

Trabalho de Conclusão de Curso

ADITIVOS DO MTA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Daniele Niehues Cruz



**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Odontologia**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ADITIVOS DO MTA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia.

Orientador: Profº. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Co-orientadora: CD Daniela Peressoni Vieira Schuldt

Florianópolis

2013

Daniele Niehues Cruz

ADITIVOS DO MTA: UMA REVISAO DA LITERATURA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 15 de maio de 2013

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr Wilson Tadeu Felipe

Universidade Federal de Santa Catarina



Profa. Dra. Ana Maria Hecke Alves

Universidade Federal de Santa Catarina

Á **Deus**, que me ilumina, me
guarda e abençoa meus caminhos todos os
dias.

Aos meus amados pais,
Sérgio e Jane Cruz, que são minha
fortaleza e meu exemplo, pelos quais eu
tenho um amor incondicional.

Ao meu namorado **Marcello
Piacentini**, que sempre esta ao meu lado,
que faz todos os meus dias mais felizes e é
meu companheiro, amo para sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi** e à minha co-orientadora **Mestranda Daniela Peressoni Vieira Schuldt**, por toda dedicação, orientação, ensinamentos repassados e incentivo. Pela forma como conduziram este trabalho, bem como sua metodologia de ensino e paciência.

Aos meus pais **Sérgio** e **Jane**, e aos meus irmãos **Júlia** e **Vitor**, que acreditaram na minha capacidade, me deram força e motivação, não medindo esforços para que meu sonho pudesse ser realizado, e acima de tudo, me trouxeram alegria durante todos os dias.

Ao meu namorado **Marcello**, meu companheiro, que esteve comigo todos esses anos de graduação, vivendo junto as mesmas conquistas e emoções. Aprendendo e crescendo juntos. Que tornou todos os meus dias nesses cinco anos, muito mais felizes. Te amo.

Aos meus **tios**, **primos** e **avós**, em especial à minha avó **Eloíse**, que se fez sempre presente, em todos os momentos. Que acompanhou toda a minha trajetória, me incentivou nessa conquista e sempre esteve disposta a ajudar.

À minha querida amiga e dupla de clínica, **Camila**, que me ajudou muito todos esses anos, sendo além de uma dupla de clínica, uma amiga, que me identifiquei desde o primeiro dia de aula. Amiga esta que a Odontologia me trouxe e vou levar para o resto da vida. Obrigada por fazer parte da minha história e transformar mesmo os dias mais chatos em momentos descontraídos e alegres.

Às minhas amadas **amigas**, elas marcaram minha graduação. Fizeram cada dia se tornar uma festa, ou realmente fizeram uma festa. Obrigada por serem vocês a passarem no vestibular 2008.2, obrigada por serem vocês, pois se não fosse assim, cada dia seria diferente, e não seria assim tão bom quanto estar ao lado de vocês todos os dias.

CRUZ DN. ADITIVOS DO MTA: UMA REVISÃO DA LITERATURA. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Florianópolis: Curso de Graduação em Odontologia da UFSC; 2011.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi relacionar os artigos que utilizaram aditivos para melhorar as características físico-químicas e biológicas do MTA ou do cimento Portland, respondendo qual deles é o mais estudado, qual apresentou melhores resultados, e apontar uma direção para o rumo de novas pesquisas. A busca bibliográfica foi realizada no Pubmed, utilizando as seguintes palavras-chave: *additives, calcium chloride, mineral trioxide aggregate, MTA*. Após a leitura dos títulos e resumos dos artigos, foram selecionados os mais relevantes sobre o assunto. Em seguida, os artigos foram lidos, traduzidos e resumidos. A revisão da literatura foi realizada de forma cronológica para cada tipo de aditivo encontrado. Os aditivos encontrados foram: cloreto de cálcio, soro fisiológico, hipoclorito de sódio gel, lidocaína, gluconato de clorexidina gel, K-Y gel, fosfato de sódio, nitrato/nítrico de cálcio, gluconato de lactato de cálcio e formato de cálcio. O aditivo mais estudado até o momento foi o cloreto de cálcio (CaCl_2). Ele apresentou os melhores resultados em relação às propriedades físico-químicas e biológicas. Estudos devem ser realizados para pesquisar mais a fundo aditivos como gluconato lactato de cálcio, nitrito, nitrato de cálcio, formato de cálcio e fosfato de sódio, com o intuito de melhorar as propriedades físico-químicas do MTA sem influenciar nas biológicas.

Palavras-chave: aditivos, cloreto de cálcio, agregado trióxido mineral, MTA.

ABSTRACT

The aim of this review was to relate the types of additives that have already been mixed to MTA and Portland cement and determinate which one is the most studied and which one provides the best physico-chemical and biological results. Also, point out a direction for the course of furthers researches related to additives. The literature research was performed at Pubmed database by using the following keywords: *additives, calcium chloride, mineral trioxide aggregate, MTA*. After reading the articles titles and abstracts, we selected the most relevant. The selected articles were read, translated and summarized. The literature review was chronologically performed for each type of additive found. The literature reported the mixture of ten different additives to MTA: calcium chloride, saline solution, sodium hypochlorite gel, lidocaine, chlorhexidine gluconate gel, KY gel, sodium phosphate, nitrate/nitrite, calcium lactate, gluconate and calcium formate. Among all additives, the most studied is calcium chloride (CaCl₂). Furthermore, this accelerator has the best physico-chemical and biological effect. New studies must still be carried out to further investigate gluconate calcium lactate, calcium nitrate/nitrite, calcium formate and sodium phosphate additives, willing to improve MTA physic-chemical characteristics without compromising its biological properties.

Keywords: additives, calcium chloride, mineral trioxide aggregate, MTA.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	17
3 METODOLOGIA	17
3.1 Busca e seleção dos artigos	17
3.2 Confeção da tabela de aditivos.....	17
4 REVISÃO DA LITERATURA	18
4.1 Cloreto de cálcio (CaCl ₂)	18
4.2 Soro fisiológico, hipoclorito de sódio gel, solução anestésica, gluconato de clorexidina gel, K-Y gel.	23
4.3 Fosfato de sódio.....	26
4.4 Gluconato de lactato de cálcio	29
4.5 Nitrito, nitrato de cálcio e formato de cálcio.....	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
6 CONCLUSÃO	35
7 REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O agregado de trióxido mineral (MTA) é um cimento reparador desenvolvido nos anos 90 pelo Prof. Mahmoud Torabinejad e equipe para selar comunicações entre a cavidade pulpar e o periodonto (LEE; MONSEF; TORABINEJAD, 1993). O MTA apresenta-se como um pó branco de finas partículas hidrofílicas que endurecem após a hidratação e torna-se uma estrutura rígida em torno de 4 h (Lee et al., 1993). Os principais elementos químicos do MTA são o cálcio e o fósforo, que também fazem parte da composição dos tecidos bucais, conferindo biocompatibilidade ao material (TORABINEJAD et al., 1995).

O MTA mostrou resultados semelhantes ao hidróxido de cálcio (HC), quando empregado em pulpotomias (TORABINEJAD et al., 1999), e foi observado que a dentina reparadora formada era mais espessa e uniforme sob o MTA (PITT FORD et al., 1996; MENEZES et al., 2004). Além disso, ele tem sido indicado como material de escolha para o selamento de perfurações radiculares (BORTOLUZZI et al., 2008) e para obturação retrógrada em cirurgias parodontodônticas (TORABINEJAD et al., 1994; TORABINEJAD et al., 1995). HOLLAND et al. (2001) empregaram o MTA para selar perfurações experimentais em dentes de cães, e observaram reparo por deposição de cimento neoformado e ausência de inflamação do ligamento periodontal, após 30 e 180 dias. TORABINEJAD et al. (1995) avaliaram a resposta biológica dos tecidos periapicais de dentes de cães, após apicectomia e obturação retrógrada com MTA. Depois de 2, 5, 10 e 18 semanas, observaram a formação de novo cimento depositado sobre a dentina exposta pelo seccionamento, e sobre o material. Em outro estudo semelhante conduzido pelos autores, em macacos, também obteve resultados favoráveis. Na análise dos tecidos periapicais foi observada uma barreira completa de cimento depositado sobre o MTA e a presença de tecido conjuntivo adjacente isento de inflamação (TORABINEJAD et al., 1997).

Devido a suas boas propriedades biológicas, o MTA vem sendo empregado em outras aplicações clínicas, como em apicificação (LYNN et al., 2003; SHABAHANG et al., 2000), reparo de reabsorções radiculares externas (WHITE et al., 2002) e internas (TORABINEJAD & CHIVIAN, 1999), obturação de dentes decíduos (O' SULLIVAN et al., 2001) e permanentes (HOLLAND et al., 1999),

tratamento profilático de dens evaginatus (KOH et al., 2001), reparação de lesão de furca (SARRIS et al., 2008), como barreira intracoronária prévia ao clareamento dental (CUMMINGS & TORABINEJAD, 1995) e ainda como material reparador de fraturas radiculares verticais (TORABINEJAD & CHIVIAN, 1999) e horizontais (SCHWARTZ, 1999).

As características físico-químicas do MTA estão na dependência do tamanho das partículas, proporção pó/liquido, temperatura, presença de água e de bolhas de ar incorporadas durante a mistura com água (TORABINEJAD et al., 1993). Devido a sua natureza hidrofílica, ele não precisa ser empregado em um campo seco (TORABINEJAD et al., 1994), podendo ser utilizado na presença de umidade, o que acontece durante os procedimentos clínicos como no selamento de perfurações e em cirurgia parodontais, onde a umidade presente nos tecidos age como um ativador da reação química do material (TORABINEJAD et al., 1995). Além disso, estudos in vitro mostraram que o MTA apresenta boa capacidade de selamento (TORABINEJAD et al., 1993; TORABINEJAD et al., 1994; LEE et al., 1993) e excelente adaptação marginal, impedindo a infiltração bacteriana (ADAMO et al., 1999) e de endotoxinas (TANG et al., 1997). Essa habilidade seladora do MTA deve-se provavelmente à sua natureza hidrofílica, suave expansão quando em contato com a umidade (TORABINEJAD et al., 1995), e por promover a biomineralização (HOLLAND et al., 1999; MORETTON et al., 2000; SARKAR et al., 2005). Em uma investigação utilizando réplicas de dentes em resina, o MTA apresentou significativamente melhor adaptação às paredes dentinárias do ápice radicular em comparação ao amálgama, Super- EBA e IRM (TORABINEJAD et al., 1995). Reyes-carmona et al. (2009) analisaram a interação do ProRoot MTA, MTA Bio, MTA Branco e cimento Portland Branco com e sem cloreto de cálcio, com a dentina em PBS. As amostras permanecerem 2 meses em PBS e depois foram avaliadas em MEV. Na interface cimento-dentina foi observada a formação de uma intercamada e a deposição de material no interior dos túbulos dentinários. Os principais componentes da intercamada foram o cálcio e o fósforo, responsáveis pela formação de apatita carbonatada. A apatita carbonatada é fundamental para a formação e manutenção de tecido duro e para o aumento da capacidade seladora do material.

O MTA é composto basicamente por cimento Portland (COOMARASWAMY et al., 2007). O ProRoot MTA (Dentsply) e o MTA Angelus apresentam aproximadamente 75% e 80% de clínquer do cimento, respectivamente (DENTSPLY TULSA DENTAL, 2007; ANGELUS, 2011). Os dois materiais apresentam 20% do radiopacificador óxido de bismuto e diferem-se pela presença do sulfato de cálcio (gesso) no primeiro e maior proporção de cimento Portland no segundo. A Angelus, uma indústria brasileira, removeu o gesso da composição do seu MTA, porque na construção civil ele é empregado para retardar o tempo de presa do cimento Portland. Com isso, o tempo de presa inicial do MTA mudou de aproximadamente 4 h (ProRoot MTA) para 15 min (MTA-Angelus). O interessante é que essa mudança na composição reduziu drasticamente o tempo de presa do MTA-Angelus sem, no entanto, influenciar em suas outras propriedades físicas e biológicas. Esse avanço é considerado significativo porque com um longo tempo de presa o material pode ser lavado de uma retro-cavidade antes da sua presa inicial, causando preocupação transoperatória para os profissionais.

Apesar de apresentar boas propriedades biológicas e físico-químicas, responsáveis pela sua aceitação como material padrão-ouro para uma série de aplicações, o MTA ainda apresenta alguns inconvenientes, como o longo tempo de presa, que favorece a solubilidade e/ou desintegração ou seu deslocamento de uma cavidade retrógrada (KOGAN et al., 2006); a consistência arenosa que dificulta a inserção em retropreparos e perfurações (LEE et al., 2004), e o custo relativamente alto (SAIDON et al., 2003; MENEZES et al., 2004).

Modificações na composição química do MTA podem trazer melhorias consideráveis nas propriedades do cimento e, como consequência, melhoria nos resultados clínicos. Vale lembrar a frase publicada por Bernabé & Holland (2004): “Conhecer melhor o material que revolucionou o meio odontológico é muito importante, pois a partir desse conhecimento pode-se entender o seu comportamento e propor melhorias em suas propriedades físico-químicas e biológicas”. Diante disto, pode-se pensar em novas pesquisas no sentido de solucionar ou mesmo atenuar os seus aspectos inconvenientes e as limitações do MTA.

O cimento Portland vem sendo testado como potencial substituto do MTA, sendo comparado à ele, em várias pesquisas (ABDULLAH et al., 2002; HARRINGTON et al., 2005; JUAREZ-BROON et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2006; KOGAN et al., 2006). Na engenharia e construção civil o cimento Portland é estudado há muito tempo. No Brasil, a indústria do cimento fundou, em 1936, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), uma entidade sem fins lucrativos, mantida por ela. A ABCP possui uma biblioteca com uma vasta literatura sobre o cimento e suas aplicações, local onde buscamos algumas informações abordadas aqui. Devido à semelhante composição, pode-se aplicar ao MTA todo o conhecimento científico e o aprimoramento tecnológico empregado no cimento Portland.

Recentemente na Odontologia, alguns investigadores agregaram aditivos rotineiramente usados na construção civil a estes materiais com o intuito de melhorar suas propriedades físico-químicas (ABDULLAH et al., 2002; HARRINGTON, 2005; JUAREZ-BROON et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2006; KOGAN et al., 2006). Até o momento, o aditivo mais utilizado tem sido o cloreto de cálcio (CaCl_2).

Para melhor compreensão do efeito do CaCl_2 e de outros aditivos no cimento Portland, se faz necessário um breve preâmbulo sobre o assunto.

Aditivos são produtos empregados na elaboração de concretos, argamassas e caldas de cimento para modificar certas propriedades do material fresco ou endurecido, tornando-os mais fáceis de manusear e incrementando sua resistência diante das solicitações físico-químicas. São classificados segundo sua ação principal em três grupos: de ação física, química e físico-química (MANUAL TÉCNICO VEDACIT, 2003).

Dependendo de suas características, os aditivos proporcionam ao concreto as seguintes vantagens:

- ✓ aumento da trabalhabilidade, sem aumento do consumo de água;
- ✓ redução do consumo de água, mantendo a mesma trabalhabilidade, trazendo assim maior resistência;
- ✓ redução da água e do cimento, na mesma proporção, mantendo a mesma trabalhabilidade e a mesma resistência original;
- ✓ aumento das resistências iniciais;
- ✓ retardação ou aceleração da pega;
- ✓ redução da exsudação;
- ✓ aumento da durabilidade frente à ação físico-química;
- ✓ redução do coeficiente de permeabilidade;
- ✓ controle da expansão causada pela reação álcali/agregado;
- ✓ anulação da retração ou leve expansão;
- ✓ redução da segregação;
- ✓ penetração do concreto em ferragens densas;
- ✓ aumento da aderência do concreto à ferragem;
- ✓ melhor aspecto e acabamento;
- ✓ ausência de trincas ou fissuras;
- ✓ possibilidade de concretagens em temperaturas elevadas;
- ✓ redução no custo unitário do concreto.

Além de serem classificados por sua função principal, os aditivos também possuem funções secundárias que, muitas vezes, são desejáveis. Na classificação são excluídos determinados aditivos sólidos que são adicionados ao cimento, geralmente em grandes quantidades, como é o caso da pozolana, escória e o gesso que, na verdade, são considerados adições.

A ABNT, através da EB-1763, estabelece a seguinte classificação para os aditivos:

- Aditivo plastificante (tipo P)
- Aditivo retardador (tipo R)
- Aditivo acelerador (tipo A): Produto que diminui os tempos de início e fim de pega do concreto, e que acelera o desenvolvimento das suas resistências iniciais.

- Aditivo plastificante retardador (tipo PR)
- Aditivo plastificante acelerador (tipo PA)
- Aditivo incorporador de ar (tipo IAR)
- Aditivo superplastificante (tipo SP)
- Aditivo superplastificante retardador (tipo SPR)
- Aditivo superplastificante acelerador (tipo SPA)

Os aceleradores são aditivos de ação química cujo principal componente é o CaCl_2 . Eles visam diminuir o tempo de presa do cimento Portland e também melhorar suas propriedades físico-químicas. São indicados, por exemplo, quando o concreto é solicitado em curto prazo: fundações, túneis, pavimentações, canalizações, chumbamentos, reparos urgentes, e outros. Eles aceleram o início e o fim da pega do cimento, reduzem a água de amassamento e permitem ao concreto resistir, mesmo em baixas idades, às pressões hidrostáticas, evitando o carreamento da pasta de cimento por água corrente (MANUAL TÉCNICO VEDACIT, 2003). Essas características são importantes para o emprego do MTA como material retroobturador.

Vale a pena destacar novamente a química do cimento Portland para se entender melhor o comportamento do CaCl_2 . O cimento Portland é composto basicamente por 55 a 60% de silicato tricálcico (C_3S), 10 a 15% de silicato dicálcico (C_2S), 10 a 12% de aluminato tricálcico (C_3A), 7 a 8% de ferroaluminato tetracálcico (C_4AF) e, em menor porcentagem (<12%) de $\text{Ca}(\text{A},\text{F})$, gesso, magnésio, óxido de cálcio, silicato de cálcio, aluminato de cálcio, e outros.

Os silicatos (C_3S e C_2S) são os principais responsáveis pelas características mecânicas do cimento Portland e perfazem cerca de 75% da massa de cimento e formam o gel de tobermorite, o mais importante componente do aglomerante. Por este motivo, no estudo da dinâmica de hidratação do cimento, normalmente se substitui o complexo sistema água-cimento pelo sistema água-silicatos. Na reação com a água, os componentes ricos em óxido de cálcio (CaO) reagem e desenvolvem calor:

- $C_3S + H_2O = \text{gel de tobermorite} + \text{hidróxido de cálcio} = 120 \text{ cal/g.}$
- $C_2S + H_2O = \text{gel de tobermorite} + \text{hidróxido de cálcio} = 60 \text{ cal/g.}$
- $C_3A + H_2O + \text{gesso} = \text{parte do cimento hidratado} = 320 \text{ cal/g.}$
- $C_4(AF) + H_2O + Ca(OH)_2 = \text{parte do cimento hidratado} = 100 \text{ cal/g.}$
- $Mg + H_2O = Mg(OH)_2 = 200 \text{ cal/g.}$
- $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 = 275 \text{ cal/g.}$

Os hidrossilicatos ($CyHx$) têm forma de partículas fibrosas com dimensões de alguns micrometros e recobrem os grãos dos silicatos anidros. Com configuração semelhante a do mineral denominado tobermorite, o hidrossilicato é chamado de gel tobermorite. Durante a hidratação, os microcristais deste gel, como pequenos filamentos de feltro, surgem na superfície do cimento e provocam forças que determinam aglomeração e, conseqüente cristalização.

Portanto, os microcristais aderem-se entre si e aos cristais do agregado, e depois de ocorrer um entrelaçamento, formam uma estrutura sólida: argamassa ou concreto.

A pega do cimento Portland depende fundamentalmente da hidratação dos aluminatos, principalmente do C_3A , e também do C_3S em menor escala. O gesso é adicionado durante a moagem do clínquer para controlar o início de pega, visto que retarda a hidratação dos aluminatos. Já o endurecimento da pasta depende exclusivamente da hidratação dos silicatos. A matriz do gel hidratado ou o gel de cimento formado apresenta uma estrutura porosa, constituída de poros de gel (0,001 a 0,01 μm) e poros capilares (0,1 a 10 μm). Os poros de gel absorvem moléculas de água pelas forças de atração de suas paredes internas e, depois da pasta endurecida, tornam-se impermeáveis. Os poros capilares, provenientes da evaporação da água que proporcionou trabalhabilidade à mistura, tornam o cimento permeável e reduzem sua resistência mecânica.

Para hidratar o cimento é preciso, teoricamente, 42% de seu peso em água, onde 23% é consumida nas reações de hidratação e 19% saturam os poros de gel.

Acima desta porcentagem, praticamente toda água se constituirá em excesso, acarretando efeitos indesejáveis devido à formação de muitos poros capilares. Esta é a justificativa para sempre se adotar a mínima proporção água/cimento possível ao se fazer um concreto (MANUAL TÉCNICO VEDACIT, 2003).

Modificações na composição química do MTA podem trazer melhorias consideráveis nas suas propriedades física do cimento e facilitar seu manuseio. Para isso alguns investigadores agregam os aditivos rotineiramente utilizados na construção civil ao MTA com o intuito de melhorar as suas propriedades físico-químicas. Os aditivos estudados são: o cloreto de cálcio (BORTOLUZZI et al., 2006; BROON et al., 2006; BER et al., 2007; BORTOLUZZI et al., 2008; JARFANIA et al., 2009; BORTOLUZZI et al., 2009; MACNAMARA et al., 2010; ALANEZI et al., 2011) o soro fisiológico (KOGAN et al., 2006; JAFARNIA et al., 2009), solução anestésica (KOGAN et al., 2006; WATTS et al., 2007, JAFARNIA et al., 2009), hipoclorito de sódio gel (KOGAN et al., 2006; JAFARNIA et al., 2009), gluconato de clorexidina gel (KOGAN et al., 2006), K-Y gel (KOGAN et al., 2006; JAFARNIA et al., 2009), fosfato de sódio a 5 (DING et al., 2008), 10 (DING et al., 2008) e 15% (HUANG et al., 2008; DING et al., 2008; SHIE et al., 2009), gluconato lactato de cálcio (HSIEH et al., 2009; JI et al., 2011), metilcelulose (BER et al., 2007), nitrito e nitrato de cálcio (WILTBANK et al., 2007; MCNAMARA et al., 2010) e formato de cálcio (WILTBANK et al., 2007; MCNAMARA et al., 2010).

Este trabalho teve o intuito de agrupar os artigos que tiveram como objetivo melhorar as características físicas do MTA ou do cimento Portland empregando algum tipo de aditivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Relacionar através da revisão de literatura os tipos de aditivos misturados ao MTA ou ao cimento Portland até a presente data e os resultados obtidos.

2.2 *Objetivos Específicos*

- Descobrir qual é o aditivo mais estudado até o presente;
- Verificar qual aditivo apresenta os melhores resultados com relação às propriedades físico-químicas e biológicas;
- Apontar uma direção para as novas pesquisas com os aditivos.

3 METODOLOGIA

3.1 Busca e seleção dos artigos

A busca bibliográfica foi realizada no Pubmed, utilizando as seguintes palavras-chave: *additives, calcium chloride, mineral trioxide aggregate, MTA*. Após a leitura dos títulos e resumos dos artigos, foram selecionados os mais relevantes sobre o assunto. Em seguida, os artigos foram lidos, traduzidos e resumidos. A revisão da literatura foi realizada de forma cronológica para cada tipo de aditivo encontrado.

3.2 Confeção da tabela de aditivos

Uma tabela foi preenchida com os dados de cada artigo, abordando os itens: aditivos pesquisados, metodologia empregada e resultados obtidos, objetivando facilitar a compreensão e correlação dos dados coletados.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Cloreto de cálcio (CaCl_2)

O CaCl_2 é um sal formado por cálcio e cloro que é produzido partir da pedra calcária. É muito solúvel em água e à temperatura ambiente, e encontra-se no estado sólido. Tem aplicação em salmouras para máquinas de refrigeração, no controle de pó e gelo nas estradas e ainda, nos cimentos.

Embora o mecanismo de ação do CaCl_2 ainda não esteja totalmente esclarecido, sabe-se que os aceleradores facilitam a dissolução da cal e da sílica nos silicatos, e da alumina nos aluminatos. O CaCl_2 penetra nos poros do cimento e, em uma série de reações exotérmicas, acelera fortemente a hidratação dos silicatos, especialmente do C_3S , fazendo com que se cristalizem mais rápido, resultando em diminuição (de até 50%) do tempo de presa inicial e final do cimento Portland (POPOVICS, 1979; RAMACHANDRAN, 1984). Ele também pode alterar a resistência, composição química, área de superfície e as características dos poros, trazendo como vantagens o aumento da resistência à compressão e a diminuição da permeabilidade (RAMACHANDRAN, 1984). A proporção deste componente no cimento e o respectivo módulo de finura são diretamente proporcionais à velocidade de endurecimento.

O CaCl_2 vem sendo estudado como um aditivo para o MTA, com o intuito de melhorar suas propriedades físico-químicas e biológicas. AlAnezi et al. (2011), adicionaram 5% de CaCl_2 ao MTA Cinza (ProRoot) e avaliaram o tempo de presa do cimento e a adesão celular. O amálgama, o IRM, a resina composta e o MTA misturado somente com água estéril (MTAC) foram utilizados como controles positivos. Os resultados mostraram uma diminuição no tempo de presa do MTA que continha CaCl_2 com valores iniciais de 123 min, comparados aos 195 min do grupo controle com água. Quanto à adesão celular, tanto o cimento com o aditivo quanto o sem apresentaram adesão celular em sua superfície, sem diferença aparente na quantidade de células aderidas. Houve também uma distribuição celular uniforme na

interface cimento e dentina de ambos. Após 96 h, foi constatada uma proliferação celular sobre a superfície da dentina e do cimento, tanto no grupo experimental quanto no grupo controle. Comparando às amostras do controle positivo, os fibroblastos e osteoblastos se aderiram de maneira semelhante à superfície da resina composta e do MTAC. Na superfície do amálgama houve pouca adesão, e no IRM nenhuma. Concluíram, portanto, que a adição de 5% de CaCl_2 ao MTAC reduz o tempo de presa do material, sem interferir na adesão celular.

O tempo de presa do MTA com CaCl_2 também foi estudado por Bortoluzzi et al. (2009). Neste estudo o CaCl_2 foi adicionado ao MTA Branco (MTAB) e ao cimento Portland branco (CPB) numa concentração de 10%. Avaliaram o tempo de presa, a solubilidade e a desintegração e o pH dos cimentos. Assim como nos estudos de AlAnezi et al. (2011) e houve redução no tempo de presa dos cimentos com CaCl_2 . O tempo de presa inicial diminuiu 50% para os dois cimentos, já o tempo de presa final diminuiu 35,5% para o MTA branco e 68,5% para o cimento Portland. A solubilidade e desintegração dos cimentos foi obtida mediante a pesagem das amostras, seguida de imersão individualizada em 50 mL de água deionizada, e depois nova pesagem, verificando a diminuição do peso de cada amostra em comparação ao peso original. A adição do CaCl_2 reduziu a solubilidade dos cimentos testados e não promoveu desintegração. O pH da água em que se encontravam as amostras foram medidos imediatamente após o material ser imerso e após 24 e 72 h. Os autores encontraram um aumento do pH da água do MTAB em todos os períodos avaliados, e para o CPB, o aumento ocorreu imediatamente após a imersão e passadas 24 h.

Bortoluzzi et al. (2006) também mostraram um aumento do pH dos cimentos ProRoot MTA, MTA Branco (Angelus) e do Cimento Portland quando adicionado 10% de CaCl_2 imediatamente após a imersão em água. O estudo também avaliou a liberação de íons cálcio na água deionizada onde as amostras foram imersas nos períodos imediato, 60 min e 24 h. Observaram que a presença do CaCl_2 favoreceu a liberação de íons cálcio em todos os períodos analisados e de forma semelhante em todas as amostras. Os autores relataram que além de ter melhorado quimicamente os cimentos, o aditivo facilitou a manipulação e uma menor quantidade de água foi necessária na mistura para atingir uma consistência adequada.

Ber et al. (2007) com o intuito de aprimorar as características da manipulação do MTA realizaram um estudo piloto com o CP procurando a concentração mais adequada de dois aditivos, o CaCl_2 e a metilcelulose (MC). Além disso, o avaliou o tempo de presa dos materiais e a resistência à compressão. As amostras eram formadas por MC 1, 2 e 3% adicionados ao CP; MC 1, 2 e 3% + 2% de CaCl_2 adicionados ao CP e 2% de CaCl_2 adicionado ao CP, compondo um total de 7 grupos. Na primeira etapa, verificaram que a utilização de 2% de CaCl_2 como aditivo aumentou significativamente a resistência à compressão inicial, mas após 3 semanas esta diminuiu em todas as amostras quando comparadas ao grupo controle (MTA misturado com água destilada). Quanto ao tempo de presa, o grupo controle atingiu 183 min, e as amostra de 1 e 2% de MC + 2% de CaCl_2 obtiveram os menores valores, de 60 e 107 min respectivamente. Dessa forma, a combinação recomendada para os testes com o MTA foram as de 1% e 2% MC + 2% de CaCl_2 , as quais apresentaram boas propriedades de manipulação, menor tempo de presa e resistência à compressão semelhante a do grupo controle. O teste seguiu-se adicionando 1% MC + 2% de CaCl_2 e 2% MC + 2% de CaCl_2 ao MTA cinza. A resistência à compressão foi semelhante ao grupo controle. Já no tempo de presa, houve uma redução quando comparado ao controle. O grupo com 1% MC apresentou os menores valores, de 57 min, e o segundo grupo 105 min, e o controle de 202 min. Concluíram que o grupo com 1% MC + 2% de CaCl_2 apresentou as mesmas características de manipulação do cimento de óxido de zinco e eugenol, mostrou a mesma resistência à compressão que o controle e reduziu o tempo de presa.

Jafarnia et al. (2009) investigaram a citotoxicidade do ProRoot MTA cinza (MTAC) e ProRoot MTA branco (MTAB), quando adicionado 5% de CaCl_2 . As amostras foram semeadas em cultura celular de fibroblastos de ratos e incubadas. Os testes para avaliação da citotoxicidade dos materiais foram realizados após 24, 48 e 72 h de incubação. As amostras também foram divididas em dois grupos, aquelas recentemente manipuladas e as que já haviam tomado presa. Para todos os dois grupos e em todos os períodos as amostras de MTAC e MTAB apresentaram citotoxicidade semelhante ao grupo controle, misturado com água. Além disso, os autores observaram que as características de manipulação foram semelhantes ao grupo controle.

Com o mesmo intuito, MacNamara et al. (2010) também realizaram um estudo para avaliar a biocompatibilidade do MTA com 5% de CaCl_2 . A resposta inflamatória do tecido ósseo de ratos, após osteotomias preenchidas com o cimento, foi avaliada por meio de análise histológica. Como controle, algumas osteotomias não foram preenchidas, apenas irrigadas com solução salina, e outras amostras foram preenchidas com MTAC preparado com água estéril. Trinta dos sessenta animais utilizados foram sacrificados após 2 semanas para observação da resposta inflamatória a curto prazo. Os outros trinta foram sacrificados após 8 semanas, para observar a resposta a longo prazo. Os resultados mostraram que nas duas primeiras semanas não houve diferença entre o material testado e o grupo controle, havendo na maioria das amostras inflamação de leve a moderada. Após 8 semanas, os resultados foram similares, em algumas amostras houve ausência de inflamação e em outras inflamação leve. Apesar de as osteotomias terem sido realizadas entre as raízes de molares inferiores, a resposta do ligamento periodontal também foi analisada, e os resultados mostraram uma resposta favorável à colocação desses materiais. A formação de tecido osteóide foi observada em 16% das amostras de 8 semanas. Os autores concluíram que CaCl_2 deve ser considerado como uma alternativa biocompatível em um procedimento clínico que exija um tempo de presa rápido.

Broon et al. (2006) realizaram perfurações radiculares em dentes de cães e selaram com o ProRoot MTA, MTA Angelus ou cimento Portland, todos com 10% de CaCl_2 . O objetivo era observar a resposta dos tecidos periodontais 90 dias após o selamento. Catorze dentes foram analisados histologicamente e foi observada uma resposta semelhante para os três cimentos testados. Onze dentes apresentaram neoformação de tecido mineralizado e presença de processo inflamatório moderado. Ao exame radiográfico observaram extravasamento de material para o tecido periodontal em 10 dos 14 dentes estudados. Segundo os autores o infiltrado inflamatório estava associado ao material extravasado no tecido periodontal, e encontrava-se em processo de reparo. Os autores concluíram que a presença de CaCl_2 não influenciou negativamente a resposta dos tecidos, proporcionando condições para o reparo. Ressaltaram também sobre o cuidado com o extravasamento de material para evitar o processo inflamatório local.

Bortoluzzi et al. (2008) obtiveram resultados semelhantes ao avaliarem a reação do tecido pulpar após pulpotomia e capeamento com ProRoot MTA (branco) com e sem 10% de CaCl_2 . A pesquisa foi conduzida em 24 dentes de cães que tiveram o acesso endodôntico realizado, remoção da porção coronária da polpa e aplicação do MTA. 90 dias após o procedimento esses dentes foram analisados histologicamente. Todos os espécimes apresentaram vitalidade pulpar. Além disso, ambos os cimentos testados proporcionaram a formação de uma barreira de tecido mineralizado espessa e bem definida, que se estendia às paredes de dentina do canal. A adição de 10% de CaCl_2 não alterou a propriedade do MTA de formar tecido mineralizado após uma pulpotomia.

No entanto, Parirokh et al. (2011) reportaram resultados desfavoráveis ao utilizarem ProRoot MTA cinza (MTAC) com 10% de CaCl_2 em exposições pulpares. Um total de 27 dentes de cães foram dentes submetidos ao capeamento pulpar direto utilizando MTAC com e sem 10% de CaCl_2 . Após dois meses os cães foram sacrificados e os dentes foram armazenados em solução formalina 10% por 2 semanas, desmineralizados em ácido fórmico, corados com hematoxilina e eosina e analisados histologicamente. Os resultados apontaram que os dentes selados com MTAC + 10% de CaCl_2 apresentaram um maior número de células inflamatórias crônicas, necrose e uma menor formação de ponte mineralizada completa. Além disso, o tecido mineralizado desse grupo de dentes era de qualidade inferior quando comparado ao grupo de dentes sem a presença de CaCl_2 . Os autores concluíram que o MTAC com 10% de CaCl_2 , não melhorou a resposta do tecido pulpar frente aos capeamentos.

Visto que uma das indicações para a utilização do MTA são obturações retrógradas (TORABINEJAD et al., 1994; TORABINEJAD et al., 1995), um estudo realizado por Bortoluzzi et al. (2006) avaliou a capacidade de vedação de três cimentos: ProRoot MTA (MTAP), MTA Angelus branco (MTAB) e cimento Portland branco (CPB) com e sem 10% de CaCl_2 . Para isso, 70 raízes de pré-molares humanos extraídos foram modeladas e obturadas com cimento de óxido de zinco e eugenol. Em seguida, 2mm da porção apical das raízes foi seccionada e sua superfície externa foi revestida com uma camada de resina epóxi de secagem rápida, e duas mãos de esmalte para evitar absorção de corante por qualquer outra

superfície sem interesse para o estudo. Cavidades com profundidade de 4 mm foram preparadas na porção apical da raiz e os materiais testados foram condensados nessas cavidades. Os grupos experimentais foram divididos de acordo com o material utilizado na obturação retrógrada. Grupo I: MTAP; Grupo II: MTAP + 10% de CaCl_2 ; Grupo III: MTAB; Grupo IV: MTAB + 10% de CaCl_2 ; Grupo V: CPB + 20% de óxido de bismuto; Grupo VI: CPB + 20% de óxido de bismuto + 10% de CaCl_2 . Cinco raízes não foram submetidas à obturação retrógrada e ao revestimento, apenas obturadas com guta-percha e cimento óxido de zinco e eugenol, utilizadas como controle positivo. Outros cinco dentes da mesma forma obturados e submetidos à apicectomia, foram completamente revestidos com resina epóxi de secagem rápida e verniz para as unhas, e utilizados como controle negativo. Os espécimes então foram imersos em solução de 0,2% de Rodamina B durante 72h. Após esse período foram removidos da solução de corante e enxaguados por 12h em água corrente. Por fim, a sua porção apical foi seccionada no sentido vestibulo-língual para ser análise do grau de infiltração da Rodamina. Os resultados mostraram que os Grupos VI e IV apresentaram a menor média de valores para a infiltração marginal. Além disso, os testes mostraram que a influencia do CaCl_2 independente do material utilizado melhora a capacidade de vedação dos materiais. Portanto, os autores concluíram que a presença do acelerador melhorou a capacidade de vedação dos materiais testados.

4.2 Soro fisiológico, hipoclorito de sódio gel, solução anestésica, gluconato de clorexidina gel, K-Y gel.

Kogan et al. (2006) adicionaram lidocaína 2%, gluconato de clorexidina gel, K-Y, NaOCl 3% gel e soro fisiológico à um grama de pó de MTA ProRoot cinza (MTAC), objetivando identificar os tipos e porcentagem dos aditivos para melhorar as propriedades do MTAC. Os resultados observados se diferem do estudo de Watts et al. (2007), visto que neste estudo a mistura do MTAC com lidocaína 2% causou um aumento na resistência à compressão do material, com valores que passaram de 28.4 MPa no grupo controle, para 32.6 Mpa no grupo teste. Kogan et al. (2006) também mostraram que o uso de soro fisiológico causa aumento da resistência à

compressão do MTAC, excedendo o valor para 39.2 MPa e que esses valores diminuiriam quando o gluconato de clorexidina gel, K-Y e NaOCl 3% gel foram utilizados. As propriedades de manipulação e o tempo de presa também foram avaliados. Os autores mostraram que as propriedades de manipulação do MTA com lidocaína 2% são similares à manipulação do MTA preparado com água estéril. Os autores também observaram os mesmos resultados para a mistura do MTA com soro fisiológico. Estes estudos, no entanto, diferem quanto à manipulação das amostras usando o K-Y, os autores apontam dificuldade na incorporação do pó ao aditivo, resultando em uma consistência não uniforme. Ademais, os autores mostram que o gluconato de clorexidina gel também mostrou características desfavoráveis sendo muito pegajoso e de difícil manipulação. A melhor mistura foi a observada nas amostras de NaOCl 3% gel, sendo o aditivo de mais fácil manipulação, podendo ser comparado ao IRM. O NaOCl 3% gel apresentou menor tempo de presa em relação ao grupo controle, com um decréscimo de 50 para 20 min, juntamente com o K-Y que apresentou o mesmo valor. Os tempos de presa aumentaram nas amostras com soro fisiológico e lidocaína 2% que obtiveram tempos de 90 e 120 min respectivamente. Já nas amostras de gluconato de clorexidina gel não foi observada a presa do material ao final de 4 h.

Watts et al. (2007) utilizaram em seu estudo lidocaína 2% misturada ao ProRooT MTA branco (MTAB) e cinza (MTAC) e compararam às amostras de MTA misturadas com água estéril. Assim, 0,35 mL de água estéril ou lidocaína 2% foram adicionadas a 1 g de pó. O objetivo deste estudo foi testar a resistência à compressão do MTA, quando exposto a um ambiente ácido por um período determinado. Ao total 248 amostras foram misturadas e imersas em solução tampão-fosfato (PBS) com um pH de 5.0 ou 7.4 e por um período de 7 ou 28 dias. Portanto, as amostras foram subdivididas em categorias baseadas no tipo de MTA, no aditivo misturado, no pH e nos dias imersos em PBS. Para os testes de resistência à compressão as amostras foram colocadas entre placas e comprimidas a uma velocidade de 1mm/min, e cada força de fratura do material foi registrada para a construção do gráfico. Com relação ao tipo de MTA utilizado os resultados mostram que MTAB é significativamente mais forte que o MTAC quando à estes são misturados lidocaína 2%. Já as amostras que preparadas com água estéril não apresentam diferença significativa. Comparando o pH da solução com a força de

resistência do material, o estudo mostra que o MTAB e o MTAC misturados com lidocaína 2%, quando imersos em solução com pH 5.0, apresentaram significativa diminuição na resistência à compressão. Os MTAs preparados com água estéril não tiveram diferença na resistência à compressão em ambos os valores de pH. Ao ser analisado o período de tempo em que os grupos ficaram imersos em PBS, os resultados mostram que após 28 dias, as amostras de MTAB e MTAC misturadas com lidocaína 2%, apresentaram uma diminuição significativa na resistência à compressão e naquelas em que se utilizou água estéril, não se obteve diferença. Conclui-se que a mistura do MTAB e MTAC com lidocaína 2% exposta a um ambiente ácido, causa uma diminuição na sua resistência à compressão. Já a mistura do material com água estéril não causa diferença na resistência à compressão. No entanto, os autores mencionam, que o pH ácido tem um efeito prejudicial sobre a presa do MTAB misturado com água estéril.

Com o objetivo de avaliar a citotoxicidade do MTA frente a diferentes aditivos, Jarfania et al. (2009), realizaram um estudo utilizando o ProRoot MTA cinza e o ProRoot MTA branco manipulados com diferentes aditivos, como o soro fisiológico, o hipoclorito de sódio gel a 3%, a lidocaína 2% e o K-Y gel. As amostras foram compostas de MTA recentemente manipulado e MTA com presa tomada. Para realização do experimento culturas de fibroblastos foram incubadas por 24 h conferindo melhor adesão ao material, e 18 amostras de MTA para cada grupo experimental foram depositadas em meio às culturas celulares. O conjunto foi incubado e os testes realizados após 24, 48 e 72 h. O grupo controle foi aquele em que o MTA não recebeu nenhum tipo de tratamento. Com relação às características de manipulação, os resultados mostraram que o MTA preparado com lidocaína 2% e com água estéril apresentaram características semelhantes. As amostras com hipoclorito de sódio 3% e K-Y gel apresentaram melhores características de manipulação, podendo ser comparados ao cimento óxido de zinco e eugenol. Quanto à citotoxicidade do material, todas amostras de MTA que já haviam tomado presa não apresentaram diferença significativa na viabilidade celular. No entanto, o MTAC com adição de hipoclorito de sódio 3% recentemente manipulado obteve a menor viabilidade celular nos 3 períodos e as amostras com K-Y gel demonstraram resultados semelhantes às amostras de NaOCl 3% no período de 72 h. O MTAB recentemente manipulado mostrou-se semelhante ao grupo anterior, com menor

viabilidade celular das amostras que utilizaram hipoclorito de sódio 3% como aditivo. Estes resultados foram observados nos três períodos testados e a viabilidade celular para este grupo foi de 46%, 29% e 50% nos períodos de 24, 48 e 72 h respectivamente. Este estudo demonstrou que os vários aditivos testados não produzem efeito citotóxico após a presa inicial do MTA. E com exceção do hipoclorito de sódio 3%, todos os demais aditivos não possuem efeito citotóxico mesmo recentemente manipulado. Contudo, a citotoxicidade do hipoclorito de sódio 3% não possui significância clínica, considerando que as amostras possuíam ainda de 29 a 50% de viabilidade celular em culturas celulares de 0.32 cm². Os autores concluíram que o MTA é biocompatível mesmo quando misturado com diferentes aditivos.

4.3 Fosfato de sódio

Com o intuito de avaliar a aceleração no tempo de presa, o pH, a resistência à tração e a composição do material, o estudo de Huang et al. (2008) testou o Na₂HPO₄ a 15, 10 e 5% como aditivo para o ProRoot MTA branco (MTAB). Os cimentos foram manipulados conforme as instruções do fabricante para a proporção pó/líquido de 0.3 ml/g. Após a espatulação, o material foi colocado em moldes de aço cilíndricos e armazenados em uma incubadora com 100% de umidade relativa e 37° C de temperatura. Foram realizadas as seguintes análises: tempo de presa final, valores de pH e resistência à tração. O tempo de presa foi registrado quando a agulha Gilmore não criava marcas com 1 mm de profundidade em três áreas separadas. A variação do pH foi avaliada através de um pHmetro durante o período de presa do material. E o teste de resistência à tração foi realizado numa máquina EZ-teste a uma velocidade de 0.5mm/min em tempos determinados também durante a presa do material. Para análise da relação entre a composição da fase e a presa do material a reação foi interrompida utilizando etanol pela técnica de Fukase, e em seguida as amostras foram moídas e submetidas à difração de Rx. Os resultados mostraram que a utilização do aditivo Na₂HPO₄ como acelerador reduziu significativamente o tempo de presa do MTAB, de 151 min do grupo controle, para 108, 89 e 26 min com a utilização do Na₂HPO₄ 5%, 10% e 15% respectivamente. A

concentração de Na_2HPO_4 foi avaliada para determinar o tempo necessário para atingir a resistência mecânica máxima. O Na_2HPO_4 15% obteve os melhores resultados, com resistência de 0,7 MPa em apenas 30 min, mais elevado que a resistência obtida nas outras amostras com um tempo de presa de 3 h. O valor máximo de resistência para a concentração de 15% foi após 6 h de presa do material, com um valor de 4,9 MPa. O estudo ainda relata que o aditivo utilizado não alterou o valor do pH do MTAB. Dessa forma, os autores recomendam o uso do Na_2HPO_4 15% como possível acelerador do MTAB.

Ding et al. (2008) avaliaram as algumas propriedades físicas e biológicas do ProRoot MTA branco (MTAB) com Na_2HPO_4 nas concentrações de 15, 10 e 5%. As seguintes propriedades foram analisadas: tempo de presa, pH, viabilidade celular, morfologia e componentes dos espécimes. O grupo controle foi representado pelo MTA preparado com água destilada. As leituras de pH foram realizadas nos períodos de 10 à 60 min e 30 à 240 min. O teste foi repetido três vezes para cada grupo para obtenção de um gráfico com base no tempo. A análise do pH foi realizada somente entre o grupo controle e o MTA com Na_2HPO_4 15% e o resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os dois grupos nos três períodos observados. O MTA com Na_2HPO_4 15% apresentou o menor tempo de presa (38,3 min). Para análise da morfologia dos materiais testados, foi utilizada microscopia eletrônico de varredura (MEV). Os resultados do MEV revelaram que o grupo controle e o grupo do MTA com Na_2HPO_4 15% apresentaram formações cristalinas irregulares em forma e tamanho. No entanto, o grupo controle apresentou uma maior rugosidade na superfície do material nos períodos de 30 min, 1, 3 e 6 h. Contudo, após 24 h ambos os grupos apresentaram uma superfície mais plana. A composição dos materiais testados foi analisada através de um difratômetro de raios-X. Os resultados da difração mostraram que os principais picos de raios-X dos espécimes testados, foram semelhantes ao grupo controle. Componentes como C3S, C2S e C3A foram identificados tanto nos grupos testes como no grupo controle. A análise da viabilidade celular foi determinada analisando o crescimento celular e a citotoxicidade do MTA. Para análise do crescimento celular, fibroblastos de ratos foram semeados sobre a superfície dos espécimes e cultivados por um período de 72h. Após esse período as células cultivadas foram observadas MEV. A microscopia mostrou que as células estavam proliferando sobre a superfície do MTA

em ambos os grupos. Para análise da citotoxicidade, os espécimes foram imersos em meio de cultura contendo células L929 e testes foram realizados após 24 h e 7 dias da imersão do material. O estudo mostrou que não havia diferença significativa entre o MTAB com Na₂HPO₄ 15% e o grupo controle em ambos os períodos analisados. Além disso, a taxa de sobrevivência celular foi calculada e mostrou-se superior a 90%. Os autores concluíram que o MTAB com Na₂HPO₄ apresentou menor tempo de presa, manteve o valor de pH e demonstrou biocompatibilidade mantendo-se semelhante ao MTAB preparado com água estéril.

Shie et al. (2009) realizaram um estudo com o intuito de investigar o comportamento do ProRoot MTA com Na₂HPO₄ 15% frente a um ambiente com soluções de pH 6,4 e 4. ProRoot MTA misturado com água estéril foi utilizado como grupo controle. Para realização do estudo 76 amostras foram preparadas e incubadas com umidade relativa de 100% à 37° por um período de 24 h. Vinte oito amostras foram utilizadas para análise morfológica e as 48 restantes para determinar a alteração de peso e a resistência à tração. As soluções utilizadas para a imersão foram preparadas com íons inorgânicos em uma concentração semelhante à saliva e o pH foi ajustado para 6,4 e 4 por meio de ácido láctico. As amostras foram imersas em 10 mL de solução e sua avaliação foi realizada após um período de 7, 15 e 30 dias. A morfologia da superfície do cimento foi observada antes e depois da imersão das amostras por meio de MEV. Duas amostras de cada grupo foram observadas. Os resultados mostraram que antes da imersão, ambos os grupos possuíam a superfície do cimento lisa e com partículas emaranhadas. Após a imersão em um solução de pH 4.0, por 7 e 30 dias, o grupo controle exibiu estruturas cristalinas em forma de placas na superfície do cimento. O restante dos grupos apresentaram agregados esféricos na superfície em ambos pH e períodos analisados. Para determinar a degradação do cimento, as amostras foram secas em um forno à 120°C durante 3 h, antes e depois de serem imersas na solução fisiológica, e pesadas com uma balança digital. Quatro amostras foram utilizadas para cada grupo, e cada uma delas também foi submetida ao teste de resistência à tração. Com relação a mudança de peso, ambos os grupos resultaram em perda relativamente baixa de peso ao fim de 7 dias em solução e em ambos os pH. Após o período de 15 dias o grupo com Na₂HPO₄ 15% apresentou um aumento acentuado de peso, e após 30 dias todos os grupos exibiram aumento. Apenas na análise de

15 dias em pH 4, o grupo do MTA com Na₂HPO₄15% apresentou valores inferiores ao grupo controle de resistência à tração. Os autores concluíram que a adição do acelerador Na₂HPO₄ 15% ao MTA não afetou significativamente a resistência à tração, a solubilidade e a microestrutura frente a um ambiente ácido.

4.4 Gluconato lactato de cálcio

Com o objetivo de melhorar as propriedades do MTA, Hsieh et al. (2009) adicionaram Gluconato lactato de cálcio (GLC) ao MTA teste (MTAT), preparado com 75% de cimento Portland, 20% de óxido de bismuto e 5% de gipsita. O ProRooT MTA branco (MTAB) foi usado como grupo controle. A estrutura do pó do GLC foi examinada através da difração de Rx (DRX), após serem filtrados e secos. Os compostos gluconato de cálcio (GC) e lactato de cálcio (LC) foram igualmente examinados. Os resultados obtidos mostram que ao contrário do GLC que revelou característica amorfa, o pó do GC e LC apresentaram picos agudos na análise de DRX, indicando suas propriedades cristalinas. Além disso, o GLC apresentou maior solubilidade que os seus componentes individuais. Uma série de estudos iniciais foi realizada para determinar a concentração de GLC mais apropriada para diminuir o tempo de presa do MTAT, sendo 23,1% a porcentagem escolhida. O tempo de presa inicial do MTAT e MTAB, averiguado por meio de uma agulha Vicat a cada 5 min, foi de 166,7 e 155 min, respectivamente. Quando foram acrescentados 23,1% de GLC o tempo de presa foi reduzido para 16,7 min (MTAT) e 12,3 min (MTAB). Os autores ressaltaram que o acréscimo de 23,1% GLC melhorou as características de manipulação de ambos os cimentos. Para avaliação dos valores de pH foi utilizado um medidor pH calibrado previamente. Quatro amostras foram preparadas, MTAB com água deionizada e MTAB com GLC 23,1%, e imersas individualmente em suportes contendo 60 mL de água deionizada e armazenadas a 37°C. As leituras foram realizadas após intervalos de tempo até 72 h. O estudo mostrou um valor crescente de pH com o passar do tempo. Nos 10 primeiros minutos o MTAB com água deionizada e MTAB com GLC 23,1% apresentaram valores de 10.36 e 10.56, respectivamente. Duas horas depois o pH aumentou para 12.07 e 11.83 e finalmente após 72 h os valores chegaram a um platô de 12.29 e 11.81, os grupos apresentaram diferença estatística entre si. Os autores concluíram que a utilização do GLC 23,1% como acelerador pode melhorar o tempo de presa do MTA e as suas

propriedades de manipulação, sem interferir em sua propriedade antimicrobiana, por não alterar o pH.

Com a finalidade de avaliar a influência do Gluconato lactato de cálcio (GLC) nas propriedades mecânicas e biológicas do MTA, Ji et al. (2011) misturaram o ProRoot MTA branco (MTAB) e um MTA teste [MTAT - preparado com cimento Portland (75%), óxido de bismuto (20%) e gipsita (5%)] com água deionizada e GLC sob a proporção pó/liquido de 4g/mL. Um medidor de pH, calibrado com soluções padrões, foi empregado para observar os valores de pH das amostras, após 24 h de imersão em 60 mL de água deionizada. Os resultados mostram que os valores de pH dos grupos MTAB foram ligeiramente superiores aos grupos MTAT. Para análise da atividade antibacteriana, culturas de *Streptococcus Mutans* foram diluídas em PBS e suspensões bacterianas foram misturadas ao MTA recém-manipulado. Após incubação à temperatura ambiente durante 5, 15, 60 e 240 min a taxa de sobrevivência das bactérias nas soluções foi avaliada. Em uma segunda etapa, as amostras foram novamente incubadas durante 48 h à 37° para contagem das colônias bacteriana nas placas e cálculo da relação antibacteriana. Os autores observaram que após 15 min de exposição em ambos os grupos MTAB e MTAT, com GLC, as bactérias não foram completamente mortas, ao passo que com a utilização de água deionizada para o grupo MTAB, conseguiu-se a eliminação de 100% das bactérias neste período. Em 60 min, todas as amostras de MTAB e MTAT misturadas com água deionizada eliminaram completamente as bactérias. As proporções antibacterianas para o grupo MTAT misturados com GLC foram de 59.4% aos 60 min e superior a 99% após 240 min. A avaliação da taxa de sobrevivência celular também foi testada, para isso, osteoblastos de ratos foram semeados na superfície das diferentes amostras. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os grupos MTAB e MTAT hidratado com água deionizada. No entanto, a taxa de sobrevivência celular para o grupo MTAB misturado com GLC foi estatisticamente superior ao conjunto MTAB e água deionizada, com valores de 109.1% e 96.5%, respectivamente. A morfologia destas células semeadas na superfície do cimento foi examinada por MEV. As células da superfície do MTAB apresentavam-se achatadas e com um citoplasma espalhado. Nos grupos MTAB misturados com GLC os citoplasmas celulares apresentavam protruções nucleares, o que sugeria aderência e células saudáveis. Por fim, os

autores testaram a resistência à tração do MTAT misturado com água deionizada ou GLC. Os testes foram realizados no primeiro e 21^o dia após a mistura do material. Após um dia observou-se que a força de resistência dos grupos hidratados com água deionizada foi estatisticamente superior, com valor de 2.09 MPa, ao grupo que usou GLC como líquido. Para este último a força de resistência aumentou de 0.22 MPa para 4.88 MPa do primeiro para o 21^o dia, entretanto no 21^o dia não existia diferença estatística entre as amostras. Os autores concluíram que a utilização de GLC como aditivo pode melhorar a atuação clínica sem comprometer a atividade antibacteriana e as propriedades mecânicas após um longo período, além disso, o uso deste aditivo pode aumentar a biocompatibilidade do material, beneficiando o tratamento endodôntico.

4.5 Nitrito, nitrato de cálcio e formato de cálcio

Com o objetivo de diminuir o tempo de presa do MTA, Wiltbank et al. (2007) adicionaram os aditivos nitrito/nitrato de cálcio (N/NC) e formato de cálcio (FC) ao cimento Portland (CP) e ao ProRoot MTA branco (MTAB) e cinza(MTAC). O estudo analisou o tempo de presa, a estabilidade dimensional, a mudança de temperatura, e o pH dos cimentos. Grupos foram formados conforme o tipo de aditivo empregado. Todos os testes foram feitos em triplicata. A proporção pó/líquido foi de 3:1, conforme as recomendações do fabricante. O tempo de presa inicial foi testado com a utilização de uma agulha de Gilmore, aplicada na superfície da amostra durante 5 s. O tempo inicial foi definido a agulha deixou de marcar a superfície do material. Em todas as amostras, com exceção do MTAB misturado ao N/NC, o tempo de presa foi significativamente menor que o do grupo controle, misturado à água deionizada. O tempo de presa do grupo controle foi em torno de 70 min enquanto o do CP, MTAB e MTAC, misturados com formato de cálcio, foi de 9, 6 e 8.7 min, respectivamente. Para os cimentos CP e MTAC misturados com N/NC os tempos de presa foram 7,3 e 7 min, respectivamente. Entretanto, este aditivo não afetou significativamente o tempo de presa do MTAB, sendo de 66,7 min. Para análise da estabilidade dimensional, os materiais foram colocados em moldes, envolvidos em gaze umedecida e incubados a 37^o por 48 h. Após esse período o material foi removido do molde e seu diâmetro mensurado. Em seguida as amostras foram armazenadas em água, e depois de 30 dias foram novamente medidas. O comprimento final de cada

amostra dividido pelo comprimento inicial resultou nos valores de estabilidade dimensional. Os resultados mostram que não houve diferença significativa na alteração dimensional entre os grupos experimentais e grupo controle. Em geral uma expansão leve e constante foi observada, com exceção das amostras que foram adicionados N/NC ao MTAB (contração média de 0,11%), e ao MTAC (0,05%). O pH e a mudança de temperatura foram realizados simultaneamente. Metade das amostras foi envolvida em uma ponta calibrada medidora de pH e a outra metade utilizada para revestir uma ponta termômetro. As medições foram realizadas logo após a mistura e 1, 5 e 10 min dela. A única diferença significativa entre grupo controle e grupo experimental foi observada na amostra MTAC + N/NC, que resultou em um aumento de 2,97°C. Com relação ao pH, o N/NC diminuiu significativamente os valores do PC e MTAC. Já a mistura do FC resultou em um aumento no pH do grupo MTAB e não houve diferença significativa nos grupos do CP e MTAC comparado ao grupo controle, no entanto esses grupos tenderam para um aumento do valor. Os autores concluem que esses aditivos aceleram o tempo de presa do MTA, no entanto merecem estudos mais aprofundados, incluindo a capacidade de vedação e a biocompatibilidade.

McNamara et al. (2010) analisaram o nitrato/nitrito de cálcio (N/NC) e o formato de cálcio (FC) adicionados ao MTA ProRoot Cinza (MTAC) . A pesquisa foi baseada na avaliação histológica da mandíbula de ratos que foram submetidos à osteotomias preenchidas pelos materiais testados. O tamanho e profundidades das cavidades na mandíbula foram controlados usando uma broca de comprimento conhecido. As lojas cirúrgicas foram preenchidas aleatoriamente com os seguintes cimentos: MTAC misturado com N/NC ou FC, como grupos experimentais. Como grupos controles, algumas lojas cirúrgicas foram preenchidas com MTAC misturados com água estéril, e outras não foram preenchidas. Passados os períodos experimentais, as mandíbulas foram dissecadas e preparadas para análise histológica. A resposta inflamatória após duas semanas do preenchimento, não mostrou diferença estatística entre os grupos controles e experimentais. A inflamação observada nas amostras demonstrava-se de leve à moderada. Após oito semanas, o grupo com FC apresentou-se significativamente diferente do grupo controle por apresentar reação inflamatória grave, e por não haver induzido a

formação de tecido osteóide. Já o grupo que utilizou o N/NC como aditivo, não apresentou diferença com relação ao grupo controle. Foi observado ainda que nenhuma das amostras do grupo controle que utilizou a água estéril, apresentou reação inflamatória.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura mostrou que a adição de CaCl_2 ao MTA melhora suas propriedades físicas: reduz o tempo de presa do cimento (ALANEZI ET AL., 2011; BORTOLUZZI et al., 2009; BER et al., 2007); diminui sua solubilidade (BORTOLUZZI ET AL., 2009), facilita sua manipulação (BORTOLUZZI et al., 2006; BER et al., 2007), potencializa o selamento (BORTOLUZZI et al., 2006) e eleva o pH nos períodos iniciais (BORTOLUZZI et al., 2009; BORTOLUZZI et al., 2006). Além disso, promove a liberação de íons cálcio (BORTOLUZZI et al., 2006) e mantém a resistência à compressão (BER et al., 2007).

O CaCl_2 não influencia as propriedades biológicas do MTA (MACNAMARA et al., 2010). O aditivo não interfere no reparo e formação de tecido mineralizado (BROON et al., 2006; BORTOLUZZI et al., 2008), na adesão celular (ALANEZI et al., 2011) e na citotoxicidade (JAFARNIA et al., 2009) do material.

O estudo de Parirokh et al. (2011), no entanto, relata que a presença de CaCl_2 influenciou negativamente a mineralização após o capeamento pulpar. Além disso, Jafarnia et al. (2009) mostraram que a consistência de manipulação permaneceu semelhante ao grupo controle.

Quando a lidocaína 2% foi misturada ao MTA houve um aumento na resistência à compressão do cimento (KOGAN et al., 2006), no entanto quando exposto a um ambiente ácido este valor diminui (Watts et al., 2007). Além disso, este aditivo não alterou as características de manipulação do MTA (JARFANIA et al., 2009; KOGAN et al., 2006), mas aumentou o seu tempo de presa (KOGAN et al., 2006). Jarfania et al. (2009) concluíram que este aditivo não produz efeito citotóxico.

O soro fisiológico misturado ao MTA aumenta sua resistência à compressão e seu tempo de presa, mantém as características de manipulação (KOGAN et al., 2006) e não produz efeito citotóxico (JARFANIA et al., 2009).

O hipoclorito de sódio diminui a resistência à compressão do cimento e seu tempo de presa (KOGAN et al., 2006), facilita a manipulação (KOGAN et al., 2006, JARFANIA et al., 2009) e não produz efeito citotóxico após a presa (JARFANIA et al., 2009).

O gluconato de clorexidina também diminui a resistência à compressão do material, mas dificultou a manipulação e impediu a presa do material (KOGAN et al., 2006).

Segundo Kogan et al. (2006), a adição do K-Y gel diminui o tempo de presa do MTA, porém reduz a resistência à compressão e dificulta a manipulação. No estudo de Jarfania et al. (2009) a adição do K-Y não causou efeito citotóxico e, segundo os autores, melhorou características de manipulação do material.

O fosfato de sódio a 5, 10 e 15% reduziu o tempo de presa do cimento (HUANG et al., 2008; DING et al., 2008; SHIE et al., 2009), destacando-se a concentração de 15% que diminuiu o tempo de presa do MTA de 225 min para 38,3 min (DING et al., 2008). A adição do Na_2HPO_4 15% também apresentou os melhores resultados quanto a resistência à tração (HUANG et al., 2008), não alterou os valores de pH (HUANG et al., 2008, DING et al., 2008), não influenciou na biocompatibilidade do material (DING et al., 2008). Além disso, o Na_2HPO_4 não afetou significativamente a resistência à tração, a solubilidade e a microestrutura do material frente a um ambiente ácido. (SHIE et al., 2009).

O gluconato lactato de cálcio melhorou o tempo de presa do MTA e suas propriedades de manipulação (HSIEH et al., 2009), além de manter as propriedades antimicrobianas (HSIEH et al., 2009; JI et al.; 2011) e mecânicas do material (JI et al., 2011). Este aditivo ainda aumentou a biocompatibilidade do material (JI et al., 2011).

Com relação aos aditivos nitrito/nitrato de cálcio (N/NC) e formato de cálcio (FC) os estudos mostraram que o primeiro acelera o tempo de presa do ProRoot

MTA cinza e cimento Portland. No entanto não afetou significativamente o tempo de presa do ProRoot MTA branco. Já o formato de cálcio conseguiu diminuir o tempo de presa dos três cimentos testados: ProRoot MTA cinza e branco e cimento Portland (WILTBANK et al., 2007). Além disso, os estudos mostraram que a adição de FC ao ProRoot MTA cinza interferiu na formação de tecido mineralizado, não induzindo a formação de tecido osteóide e ainda provocando reação inflamatória grave a longo prazo, ao passo que o N/NC não interferiu na biocompatibilidade do material (MCNAMARA et al., 2010).

Observou-se que a adição de aditivos pode ser a solução para os inconvenientes do MTA. Entretanto, seu efeito sobre o cimento deve ser mais investigado, uma vez que algumas das suas propriedades podem ser melhoradas outras até podem ser perdidas, principalmente as propriedades biológicas que ele reconhecidamente apresenta.

6 CONCLUSÃO

O aditivo mais estudado até o momento é o cloreto de cálcio (CaCl_2). Ele apresentou os melhores resultados em relação às propriedades físico-químicas e biológicas. Estudos devem ser realizados para pesquisar mais a fundo aditivos como gluconato lactato de cálcio, nitrito/nitrato de cálcio, formato de cálcio e fosfato de sódio, com o intuito de melhorar as propriedades físico-químicas do MTA sem influenciar nas biológicas.

7 REFERÊNCIAS

1. ISLAM, I.; CHNG, H.K.; YAP, A.U.J. **Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland Cement.** *J Endod*, Singapura, v.32, n.3, p. 193-197, mar. 2006.

2. CAMILLERI, J.; PITT FORD, T.R. **Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material.** *J Endod*, Londres v. 39, n.10, p. 747-754, out. 2006.
3. RIBEIRO, D.A et al. **Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements.** *J Endod*, São Paulo, v. 31, n.8, p. 605-607, aug.2005.
4. KAO, C.; SHIE, M.; DING, T.H.S. **Properties of an Accelerated Mineral Trioxide Aggregate-like Root-end Filling Material.** *J Endod* , China, v.35, n.2, p. 239-242, feb. 2009.
5. LEE, S.J. et al. **Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations.** *J Endod*, Coréia, v.19, n.11, p.541-544, nov. 1993.
6. TORABINEJAD, M. et al. **Physical and chemical properties a new root-end filling material.** *J Endod*, Loma Linda, v.21, n.7, p. 349-353, jul. 1995.
7. CAMILLERI, J. et al. **The physical properties of accelerated Portland cement for endodontic use.** *J Endod* , v.41, n.2, p. 151-157, out. 2008.
8. BERNABÉ, E.F.P.; HOLLAND, R. **Cirurgia parentodôntica: Quando indicá-la, como realizá-la.** *Atualização na clínica odontológica*. São Paulo, v.10, p.255-264, 1998.
9. ISLAM, I.; CHNG, H.K.; YAP, A.U.J. **X-ray diffraction analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement.** *J Endod*, Singapura, v.39, n.3, p.220-225, mar. 2006.
10. TORABINEJAD, M.; CHIVIAN, N. **Clinical applications of mineral trioxide aggregate.** *J Endod*, Califórnia, v. 25,n.3, p. 197-205, mar.1999.
11. PITT FORD, T.R. et al. **Using mineral trioxide aggregate as a pulp capping material.** *J Am Dent Assoc*, v. 127, p. 1491-1494, 1996.
12. MENEZES, R. et al. **Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and White Portland cements as**

wound dressings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, São Paulo, v. 98, n.3, p. 376-379, sep. 2004.

13. BORTOLUZZI, E.A. et al. **Mineral trioxide aggregate with or without calcium chloride in pulpotomy.** *J Endod*, Florianópolis, v. 34, n.2, p. 172-175, nov. 2008.

14. TORABINEJAD, M. **Dye leakage of four root and filling materials: effects of blond contamination.** *J Endod*, v. 20, n.4, p. 159-163, apr. 1994.

15. TORABINEJAD, M. et al. **Antibacterial effects of some root end filling materials.** *J Endod*, Loma Linda, v. 21, n.8 p. 109-122, aug. 1995.

16. HOLLAND, R. et al. **Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations.** *J Endod*, São Paulo, v. 27, n.4, p. 281-284, apr.2001.

17. TORABINEJAD, M. et al. **Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs.** *J Endod*, Loma Linda, v. 21, n.12, p. 603-608, dec. 1995.

18. TORABINEJAD, M. et al. **Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys.** *J Endod*, Loma Linda, v. 23, n. 4, p. 225-228, apr. 1997.

19. LYNN, E.A.; EINBENDER, S. **The use of mineral trioxide aggregate to create an apical stopin previously traumatized adult tooth with blunderbuss canal. Case report.** *NY State Dent J*, n.69, n.2, p. 30-32, feb. 2003.

20. SHABAHANG, S.; TORABINEJAD, M. **Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate.** *Pract Periodontics Aesthet Dent*, Loma Linda v. 12, n.3, p. 315-320, apr.2000.

21. WHITE, C.JR.; BRYANT, N. **Combined therapy of mineral trioxide aggregate and guided tissue regeneration in the treatment of external root resorption and an associated osseous defect.** *J Periodontol*, Norfolk v. 73, n.12, p. 1517-1520, dec. 2002.

22. O'SULLIVAN, S.M.; HARTELL, G.R. **Obturation of a retained primary mandibular second molar using mineral trioxide aggregate: a case report.** *J Endod*, Fort Begning v. 27, n.11, p. 703-705, nov. 2001.

23. HOLLAND, R. **Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or a glass ionomer sealer.** *J Endod*, Araçatuba, v. 25, n.11, p. 728-730, nov. 1999.
24. KOH, E.T. et al. **Prophylactic treatment of dens evaginatus using mineral trioxide aggregate.** *J Endod*, Singapura, v. 27, n.8, p. 540-542, aug. 2001.
25. SARRIS, S.; TAHMASSEBI, J.F.; DUGGAL, M.S.; CROSS, I.A. **A clinical evaluation of mineral trioxide aggregate for root-end closure of non-vital immature permanent incisors in children—a pilot study.** *Dent Traumatol*, Leeds, v. 24, n.1, p.79-85, feb. 2008.
26. FELIPPE, W.T.; FELIPPE, M.C.; ROCHA, M.J. **The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation.** *J Endod*, Florianópolis, v.39, n.1, p. 2-9, jan. 2006.
27. CUMMINGS, G.R.; TORABINEJAD, M. **Mineral trioxide aggregate (MTA) as an isolating barrier for internal bleaching.** *J Endod*, v. 21, p. 228, 1995.
28. SCHWARTZ, R.S. **Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics.** *J Am Dent Assoc*, Alasca, v.130, n.7, p. 967-975, jul. 1999.
29. TORABINEJAD, M.; WATSON, T.F.; PITT FORD, T.R. **Sealing ability of an MTA when used as a root end filling material.** *J Endod*, v. 19, p. 591-595, 1993.
30. TORABINEJAD, M.; HIGA, R.K.; MCKENDRY, D.J. **Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination.** *J Endod*, v. 20, n.4, p. 159-163, apr. 1994.
31. TORABINEJAD, M. et al. **Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used rootend filling materials.** *J Endod*, Loma Linda, v. 21, n.6, p. 295-299, jun. 1995.
32. ADAMO, H.L. et al. **A comparison of MTA, Super EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model.** *J Endod*, EUA v.32, n.3, p. 197-203, may. 1999.
33. TANG, H.M. et al. **Endotoxin leakage of four root end filling materials.** *J Endod*, v.23, p. 259, 1997.

34. BORTOLUZZI, E.A. et al. **Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling.** *J Endod*, São Paulo, v. 32, n.9, p. 897-900, sep. 2006.
35. YATSUSHIRO, J.; BAUMGARTNER, J.C.; TINKLE, J.S. **Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system.** *J Endod*, Portland, v. 24, n.11, p. 716-719, nov. 1998.
36. TORABINEJAD, M. et al. **Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs.** *J Endod*, Loma Linda, v. 24, n.7, p. 468-471, jul. 1998.
37. KOH, E.T. et al. **Cellular response to mineral trioxide aggregate.** *J Endod*, Londres, v. 24, n.8, p. 543-547, aug. 1998.
38. KEISER, K.; JOHNSON, C.C.; TIPTON, D.A. **Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts.** *J Endod*, Memphis, v. 26, n.5, p. 288-291, may. 2000.
39. PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M. **Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action.** *J Endod*, Kerman v. 36, n.3, p. 400-412, mar. 2010.
40. TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M. **Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: sealing ability and biocompatibility properties.** *J Endod*, Loma Linda, v. 36, n.2, p. 190-202, feb. 2010.
41. KOGAN, P.; HE, J.; GLICKMAN, G.N.; WATANABE, I. **The effects of various additives on setting properties of MTA.** *J Endod*, Dallas, v. 32, n.6, p. 569-572, jun. 2006.
42. TORABINEJAD, M. et al. **Bacterial leakage of a mineral trioxide aggregate as a root-end filling material.** *J Endod*, Loma Linda, v. 21, n.3, p. 109-12, mar. 1995.
43. ESTRELA, C. et al. **Antimicrobial and Chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal.** *J Braz Dent*, Goiânia v. 11, n.1, p. 3-9, 2000.

44. SHABAHANG, S. et al. **A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs.** *J Endod*, Loma Linda, v.25, n.1, p. 1-5, jan. 1999.
45. WILTBANK, K.B.; SCHWARTZ, S.A.; SCHINDLER, W.G. **Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement.** *J Endod*, Santo Antônio, Texas, v. 33, n.10, p. 1235-1238, out. 2007.
46. BORTOLUZZI, E.A. et al. **The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement.** *J Endod*, São Paulo, v. 32, n.12, p. 1194-1197, dec. 2006.
47. RAMACHANDRAN, V.S. **Concrete admixtures handbook: properties, science, and technology.** *William Andrew Publishing*, 1995.
48. VANDERWEELE, A.R.; SCHWARTZ, A.S.; BEESON, J.T. **Effect of Blood Contamination on Retention Characteristics of MTA When Mixed With Different Liquids.** *J Endod*, Inglaterra, v. 32, n.5, p. 421- 424, may. 2006.
49. JI, D.Y. et al. **Effects of a Novel Hydration Accelerant on the Biological and Mechanical Properties of White Mineral Trioxide Aggregate.** *J Endod*, Taiwan, v. 37, n.6, p. 851-855, jun. 2011.
50. ALANEZI, A.Z.; ZHU, O.; WANG, Y.; SAFAVI, K.E.; JIANG, J. **Effect of selected accelerants on setting time and biocompatibility of mineral trioxide aggregate.** *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, Farmington, v. 111, n.1, p. 122-127, jan. 2011.
51. KOGAN, P. et al. **The effects of various additives on setting properties of MTA.** *J Endod*, Dallas, v. 32, n. 6, p.569-572, jun. 2006.
52. BORTOLUZZI, E.A. et al. **The influence of calcium chloride on the setting time, solubility, disintegration, and ph of mineral trioxide aggregate and white portland cement with a radiopacifier.** *J Endod*, Florianópolis, v.35, n.4, p. 550-554, apr. 2009.

53. BORTOLUZZI, E.A. et al. **The use of a setting accelerator and its effect on ph and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white portland cement.** *J Endod*, Florianópolis, v. 32, n. 12, p.1194-1197, dec. 2006.
54. BER, B.S.; HATTON, J.F.; STEWART, G.P. **Chemical modification of proroot mta to improve handling characteristics and decrease setting time.** *J endod*, Luisiana, v. 33, n. 10, p.1231-1234, out. 2007
55. JAFARNIA, B. et al. **Evaluation of cytotoxicity of mta employing various additives.** *Oral surg oral med oral pathol oral radiol endod*, Dallas, v. 107, p.739-744, may. 2009.
56. MCNAMARA, R.P. et al. **Biocompatibility of accelerated mineral trioxide aggregate in a rat model.** *J endod*, Texas, v. 36, n. 11, p.1851-1855, nov. 2010.
57. JUÁREZ-BROON, N. et al. **Tratamiento de perforaciones radiculares con agregado trióxido mineral (mta) y cemento portland blanco con cloruro de clacio al 10% en dientes de perros.** *Rev Sanid Mitit Mex*, Mexico, v. 60, n. 2, p.1851-1855, mar. 2006.
58. BORTOLUZZI, E.A. et al. **Mineral trioxide aggregate with or without calcium chloride in pulpotomy.** *J Endod*, Florianópolis, v. 34, n. 2, p.172-175, feb. 2008.
59. PARIROKH, M. et al. **A comparative study of using a combination of calcium chloride and mineral trioxide aggregate as the pulp-capping agent on dogs' teeth.** *J endod*, Irã, v. 37, n. 6, p.786-788, jun. 2011.
60. BORTOLUZZI, E.A. et al. **Sealing ability of mta and radiopaque portland cement with or without calcium chloride for root-end filling.** *J endod*, Florianópolis, v. 32, n. 9, p.897-900, sep. 2006.
61. ABDULLAH, R. et al. **An evaluation of accelerated portland cement as a restorative material.** *Biomaterials*, Kuala Lumpu, v. 23, n. 19, p. 4001-4010, oct. 2002.
62. ANGELUS. **MTA-Angelus: cimento reparador.** Londrina: Angelus.

63. BERNABÉ, P.F.E.; HOLLAND, R. **Cirurgia paraendodôntica: como praticá-la com embasamento científico**. In: *Estrela, C. Ciência endodôntica*. São Paulo, Artes Médicas, n.16, p. 657-797, 2004.
64. COOMARASWAMY, K.S.; LUMLEY, P.J.; HOFMANN, M.P. **Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system**. *J Endod*, v. 33, n. 3, p. 295-298, mar. 2007.
65. DENTSPLY Tulsa Dental. Disponível em <http://www.tulsadental.dentsply.com>. Acesso em: 17 de dez. 2012.
66. WATTS, J.D. et al. **Effects of pH and mixing agents on the temporal setting of tooth-colored and gray mineral trioxide aggregate**. *J Endod*, Omaha, v. 33, n. 8, p. 970-973, aug. 2007.
67. HUANG, T.H. et al. **The effect of setting accelerator on properties of mineral trioxide aggregate**. *J Endod*, Taiwan, v.34, n. 5, p.590-593, may. 2008.
68. HSIEH, S.C. et al. **A novel accelerator for improving the handling properties of dental filling materials**. *J Endod*, Taiwan, v.35, n. 9, p. 1290-1295, sep. 2009.
69. DING, S.J. et al. **The physical and cytological properties of white MTA mixed with Na₂HPO₄ as an accelerant**. *J Endod*, Taiwan, v.34, n.6, p. 748- 751, jun. 2008.
70. HARRINGTON, P.P. **Post retention with mineral trioxide aggregate and accelerated Portland cement [Dissertation]**. Morgantown: West Virginia University; 2005
71. LEE, Y.L. **Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate**. *Biomaterials*, v. 25, n. 5, p. 787-793, feb. 2004.
72. **Manual técnico Vedacit: aditivos para concreto e argamassas**. Disponível em: <http://www.vedacit.com.br>. Acesso em: 17 de dez. 2012.
73. POPOVICS, S. **Concrete making**. Washington: McGraw-Hill Book Company, 1979.

74. RAMACHANDRAN, V.S. **Concrete admixtures handbook**. *New Jersey: Noyes Publications, 1984*