A primeira formulação do MTA tinha coloração cinza escuro e era vendida pela Dentsply. A cor cinza foi transmitida pelo aluminoferrato do pó de MTA. Essa fase foi considerada importante no controle das características de fixação do material (Storm et al., 2008). Contudo, a cor cinza foi prejudicial às propriedades estéticas do material, e a versão branca surgiu em 2002. Os mais variados usos propostos por esse material tem requerido o desenvolvimento de novas formulações para facilitar melhoras nas características físicas e químicas. Adicionalmente, riscos percebidos associados com a presença do alumínio, arsênio e metais pesados no cimento de Portland necessitaram no desenvolvimento de uma nova família de cimentos a base de silicato de cálcio mais puro (Camillieri, 2015). Eles não são baseados em minerais naturais ou processos industriais. Portanto, o silicato tri cálcico substituiu a formulação original do cimento Portland, eliminando o alumínio e vestígios de elementos. Esses novos materiais foram desenvolvidos e baseados na química do radiopacificador e do silicato tri cálcico (Camillieri, 2015), os quais são reconhecidos por suas bioatividades e biocompatibilidade (Dutta and Saunders, 2014). BioAggregate, Biodentine, EndoSequence Root Repair Material Putty and Paste (ERRM) e iRoot BP Plus Root Repair Material (BP-RRM) são exemplos do novo cimento de silicato de cálcio. Não

se sabe se os biocerâmicos são um termo abrangente para todos os materiais a base de cimento Portland, ou se refere apenas aos materiais trissilicatos mais modernos e puros. Contudo, vale a pena mencionar que o termo ‘biocerâmicos’ é improprio, uma vez que os biocerâmicos incluem uma gama de materiais com diferentes composições químicas (Camilleri, 2015). Materiais a base de cimento Portland e os novos materiais a base de silicato de cálcio, usados como materiais retrobturadores são mostrados na Tabela 1.

| Tabela 1 – Os cimentos com base em silicato de cálcio mais comumente disponíveis como materiais obturadores.           |  |  |
|--|--|--|
| Produto/Fabricante   | Composição   | Tempo de Presa                         |
| Agregado de trióxido mineral cinza ProRoot (G-MTA)<br>Dentsply Tulsa especialidades odontológicas, Johnson City, USA.  | Pó: silicato tri cálcico, silicato dicalcico, óxido de bismuto, aluminato tri cálcico, sulfato de cálcio di-hidratado ou gesso, aluminoferrite de cálcio.<br>Líquido: água | 165 min<br>(Torabinejad et al., 1995a) |
| Agregado de trióxido mineral branco ProRoot (W-MTA)<br>Dentsply Tulsa especialidades odontológicas, Johnson City, USA. | Pó: silicato tri cálcico, silicato dicalcico, óxido de bismuto, aluminato tri cálcico, sulfato de cálcio di-hidratado ou gesso.<br>Líquido: água                           | 170 min (Gandolfi et al., 2009)        |
| Mistura de cimento enriquecida com cálcio (CEM)<br>Bionique Dent, Tehran, Iran   | Pó: diferentes composições de cálcio, incluindo óxido, sulfato, fosfato, carbonato, silicato, hidróxido, e composições de cloreto.<br>Líquido: solução a base de água.     | 50 min (Bhatia et al., 2015)           |
| Biodentine<br>Septodont, Saint-Maur-des-fossés, Cedex, France  | Pó: silicato tri cálcico, silicato dicalcico, carbonato de cálcio, óxido de zircônio, óxido de cálcio, óxido de ferro.<br>Líquido: cloreto de cálcio,                      | 45 min (Grech et al. 2013)             |

|  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
|  | polímero hidrossolúvel (solúvel em água), água.   |                               |
| BioAggregate<br>Innovative Blocceramix,<br>Vancouver, Canada   | Pó: silicato tri cálcico, silicato dicalcico, pentóxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico, oxido de sílico amorfo.<br>Líquido: água deionizada | 1260 min (Grech et al., 2013) |
| EndoSequence Root Repair<br>Material Putty and Paste<br>(ERRM)<br>Brasseler USA, Savannah,<br>GA,USA | Silicato de cálcio, óxido zircônio, óxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico e agente de enchimento.  | 4h (Ma et al., 2011)          |
| Material reparador de raiz<br>iRoot BP Pus (BP-RRM)<br>Innovate Bioceramix,<br>Vancouver, Canada     | Silicato de cálcio, óxido zircônio, óxido/pentóxido de tântalo, fosfato de cálcio monobásico.   | 2h (Informação do fabricante) |

MTA tem sido extensivamente estudado em diversos estudos in vivo e in vitro nos últimos 20 anos. Tem se mostrado que o MTA, quando comparado com os materiais tradicionais de preenchimento retrógrado tem propriedades superiores em termos de habilidade de selamento, biocompatibilidade e regeneração dos tecidos perirradiculares. A cultura de células e estudos de citotoxicidade tem mostrado sua superioridade para amalgama (Osorio et al., 1998; Zhu et al., 2000), IRM (Zhu et al., 2000), cimento Super EBA (Osorio et al., 1998; Souza et al., 2006), cimento de ionômero de vidro (Osorio et al., 1998; Souza et al., 2006) e guta percha (Souza et al., 2006). Ademais, muitos estudos de vazamento de corante e vazamento bacteriano mostraram que o MTA exibiu menos vazamento do que o amálgama, Super EBA e IRM (Torabinejad et al., 1993, 1995<sup>a</sup>; Fisher et al., 1998). No entanto, o longo tempo de presa relatado na formulação original do MTA (2 h 45 min) (Torabinejad et al., 1995<sup>a</sup>) é uma preocupação clínica devido ao fato de que pode afetá-lo antes de tomar presa (Kogan et al., 2006). Quando comparado com os outros materiais tradicionais que tem sido sugerido como materiais obturadores, como o IRM e o cimento Super EBA, o MTA tem um significativo longo período de

presa (Torabinejad et al., 1995<sup>a</sup>). Outra principal preocupação a cerca do MTA, são suas propriedades de manuseio. A mistura de MTA com água estéril resulta numa mistura granulosa, arenosa que é difícil de ser colocada no local operado, e é difícil de ser condensada adequadamente (Kogan et al., 2006). Dos biocerâmicos mais recentes, o Biodentine é um novo material biocerâmico aclamado pela indústria (Biodentine ®) por ter propriedades e comportamentos mecânicos similares aos dentes humanos, e possuir uma excelente propriedade de selamento sem que haja uma preparação do dente. Embora, este material seja encapsulado e tenha um consistente mistura, o Biodentine é um material difícil de ser utilizado. O Biodentine tem um tempo de presa de 9 minutos (tempo do fabricante) que embora seja favorável comparado ao MTA é ainda demorado quando comparado com outros materiais restauradores. Outros materiais a base de silicato de cálcio tem sido desenvolvidos para tentar superar alguns dos problemas de manuseio dos materiais biocerâmicos. Um grupo de materiais em uma consistência densa ou fluída tem se tornado disponível recentemente. O ERMM está disponível como material reparador ou para obturação de canais radiculares e tem propriedades físicas similares ao MTA uma vez preparado (Walsh et al., 2014), porém, apresenta melhores características de manuseio. Além disso, estudos *in vitro* mostraram comparáveis habilidades de selamento ao MTA e ao Biodentine (Bolhari et al., 2015; Saraswathiet al., 2015), ERRM (Antunes et al., 2016; Nair et al., 2011), BioAggregate (Bolhari et al., 2015), CEM (Moradi et al., 2015) e iRoot BP Plus (Leal et al., 2013). Ademais, todos os materiais biocerâmicos são biocompatíveis e induzem a regeneração dos tecidos radiculares em animais (Asgary et al., 2010; Chen et al., 2015; Kohout et al., 2015) e na diferenciação de células humanas (De-Deus et al., 2012; Escobar-García et al., 2016; Küçükkaya et al., 2016; Perinpanayagam and Al-Rabeah, 2009). Nenhum desses materiais se mostra com um perfil de citotoxicidade crítico.

Contudo, está bem estabelecido que a validação aplicada por estudo *in vitro* direcionando para um ambiente clínico é cheio de dificuldades. Estudos *in vitro* não podem refletir as influências das condições clínicas real, e não podem fornecer uma determinação definitiva dos casos clínicos, da forma como eles foram realizados sob condições que diferem desse presente no atual ambiente cirúrgico. Além disso, as respostas humanas tem a capacidade de tolerar uma inflamação leve. Portanto, se uma toxicidade leve pode ser neutralizada pelo corpo, não há

impactado nos resultados dos tratamentos (Küçükkaya et al., 2016). Além disso, os estudos em células e em animais também tem peso clínico limitado e apresenta resultados que devem ser interpretados com extrema atenção (Tang et al., 2010). Portanto, o objetivo desta revisão é verificar, a partir da literatura, a respeito de evidências se estes materiais retrógrados contemporâneos tem um desempenho melhor ou pior quando comparado com materiais retrógrados tradicionais.

### **1.3 Busca Literária**

#### **1.3.1 Base de dados**

A busca eletrônica foi realizada usando as palavras chaves acima mencionada nas seguintes bases de dados: Web of Science (Core Collection), PubMed e Advanced Search (Basic Search). As bases de dados foram procuradas de 2006 até dezembro de 2020. Uma busca no Google Acadêmico também foi realizada para identificar publicações perdidas na busca inicial.

#### **1.3.2 Inclusão e exclusão**

O critério de inclusão foi realizado como a seguir: (1) dente permanente humano indicado para ressecção radicular (2) ensaios randomizados (RCTs) e ensaios não randomizados (NRTs) que reportaram taxas de sucesso de materiais obturadores biocerâmicos (3) RCTs e NRTs que conduzem comparações entre materiais biocerâmicos e materiais tradicionais de obturação. Os critérios de exclusão foram os seguintes: (1) estudos que não conduziram comparação entre materiais retrógrados biocerâmicos e tradicionais (2) publicações que relataram em outras condições de cimentos a base de silicato de cálcio, como reparo de perfuração, reabsorção e procedimentos regenerativos (3) estudos clínicos in vitro e em animais (4) relatos de caso e series de casos (5) materiais experimentais a base de silicato de cálcio.

### **1.4 Revisão geral de literatura**

#### **1.4.1 Critério para o sucesso e fracasso**

O uso de diferentes critérios de resultado e o uso inconsistente dos termos “sucesso” e “fracasso” é uma das principais causas para a variabilidade dos resultados após tratamentos endodônticos. Esses termos são ambíguos (Friedman, 2002<sup>a</sup>, 2002<sup>b</sup>). De acordo com Friedman (2002<sup>a</sup>, 2002<sup>b</sup>), os resultados de tratamentos endodônticos devem ser classificados em termos que são diretamente

relacionados com os objetivos do tratamento como “cura da doença”. Por exemplo, quando nenhum sinal clínico, sintoma ou evidencia radiográfica da doença são evidentes no exame de acompanhamento esta é uma expressão de “curado”. O termo “doença” é usado quando a radiolucência persistiu ou aumentou mesmo quando combinado com a normalidade clínica. “Cura” que é um termo mais brando pode ser usada em casos onde houve a redução da radiolucência com resultados clinicamente aceitáveis.

Não há diretrizes universais para identificar quais casos precisam ser retratados e quais casos não precisam maiores intervenções. Então, dentes com persistência de patógenos periapicais podem ser avaliados por clínicos com diferentes perspectivas. Esse problema permanece sem resolução (Bergenholtz,2016).

#### **1.4.2 Micro cirurgias endodôntica**

Micro cirurgia endodôntica é definido como “um procedimento cirúrgico em estruturas excepcionalmente pequenas e complexas com um microscópio eletrônico” (Kim and Kratchman, 2006; Kim et al., 2001). No passado, broca redonda de carboneto era utilizada para a resseção da extremidade da raiz com um bisel de 45°. Tradicionalmente o objetivo da etapa do bisel era meramente observar o fim da raiz durante a cirurgia (Gutmann and Ford, 1933). Contudo, a resseção diagonal da raiz causava danos significativos, e uma grande osteotomia era necessária (Kim and Kratchman, 2006). Técnicas contemporâneas que incorporam aparelhos ultrassônicos que cortam com um mínimo ou nenhum bisel (Tsesis et al., 2006), mostrou significativa melhora clínica em relação as brocas cirúrgicas tradicionais (de Lange et al., 2007). Paralelamente o uso de dispositivos ultrassônicos, o microscópio eletrônico é usado como um auxiliar na realização desse tipo de cirurgia. Isto melhora a precisão e previsibilidade e tem permitido “micro cirurgias endodônticas” para serem usadas como um termo substituto (Kim, 1997; Kim et al.,2001).

#### **1.4.3 Revisão geral da literatura**

Quatorze estudos foram incluídos: cinco estudos relataram os resultados do MTA (Çaliskan et al., 2016; Jing et al., 2012; Saunders, 2008; She et al., 2016; Wang et al., 2017), um estudo comparando os resultados do MTA com BP-RRM (Zhou et al., 2017), um estudo relatou o resultado do ERRM (Shinbori et al., 2015) e um estudou relatou os resultados do CEM (asgary and Ehsani,2013). Duas



publicações comparando os resultados do MTA e da resina composta adesiva (Retroplast) (Von Arx et al., 2010, 2014). Dois estudos comparando os resultados do MTA, Super-EBA (Kim et al., 2016; Song and Kim, 2012). Duas publicações comparando os resultados do MTA, Super-EBA e Retroplast (Von Arx et al., 2007, 2012). Além disso, uma revisão sistemática comparando os resultados clínicos do MTA com GP, amálgama e IRM. A comparação dessas publicações é mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Relato de estudos de resultados de tratamento de cirurgia periapical com diferentes materiais de preenchimentos retrógrados.

| Autores           | Ano  | Design do Estudo                      | Nº de dentes | Material obturador                  | Acompanha-mento de observação | Taxa de sucesso geral         |
|-------------------|------|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Asgary and Ehsani | 2013 | Estudo prospectivo                    | 13           | Mistura de cálcio enriquecido (CEM) | 1.5 anos                      | 93%                           |
| Çaliskan et al.   | 2016 | Estudo clínico                        | 90           | ProRoot MTA                         | 2-6 anos                      | 80%                           |
| Jing et al.       | 2012 | Estudo clínico                        | 54           | MTA                                 | 1 ano                         | 92.6%                         |
| Kim et al.        | 2016 | Estudo clínico randomizado controlado | 182          | MTA e Super EBA                     | 4 anos                        | 91.6% e 89.9% respectivamente |
| Saunders          | 2008 | Estudo prospectivo                    | 276          | ProRoot White MTA                   | 3 anos                        | 88.8%                         |
| Shen et al.       | 2016 | Estudo prospectivo                    | 97           | MTA                                 | 1 ano                         | 92.8%                         |
| Shinbori et al.   | 2015 | Estudo retrospectivo                  | 113          | EndoSequence BC Root                | 1 ano                         | 92%                           |

|                |      |   |     | Repair<br>(ERRM)                     |            |  |
|----------------|------|---|-----|--------------------------------------|------------|--|
| Song and Kim   | 2012 | Estudo clínico prospectivo controlado randomizado | 192 | MTA e Super EBA                      | 1 ano      | 95.6% e 93.1% respectivamente                          |
| Von Arx et al. | 2010 | Estudo Prospectivo                                | 353 | ProRoot MTA e Retroplast             | 1 ano      | 91.3% e 79.5% respectivamente                          |
|                | 2014 |   | 271 |                                      | 5 anos     | 92.5% e 76.6% respectivamente                          |
| Von Arx et al. | 2007 | Estudo em grupo                                   | 191 | ProRoot MTA, Super EBA ou Retroplast | 1 ano      | 90.2%, 76.4% e 84.7%                                   |
|                | 2012 |   | 170 | Retroplast                           | 5 anos     | Respectivamente (86.4%), 67.3% e 75.3% respectivamente |
| Wang et al.    | 2017 | Estudo prospectivo em                             | 74  | ProRoot MTA                          | 1-2.5 anos | 90.5%  |

|             |      | grupo                                     |     |   |       |                               |
|-------------|------|---|-----|---|-------|-------------------------------|
| Zhou et al. | 2017 | Estudo prospectivo randomizado controlado | 158 | MTA e iRoot BP Plus Root Repair Material (BP-RRM) | 1 ano | 93.1% e 94.4% respectivamente |

Nos estudos a seguir, um protocolo cirúrgico padronizado foi usado para as cirurgias endodônticas; 2-3 mm do ápice da raiz foi seccionado e, então uma retropreparação realizada usando o ultrassom numa profundidade de 3 mm, seguido pela colocação do material obturador. Um estudo prospectivo de Shen et al. (2016) determinaram clinicamente e radiograficamente a cura periapical em 97 casos com periodontite apical persistente que receberam endodontia micro cirúrgica e material retro obturador retrogrado (White ProRoot MTA). No decorrer do ano, os resultados dos tratamentos foram caracterizados em sucesso, fracasso e melhoria. O tratamento cirúrgico foi considerado um sucesso quando a regeneração óssea foi superior ou igual a 90% combinado com o resultado clinicamente aceitável. Quando a regeneração óssea foi entre 50% e 90% com ausência de sinais/sintomas clínicos, o tratamento foi considerado como uma melhora. A cirurgia foi considerada um fracasso quando a regeneração óssea foi menor que 50% com a presença de sintomas clínicos. Neste estudo, o sucesso foi obtido em 57.7% dos pacientes, a melhora em 35.1% dos casos enquanto as falhas se apresentaram em apenas 7.2% dos pacientes. Os resultados do segundo grupo foram considerados sucesso. Portanto, num âmbito geral o sucesso foi alcançado em 92.8% dos pacientes (90 casos). Em contraste, apenas sete casos foram classificados como fracasso (7.2%). Esses resultados foram consistentes com as taxas de sucesso relatadas por Jin et al. (2012), o qual incluiu apenas 54 casos. Contudo, ambos os estudos não reportaram diferenças estáticas significativas no resultado de tratamento de acordo com o sexo e a idade dos pacientes, mas uma relação significativa foi encontrada em um estudo de Shen et al. (2016), entre o tamanho, o tipo da lesão e prognóstico. O pior prognóstico foi apresentado com maiores lesões e cistos. Em contraste Jing et al. (2012) não achou diferenças significativas entre o tamanho/tipo da lesão e

prognóstico. Entretanto, merece ser notado que a análise estatística realizada por Shen et al.(2016), em relação aos fatores prognósticos significativos, deve ser inapropriada devido a menor amostragem de casos com cistos e sendo identificados histologicamente. Granulomas e cistos foram identificados histologicamente em 71 (73.2%) e apenas 12 (12.4%) dos dentes respectivamente, e para compor isto o status patológico de 14 (14.4%) dos casos foi não especificado.

Outro estudo clínico (Çaliskan et al., 2016) avaliou a taxa de sucesso em 90 dentes que receberam o material obturador retrogrado (ProRoot MTA). Entre um período de 2 a 6 anos os resultados foram considerados curados (cura completa da rarefação radiográfica anterior ou cicatrização incompleta do 'tecido cicatricial' e ausência de sinais/sintomas clínicos) que foi relacionado a 80% dos casos, não cicatrizado em 14.4% (sem redução ou mesmo aumento da rarefação anterior, ou a presença de sintomas/sinais clínicos), e incerto 5.6% (em normalidade clínica com alguma redução da radiolucência anterior). Neste estudo, a presença de um granuloma ou cisto não causou influencia significativa nos resultados de tratamento. Ademais, o 'grupo tido como indefinido' não foi incluído no sucesso geral. Os resultados foram também avaliados em um estudo prospectivo de Saunder's (2008), realizado em 276 dentes, cura completa (59%) dos dentes, cura incerta (29.7%) e sem cura (11.2%). 1% dos casos do grupo dos não curados mostrou uma dor persistente mesmo com evidencia radiográfica de completa cura. Este estudo demonstrou uma taxa geral de sucesso de 88.8% quando ProRoot White MTA foi usado como um preenchedor retrogrado, incluindo todos os dentes sem sintomas clínicos (completa cura e cura incerta). Wang et al. (2017) realizou micro cirurgia endodôntica em 98 dentes, usando ProRoot MTA retrogrado. Apenas 74 dos 98 foram acompanhados. 3 dos 74 foram extraídos, dois por fratura da raiz e um por razões periodontais. 71 dentes foram analisados clínica e radiograficamente. Wang et al. (2017) classificou os resultados de tratamento de acordo com os achados radiográficos como cura completa (reparo ósseo completo), cicatrização incompleta (tecido cicatricial), cicatrização incerta e cicatrização insatisfatória (não cicatrizado). Dos 74 dentes, 55 (74.3%) demonstraram cura completa, 12 (16.2%) mostraram cura incompleta. Juntos, 67 (90.5%) foram clinicamente normais. Três (4.1%) foram observados com cura incerta, um desses foi sintomático com edema e trato sinusal e foi considerado incerto e não uma falha. Reparo insatisfatório foi observado em um dente remanescente (1.4%).

Outro estudo retrospectivo realizado por Shinbori et al. (2015) também avaliou os resultados de cura clínica e radiográfica, em um ano de observação quando EndoSequence Root Repair (ERRM) foi usado como um material obturador, em 113 dentes de 94 pacientes. Os resultados foram classificados baseados nos achados clínicos e radiográficos, em sucesso (curado ou curando), e fracasso (não curado). Neste estudo retrospectivo, 92.0% dos dentes foram classificados com resultado satisfatório. Adicionalmente, nenhuns dos fatores prognósticos tiveram algum efeito significativo no resultado do tratamento. Isso inclui idade, sexo, posição dental, tamanho da lesão, presença do trato sinusal, sintoma pré-operatório e retratamento prévio a cirurgia. A mistura enriquecida com cálcio (CEM) foi usada por Asgary and Ehsani (2013) em seus estudos prospectivos como obturador em 14 dentes. A cura completa da lesão perirradicular foi observada clínica e radiograficamente em 13 dentes (93% de sucesso) durante a meada de 1.5 anos. Um estudo prospectivo randomizado e controlado foi realizado por Zhou et al. (2017) para avaliar os resultados da micro cirurgia endodôntica quando usado material iRoot BP Plus Root Repair (BP-RRM) ou MTA como material obturador de um total de 158 dentes. Neste estudo, 87 dentes receberam MTA retrogrado enquanto 71 dentes foram obturados com BP-RRM. Em um período de 12 meses, os resultados foram categorizados, de acordo com achados clínicos e radiográficos, como cura completa, cura incompleta e cura insatisfatória. A taxa de sucesso da micro cirurgia endodôntica para o MTA e BP-RRM (completa ou incompleta cura) foi 93.1% e 94.4%, respectivamente sem diferença significativas. Além disso, o tipo dental qualidade do obturador e tamanho da lesão tiveram efeitos significativos dos resultados. Enquanto que nenhuma das variáveis, incluindo sexo, idade, presença ou ausência de coroa ou deiscência alveolar teve influencia significativa nos resultados clínicos.

Um estudo prospectivo não randomizado por Von Arx et al. (2010) relatou resultados de dois diferentes obturadores; ProRoot MTA e resina composta adesiva (Retroplast). Neste estudo, 353 casos foram incluídos. 178 destes receberam preparação da raiz e foram preenchidos com ProRoot MTA, enquanto 175 casos receberam uma cavidade retrograda rasa e foram preenchidos com Retroplast (Retroplast; Retroplast Trading, Rorvig, Denmark). Pacientes eram reavaliados após um ano. Os resultados demonstraram que os dentes tratados com MTA tiveram uma taxa de significância de maior sucesso (91.3%) do que os tratados com resina

composta adesiva (Retroplast) (79.5%). De acordo com os autores, diferenças significativas em resultados devem ser associados com a técnica de preparação da extremidade da raiz onde a cavidade rasa de aproximadamente 1 mm de fundura foi preparada com Retroplast, e portanto não isoladamente associado com o tipo de preenchedor retrogrado. Essa preparação rasa trás consigo um risco de perda de canais acessórios, istmos ou ramificações. Além disso, devido ao sistema adesivo usado pelo Retroplast, controle inadequado da hemorragia durante a cirurgia, ou dentina insuficiente da superfície radicular cortada pode resultar no comprometimento da adesão e vedação dos materiais e, por fim, na cicatrização. Subsequentemente, Von Arx et al. (2014) acompanhou 271 casos de estudos preliminares de até 5 anos. Depois desses cinco anos de acompanhamento, a cura geral de casos foi 92.5% para MTA e 76.6% para o Retroplast, com diferença significativa (Von Arx et al., 2014), o qual esta em linha com resultados em publicações anteriores há um ano. Contudo, os resultados de Von Arx et al. (2014) devem ser interpretados cuidadosamente devido ao baixo acompanhamento (82casos).

Dois estudos controlados e randomizados avaliaram os resultados clínicos da micro cirurgia endodôntica quando MTA e Super EBA foram usados como obturadores. A análise estatística dos resultados mostrou não haver diferença significativa do MTA retrogrado e Super EBA. A taxa de sucesso para o MTA e Super-EBA foi 91.6% e 89.9% respectivamente nos quatro anos de taxa de sucesso (Kim et al., 2016), e 95.6% para o MTA e 93.1% para o Super EBA em um ano de taxa de sucesso (Song and Kim, 2012). Em contraste, Von Arx et al. (2007) avaliou os resultados da micro cirurgia endodôntica no período de um ano, em 191 dentes após a obturação com três diferentes materiais; ProRoot MTA, Super EBA ou Retroplast. A taxa de sucesso para os três materiais foi 90.2%, 76.4% e 84.7% respectivamente. Neste estudo, duas outras variáveis afetaram o prognostico com significância estatística. Estas foram maior tamanho da lesão, e complicações pós- operatórias. Após cinco anos Von Arx et al. (2012) realizou uma avaliação em grupo longitudinal de cinco anos da taxa de cura em 170 dentes, após a obturação. A taxa de sucesso para o ProRoot MTA foi também significativamente maior (86.4%) do que com Super EBA (67.4%). Retroplast mostrou taxa de sucesso de 75.3%. Este estudo também sugeriu que o prognostico foi significativamente afetado pelos níveis ósseos

mesio-distal no dente tratado. Além disso, esse estudo mostrou que o resultado de cinco anos da micro cirurgia endodôntica foi 8% pior do que o prognóstico de 1 ano.

O mais importante, uma revisão sistemática e a meta-análise realizada por Tang et al (2010) concluiu; MTA como um obturador é similar ao IRM (RR 0.62; 95% CI 0.34-1.16), porém se é significativamente superior a amálgama (RR 0.35; 95% CI 0.13-0.94) e guta percha (96% Vs 52%, RR 0.08; 95% CI 0.01-0.57). Nesta revisão sistemática, os autores apenas incluíram um estudo (Christiansen et al., 2009) comparando a cicatrização após a apicetomia da extremidade da raiz com MTA retrógrado ou obturação radicular de guta-percha. Em Christiansen's et al. (2009) um teste clínico randomizado, uma cavidade radicular não foi preparada após a resseção da extremidade da raiz em dentes alocados para a obturação retrograda de guta percha. Este estudo pode ser melhor interpretado como dentes tratados com MTA como obturador radicular tem uma taxa de cura significativamente maior (96%) do que dentes não tratados com materiais obturadores retrógrados (52%).

A maioria dos estudos clínicos, descritos nesta revisão, foram prospectivos com a falta de grupos de controle. A falta de grupos de controle não é ideal nestas circunstâncias. Apenas uma revisão sistemática foi identificada e nenhum estudo foi identificado comparando os resultados de cimentos à base de silicato de cálcio, exceto MTA, e os materiais obturadores tradicionais. Os estudos mostraram altas taxas de sucesso quando os materiais biocerâmicos foram utilizados como obturadores. Na revisão sistemática, MTA mostrou taxas de sucesso significativamente maiores do que amálgama e guta percha, porém não houve diferenças significativas quando comparadas com o IRM. Além disso, o MTA demonstrou uma taxa de sucesso significativamente maior, quando comparado com o Retroplast em um estudo não randomizado. Em contraste, em um estudo randomizado controlado mostrou não haver diferença significativa entre MTA e Super EBA. Consequentemente, diferenças não significativas foram encontradas em resultados de tratamento, quando Super EBA e IRM foram utilizados em conjunto com protocolos de micro cirurgia.

O desenvolvimento da cirurgia endodôntica dentro da micro cirurgia endodôntica tem direcionado para uma melhora da precisão e tem uma significativa melhora dos resultados do tratamento, desde procedimento de cirurgia endodôntica são realizados em estruturas excepcionalmente pequenas e complexas. Essas altas taxas de sucesso da micro cirurgia endodôntica, combinado com o uso ampliação de

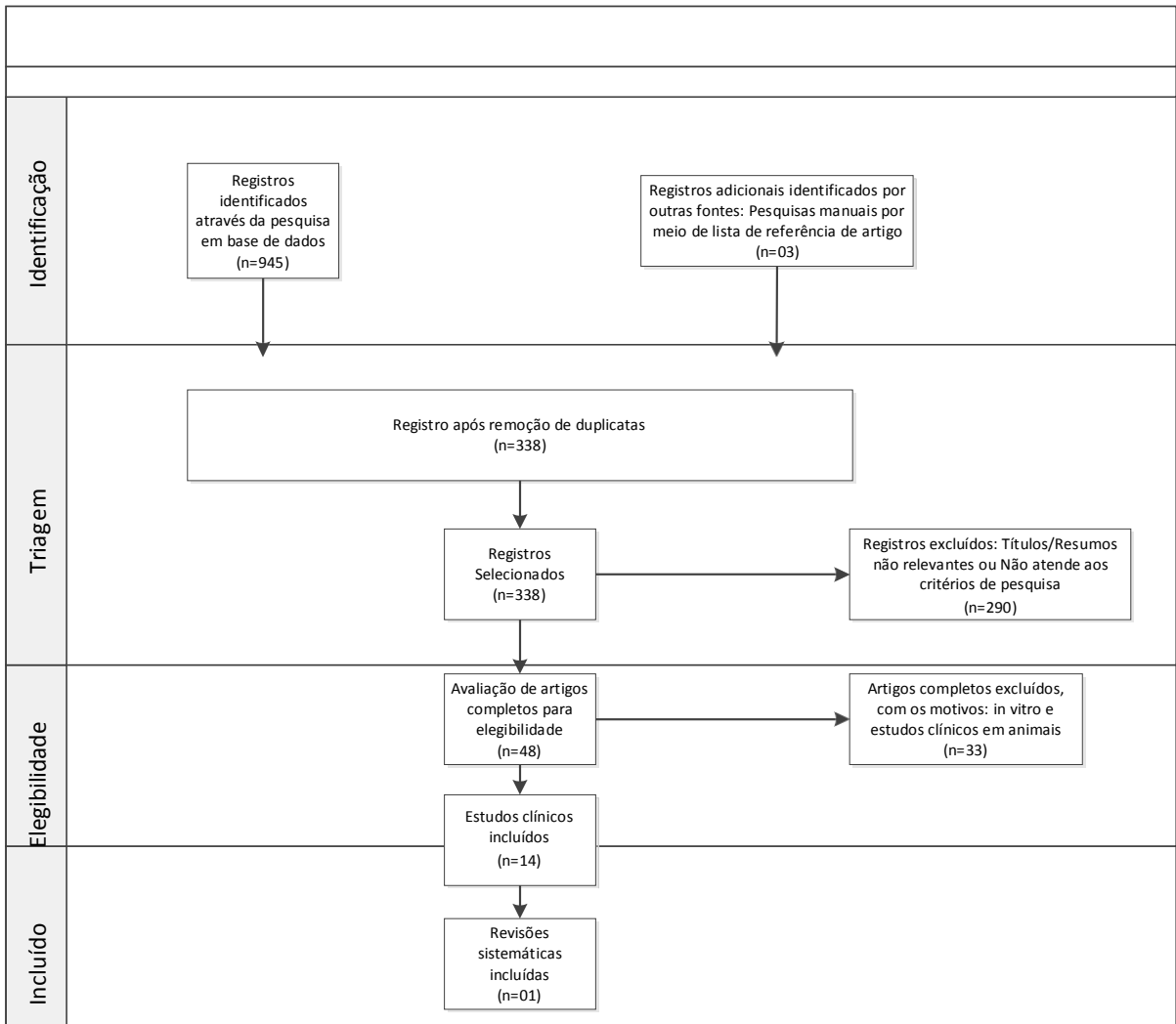
alto poder, tem sido relatado em meta-análises (Setzer et al., 2010, 2012). Portanto, é óbvio que a causa de falhas cirúrgicas ou sucesso não é individualmente associada com o tipo de material obturador. Em fato, três principais fatores podem contribuir com os resultados de tratamento. Primeiro, a habilidade para eliminar canais laterais e ramificações apicais, os quais não podem ser desbridados e limpos, por meios ortogrados. Isto pode não somente ser alcançado pela destreza e habilidade dos clínicos, mas também pelas ferramentas contemporâneas e equipamentos que ajudam a inspecionar o campo cirúrgico, e proporcionam uma limpeza e preparação das cavidades retrogradadas. Segundo, os mais variados fatores prognósticos dentais, desde que tenha sido mostrada a amplitude da lesão e cistos foram significativamente influentes na determinação de pior prognóstico. Contudo, outros estudos clínicos encontraram que o tamanho/tipo da lesão ou tipos dentais não tem efeitos significantes no resultado de tratamento. Por último, colocando o material retrógrado que preencha todo ou a maioria das características de um material obturador ideal pode contribuir com os resultados de tratamento. Uma oportunidade existe, portanto, para estudos clínicos randomizados bem controlados para confirmar ou refutar os resultados.

### **1.5 Conclusão**

Os biocerâmicos tem sido considerados materiais retrógrados de escolha nos casos de cirurgia apical. No entanto, estudos clínicos controlados e randomizados que proporcionem um alto índice de evidência ainda precisam ser realizados para confirmar sua eficácia.



**DIAGRAMA DE PRISMA**



## REFERÊNCIAS

- Brief History of Amalgams - Tooth by The Lake.**  
<<http://www.toothbythelake.net/.../amalgam-fillings/a-brief-history-ofamalgam.>>
- Biodentine - Dentin Restoration category - Septodont.**  
<<http://www.septodontusa.com/products/biodentine.>>
- AMAGASA, T., NAGASE, M., SATO, T., SHIODA, S., 1989. **Apicoectomy with retrograde gutta-percha root filling.** Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol. 68 (3),339-342.
- ANTUNES, H., GOMINHO, L., ANDRADE-JUNIOR, C., DESSAUNE-NETO, N., ALVES, F., RO^ C, AS, I., SIQUEIRA, J., 2016. **Sealing ability of two rootend filling materials in a bacterial nutrient leakage model.** Int. Endod. J. 49 (10), 960- 965.
- ASGARY, S., EGHBAL, M.J., EHSANI, S., 2010. **Periradicular regeneration after endodontic surgery with calcium-enriched mixture cement in dogs.** J. Endod. 36(5), 837-841.
- ASGARY, S., EHSANI, S., 2013. **Periradicular surgery of human permanent teeth with calcium-enriched mixture cement.** Iranian Endod. J. 8 (3), 140-144.
- BARRY, G.N., SELBST, A.G., D'ANTON, E.W., MADDEN, R.M., 1976. **Sealing quality of polycarboxylate cements when compared to amalgam as retrofilling material.** Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol. 42 (1), 109-116.
- BERGENHOLTZ, G., 2016. **Assessment of treatment failure in endodontictherapy.** J. Oral Rehabil. 43 (10), 753-758.
- BHATIA, C., CHANDAK, M., ADWANI, D., CHANDAK, R., RAHUL, A., 2015. **Calcium enriched mixture cement.** Dent. Health Sci. 2 (4), 905-910.
- BOLHARI, B., YAZDI, K.A., SHARIFI, F., PIRMOAZEN, S., 2015. **Comparative scanning electron microscopic study of the marginal adaptation of four root- end filling materials in presence and absence of blood.** J. Dentistry (Tehran, IRAN) 12 (3), 226.
- BONDRA, D.L., HARTWELL, G.R., MACPHERSON, M.G., PORTELL, F.R., 1989. **Leakage in vitro with IRM, high copper amalgam, and EBA cement as retrofilling materials.** J. Endod. 15 (4), 157-160.

BOWEN, R.L., 1962. **Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidylacrylate.** GOOGLE PATENTS.

C, ALISKAN, M., TEKIN, U., KAVAL, M., SOLMAZ, M., 2016. **The outcome of apical microsurgery using MTA as the root-end filling material: 2-to 6-year follow-up study.** *Int. Endod. J.* 49 (3), 245-254.

CAMILLERI, J., 2015. **Mineral trioxide aggregate: present and future developments.** *Endod. Top.* 32 (1), 31-46. Carrotte, P., 2011.

**A clinical guide to endodontics.** BRITISH DENT. ASSOC., 80-84

CHEN, I., KARABUCAK, B., WANG, C., WANG, H.-G., KOYAMA, E., KOHLI, M.R., NAH, H.-D., KIM, S., 2015. **Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new calcium silicate–based bioceramic material as root-end filling materials in dogs.** *J. Endod.* 41 (3), 389-399.

CHONG, B., PITT FORD, T., KARIYAWASAM, S., 1997a. **Short-term tissue response to potential root-end filling materials in infected root canals.** *Int. Endod. J.* 30 (4), 240-249.

CHONG, B., PITT FORD, T., KARIYAWASAM, S., 1997b. **Tissue response to potential root-end filling materials in infected root canals.** *Int. Endod. J.* 30 (2), 102-114.

CHONG, B.S., PITT FORD, T.R., 2005. **Root-end filling materials: rationale and tissue response.** *Endod. Top.* 11 (1), 114-130.

CHRISTIANSEN, R., KIRKEVANG, L.L., HØRSTED-BINDSLEV, P., WENZEL, A., 2009. **Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta- percha root filling–1-year follow-up.** *Int. Endod. J.* 42 (2), 105-114.

CROSER, R., DINSDALE, R., HOLMES, A., 1989. **A one visit apicectomy technique using calcium hydroxide cement as the canal filling material combined with retrograde amalgam.** *Int. Endod. J.* 22 (6), 283-289.

DE LANGE, J., PUTTERS, T., BAAS, E.M., VAN INGEN, J.M., 2007. **Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study.** *Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endodontol.* 104 (6), 841-845.

DE-DEUS, G., CANABARRO, A., ALVES, G., MARINS, J., LINHARES, A., GRANJEIRO, J., 2012. **Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty**

- repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts.** *Int. Endod. J.* 45 (6), 508-513.
- DORN, S.O., GARTNER, A.H., 1990. **Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM.** *J. Endod.* 16 (8), 391-393.
- DUTTA, A., SAUNDERS, W.P., 2014. **Calcium silicate materials in endodontics.** *Dent Update* 41, 708-722.
- ESCOBAR-GARCÍA, D.M., AGUIRRE-LOPEZ, E., MÉNDEZ-GONZÁLEZ, V., POZOS-GUILLEÍN, A., 2016. **Cytotoxicity and Initial Biocompatibility of Endodontic Biomaterials (MTA and Biodentine™) Used as Root-End Filling Materials.** *BioMed Res. Int.*, 1-7
- FELTER, H., LLOYD, J., 2001. **Historical Uses of Gutta-Percha.** *King's Am. Dispensary*  
<<http://www.endodonziamauventuri.it/Guttaperca/Historical%20Uses%20of%20Gutta.pdf>>
- FISCHER, E.J., ARENS, D.E., MILLER, C.H., 1998. **Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material.** *J. Endod.* 24 (3), 176-179.
- FISHER, D., 1953. **Crystal structures of gutta percha.** *Proc. Phys. Soc. Section B* 66 (1), 7.
- FRIEDMAN, S., 1991. **Retrograde approaches in endodontic therapy.** *Dent.Traumatol.* 7 (3), 97-107.
- FRIEDMAN, S., 2002a. **Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure).** *Endod. Top.* 1 (1), 54-78.
- FRIEDMAN, S., 2002b. **Prognosis of initial endodontic therapy.** *Endod. Top.* 2 (1), 59-88.
- GANDOLFI, M.G., IACONO, F., AGEE, K., SIBONI, F., TAY, F., PASHLEY, D. H., PRATI, C., 2009. **Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA.** *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 108 (6), e39-e45.
- GARTNER, A., DORN, S., 1992. **Advances in endodontic surgery.** *Dent. Clin.North Am.* 36 (2), 357-378.

- GATEWOOD, R.S., 2007. **Endodontic materials**. Dent. Clin. North Am. 51 (3), 695-712.
- GLENNER, R.A., WILLEY, P., 1998. **Dental filling materials in the Confederacy**. J. History Dentistry 46 (2), 71-75.
- GRECH, L., MALLIA, B., CAMILLERI, J., 2013. **Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials**. Dent. Mater. 29 (2), e20-e28.
- GUTMANN, J., FORD, T.P., 1993. **Management of the resected root end: a clinical review**. Int. Endod. J. 26 (5), 273-383.
- GUTMANN, J.L., 2014. **Surgical endodontics: past, present, and future**. Endod. Top. 30 (1), 29-43.
- HENDRA, L.P., 1970. EBA cement. **A practical system for all cementation**. Int. Endod. J. 4 (2), 28-31.
- JING, S., HAIFENG, Z., SHUFENG, J., NINGNING, L., JIANRONG, F., 2012. **One year evaluation of endodontic microsurgery in 54 cases with persistent apical periodontitis**. West China J. Stomatol. 30 (4), 388-392.
- KIM, S., 1997. **Principles of endodontic microsurgery**. Dent. Clin. North Am. 41(3), 481-497.
- KIM, S.G., PECORA, G., Rubinstein, R., 2001. **Color atlas of microsurgery in endodontics**. WB Saunders Company, 13. pp. 3-5.
- KIM, S., KRATCHMAN, S., 2006. **Modern endodontic surgery concepts and practice: a review**. J. Endod. 32 (7), 601-623.
- KIM, S., SONG, M., SHIN, S.-J., KIM, E., 2016. **A randomized controlled study of mineral trioxide aggregate and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials in endodontic microsurgery: long-term outcomes**. J. Endod. 42 (7), 997-1002.
- KOCH, K.A., BRAVE, D.G., 2012. **Bioceramics, part 1: the clinician's viewpoint**. Dent Today 31 (1), 130-135.
- KOGAN, P., HE, J., GLICKMAN, G.N., WATANABE, I., 2006. **The effects of various additives on setting properties of MTA**. J. Endod. 32 (6), 569-572.
- KOHOUT, G.D., HE, J., PRIMUS, C.M., OPPERMAN, L.A., WOODMANSEY, K.F., 2015. **Comparison of Quick-Set and Mineral Trioxide Aggregate root-end fillings for the regeneration of apical tissues in dogs**. J. Endod. 41 (2), 248-252.

- KU" C,U" KKAYA, S., GO" RDUYSUS, M.O" ., ZEYBEK, N.D., MU" FTU" OG~ LU, S.F., 2016. **In vitro cytotoxicity of calcium silicate-based endodontic cement as root-end filling materials.** Scientifica 2016, 1-5.
- LEAL, F., DE-DEUS, G., BRANDAO, C., LUNA, A., SOUZA, E., FIDEL, S., 2013. **Similar sealability between bioceramic putty ready-to-use repair cement and white MTA.** Brazilian Dent. J. 24 (4), 362- 366.
- MA, J., SHEN, Y., STOJICIC, S., HAAPASALO, M., 2011. **Biocompatibility of twonovel root repair materials.** J. Endod. 37 (6), 793-798.
- MARTI-BOWEN, E., PENARROCHA-DIAGO, M., GARCÍ'A-MIRA, B., 2004. **Periapical surgery using the ultrasound technique and silver amalgam retrograde filling. A study of 71 teeth with 100 canals.** Medicina oral, patología oral y cirugía bucal 10, E67-E73.
- MORADI, S., LOMEE, M., GHARECHAHI, M., 2015. **Comparison of fluid filtration and bacterial leakage techniques for evaluation of microleakage in endodontics.** Dent. Res. J. 12 (2), 109-114.
- NAIR, U., GHATTAS, S., SABER, M., NATERA, M., WALKER, C., PILEGGI, R., 2011. **A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using Enterococcus faecalis.** Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endodontol. 112 (2), e74-e77.
- NEGM, M., BEECH, D., GRANT, A., 1982. **An evaluation of mechanical and adhesive properties of polycarboxylate and glass ionomer cements.** J. Oral Rehabil. 9 (2), 161-167.
- OSORIO, R.M., HEFTI, A., VERTUCCI, F.J., SHAWLEY, A.L., 1998. **Cytotoxicity of endodontic materials.** J. Endod. 24 (2), 91-96.
- PERINPANAYAGAM, H., AL-RABEAH, E., 2009. **Osteoblasts interact with MTA surfaces and express Runx2.** Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol., Oral Radiol., Endodontol. 107 (4), 590-596.
- PRIYANKA, S., VERONICA, A., 2013. **A literature review of root-end fillingmaterials.** IOSR J. Dent. Med. Sci. 9 (4), 20-25.
- RHODES, J.S., 2006. **Advanced endodontics: clinical retreatment and surgery.** CRC Press, 147-148.

- SARASWATHI, D.D., TEJAVATH, S.K., BABU, M.R., SWETHA, B., GANDHI, B., 2015. **A comparative evaluation of sealing ability of three recent root-end filling materials: an in vitro study.** J. Adv. Oral Res. 6 (2), 33-39.
- SAUNDERS, W.P., 2008. **A prospective clinical study of periradicular surgery using mineral trioxide aggregate as a root-end filling.** J. Endod. 34 (6), 660-665.
- SAXENA, P., GUPTA, S.K., NEWASKAR, V., 2013. **Biocompatibility of root-end filling materials: recent update.** Restorative Dentistry Endod. 38 (3), 119-127.
- SETZER, F.C., KOHLI, M.R., SHAH, S.B., KARABUCAK, B., KIM, S., 2012. **Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature - part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification.** J. Endod. 38 (1), 1-10.
- SETZER, F.C., SHAH, S.B., KOHLI, M.R., KARABUCAK, B., KIM, S., 2010. **Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature - part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery.** J. Endod. 36 (11), 1757-1765.
- SHEN, J., ZHANG, H., GAO, J., DU, X., CHEN, Y., HAN, L., 2016. **Short-term observation of clinical and radiographic results of periapical microsurgery: a prospective study.** Biomed. Res. 27 (3), 923-928.
- SHINBORI, N., GRAMA, A.M., PATEL, Y., WOODMANSEY, K., HE, J., 2015. **Clinical outcome of endodontic microsurgery that uses EndoSequence BC root repair material as the root-end filling material.** J. Endod. 41 (5), 607-612.
- SMITH, D., 1968. **A new dental cement.** Br. Dent. J. 124 (9), 381-384.
- SONG, M., KIM, E., 2012. **A prospective randomized controlled study of mineral trioxide aggregate and super ethoxy-benzoic acid as root-end filling materials in endodontic microsurgery.** J. Endod. 38 (7), 875-879.
- SOUZA, N.J., JUSTO, G.Z., OLIVEIRA, C.R., HAUN, M., BINCOLETTO, C., 2006. **Cytotoxicity of materials used in perforation repair tested using the V79 fibroblast cell line and the granulocyte-macrophage progenitor cells.** Int. Endod. J. 39 (1), 40-47.
- STORM, B., EICHMILLER, F.C., TORDIL, P.A., GOODELL, G.G., 2008. **Setting expansion of Grey and white mineral trioxide aggregate and Portland cement.** J. Endod. 34 (1), 80-82.
- STRASSLER, H.E., MANN, M., 2011. **Dental adhesives for direct placement composite restorations: an update.** Dent. Econom. 15, 1-16.

- TANG, Y., LI, X., YIN, S., 2010. **Outcomes of MTA as root-end filling in endodontic surgery: A systematic review.** Quintessence Int. 41 (7), 557-566.
- TORABINEJAD, M., HONG, C., MCDONALD, F., PITT-FORD, T.P., 1995A. **Physical and chemical properties of a new root-end filling material.** J. Endod. 21(7), 349-353.
- TORABINEJAD, M., RASTEGAR, A.F., KETTERING, J.D., PITT-FORD, T.R.P., 1995b. **Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material.** J. Endod. 21 (3), 109-112.
- TORABINEJAD, M., WALTON, R.E., 2009. **Endodontics: Principles and Practice.** Saunders.
- TORABINEJAD, M., WATSON, T., FORD, T.P., 1993. **Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material.** J. Endod. 19 (12), 591-595.
- TORABINEJAD, M., WHITE, D.J., 1993. **Tooth filling material and method of use,** US PATENT: 5415547.
- TORABINEJAD, M., WHITE D.J., 1995. **Tooth filling material and method of use,** US PATENT: 5769638.
- TSESIS, I., ROSEN, E., SCHWARTZ-ARAD, D., FUSS, Z., 2006. **Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique.** J. Endod. 32 (5), 412-416.
- VAN NOORT R., 2013. **Introduction to dental Materials.** fourth ed., Elsevier HealthSciences, pp. 61-72, 73-93, 95-106, 107-111.
- VASUDEV, S., GOEL, B., TYAGI, S., 2003. **Root end filling materials - A review.** Endodontology 15, 12-18.
- VON ARX, T., HÄNNI, S., JENSEN, S.S., 2010. **Clinical results with two different methods of root-end preparation and filling in apical surgery: mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite.** J. Endod. 36 (7), 1122-1129.
- VON ARX, T., HÄNNI, S., JENSEN, S.S., 2014. **5-year results comparing mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite for root end sealing in apical surgery.** J. Endod. 40 (8), 1077-1081.
- VON ARX, T., JENSEN, S.S., HÄNNI, S., 2007. **Clinical and radiographic assessment of various predictors for healing outcome 1 year after periapical surgery.** J. Endod. 33 (2), 123-128.



VON ARX, T., JENSEN, S.S., HANNI, S., FRIEDMAN, S., 2012. **Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery.** J. Endod. 38 (5), 570-579.

WALSH, R.M., WOODMANSEY, K.F., GLICKMAN, G.N., HE, J., 2014. **Evaluation of compressive strength of hydraulic silicate-based rootend filling materials.** J. Endod. 40 (7), 969-972.

WANG, Z.-H., ZHANG, M.-M., WANG, J., JIANG, L., LIANG, Y.-H., 2017. **Outcomes of endodontic microsurgery using a microscope and mineral trioxide aggregate: a prospective cohort study.** J. Endod. 43 (5), 694-698.

WILSON, A.D., KENT, B., 1971. **The glass ionomer cement, a new translucent dental filling material.** J. Appl. Chem. Biotechnol. 21 (11), 313.

ZHOU, W., ZHENG, Q., TAN, X., SONG, D., ZHANG, L., HUANG, D., 2017. **Comparison of mineral trioxide aggregate and iRoot BP plus root repair material as root-end filling materials in endodontic microsurgery: a prospective randomized controlled study.** J. Endod. 43 (1), 1-6.

ZHU, Q., HAGLUND, R., SAFVI, K.E., SPANGBERG, L.S., 2000. **Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials.** J. Endod. 26 (7), 404-406.