

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

**ESTUDO COMPARATIVO DO USO DO MTA E DA HIDROXIAPATITA NO
CAPEAMENTO PULPAR DIRETO: UMA REVISÃO DA LITERATURA.**

Bento Pacelly de Freitas Medeiros

CAMPINA GRANDE/ PB

2014

Bento Pacelly de Freitas Medeiros

**ESTUDO COMPARATIVO DO USO DO MTA E DA HIDROXIAPATITA NO
CAPEAMENTO PULPAR DIRETO: UMA REVISÃO DA LITERATURA.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Programa de Graduação em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Prof^a. Dra. Criseuda Maria Benício Barros

Co-orientadora: Ms. Armiliana Soares Nascimento

CAMPINA GRANDE/ PB

2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M488e Medeiros, Bento Pacelly de Freitas.
Estudo comparativo do uso do MTA e da hidroxiapatita no capeamento pulpar direto [manuscrito] / Bento Pacelly de Freitas Medeiros. - 2014.
41 p. : il.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia)
- Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2014.
"Orientação: Profa. Dra. Criseuda Maria Benício Barros, Departamento de Odontologia".
"Co-Orientação: Profa. Ma. Armiliana Soares Nascimento, Departamento de Odontologia".
1. Hidroxiapatita. 2. MTA. 3. Capeamento Pulpar Direto. I.
Título.

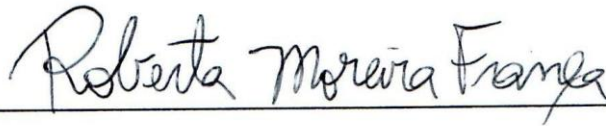
21. ed. CDD 617.634 2

Bento Pacelly de Freitas Medeiros

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Programa de Graduação em
Odontologia da Universidade Estadual da
Paraíba, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

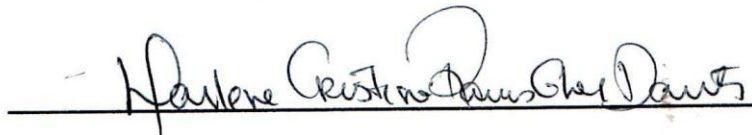
DATA DA DEFESA: 04/12/2014

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Roberta Moreira França / UEPB

Membro titular (1ª Examinadora)



Profa. Drª. Darlene Cristina Ramos Eloy Dantas/UEPB

Membro titular (2º Examinador)



Profa. Dra. Criseuda Maria Benício Barros/ UEPB

Membro titular (Orientadora)

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai **José Edilson de Medeiros** e minha mãe **Maria Lúcia de Freitas Medeiros**.*

AGRADECIMENTOS

A algumas pessoas que foram fundamentais no decorrer dessa trajetória e para que este trabalho fosse concretizado:

*A Professora **Criseuda Maria Benício Barros**, minha orientadora, pela confiança depositada, pela forma de condução das orientações, sabedoria, lapidação desta obra e principalmente pela amizade, paciência, atenção, carinho e os ensinamentos passados durante a graduação. Tens minha admiração!*

*A minha Co-Orientadora, **Armiliana Soares Nascimento**, pelo apoio recebido durante a elaboração deste trabalho. Tens minha gratidão!*

*Aos **Professores e aos colegas** do curso de Graduação em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, pelas lições, alegrias, aflições, angústias e, principalmente, amizade a mim confiadas.*

*Aos Professores **Alexandre Durval Lemos** e **Francineide Guimarães Carneiro**. Companheiros de caminhada e amigos. Nossas conversas foram fundamentais para a minha formação profissional, inclusive pessoal.*

*Aos amigos **Antônio Lenilson, Anderson Maikon, José Venícios, Rosane Bezerra, Thiago Muniz, Filipe Jácome, Danilo Jácome, Bruno Sarmento, Nolanio Aquino, Jocsã Lincoln, Genecir Sena, Givanilson Veslasques, Diogo Galdino, Victor Lins**, pessoas que conheci e convivi como irmãos nos últimos cinco anos e que deixaram suas marcas na minha história para que eu possa carregar e lembrar com carinho até o fim dos meus dias.*

*A Deus, por sua presença constante e perceptível em minha vida e por ter me aproximado de pessoas maravilhosas, **Francineide e Gilberto Lins, Maria do Carmo e Teles Albuquerque, Lonardo Coura**, anjos terrenos, seres humanos especiais que nos cercam de luz e força, que agarraram minha mão e me ajudaram a dar os passos quando minhas pernas fraquejaram estando tão longe dos braços dos meus pais.*

A minha namorada, **Ana Beatriz Guedes Quirino**, pessoa com quem partilho a vida. Com você tenho me sentido ainda mais vivo. Sou grato por sempre me guiar em direção a mais um nascer do sol, uma nova perspectiva, em meio a tantas marés turbulentas que enfrentei nessa jornada final da graduação. Sou grato por tua paciência, teu carinho, empenho e amor. Tens meu amor!

A minha irmã, **Lucivânia de Medeiros Freitas**, por todo o amor e companheirismo durante os anos que convivemos juntos. Fizemos muitas coisas juntos e, agora, mesmo em Cursos e Instituições diferentes, alcançamos uma de nossas maiores vitórias juntos. Tens meu amor!

Ao meu querido e único sobrinho **Davi Lucca**, que mesmo com seu pouco entendimento, não esquece de perguntar pelo tio e expressa sempre em seus olhos puros a emoção mais bela do reencontro. Tens meu amor!

Em especial, aos meus maiores tesouros, meus pais, **Maria Lúcia de Freitas Medeiros** e **José Edilson de Medeiros**, que me receberam com tanto carinho representando o primeiro fruto do sincero amor que os uniu. O tempo passou por meus olhos, e hoje, trago comigo todos os ensinamentos, as lembranças, as lições e o reconhecimento para agradecê-los por agora eu ter a capacidade de caminhar sozinho até chegar o momento de segurar a mão daqueles que estão a espera-las em um tempo futuro, repetindo o simples e lindo gesto que fizeram por mim um dia. Mãe, te amar foi muito fácil. Foi fácil te entender e retribuir teu sentimento. Quero te agradecer por ter se esforçado tanto para que eu pudesse ter a oportunidade que a senhora não teve e por todo o amor me dado como presente. Pai, te amar foi um labirinto. Foi um amor, que apesar de saber que existia em ambos os lados, não consegui acessá-lo sempre que quis durante minha infância e adolescência. Hoje consegui este acesso. Quando na distância compreendi que o acesso do senhor para com o teu pai talvez tenha sido ainda mais difícil, e, assim como eu, o senhor também já foi uma criança. Quero te agradecer por um dia ter desejado ardentemente nunca medir esforços para que seus filhos atingisse algo que a ti foi privado. Vocês são os portadores do meu maior e eterno amor!

Bento Pacelly de Freitas Medeiros. **Estudo comparativo do uso do MTA e da Hidroxiapatita no capeamento pulpar direto**: uma revisão da literatura. Graduação em Odontologia – UEPB. Campina Grande, 2014. Orientadora: Profa. Dra. Criseuda Maria Benício Barros.

RESUMO

O Agregado Trióxido Mineral (MTA) e a Hidroxiapatita pela sua capacidade de estimular a formação de tecido duro e pela biocompatibilidade favorável podem ser utilizados como uma alternativa ao hidróxido de cálcio em procedimentos de capeamento pulpar direto. O objetivo desta revisão da literatura é apresentar uma lista abrangente de artigos sobre estudos da aplicação do MTA e da Hidroxiapatita no tratamento do capeamento pulpar direto (CPD). A revisão da literatura foi realizada utilizando bases de dados eletrônicas e busca manual para as aplicações e eficácia do MTA e da Hidroxiapatita no CPD em estudos laboratoriais em animais e humanos, bem como os seus inconvenientes e mecanismo de ação, a partir de 2008 a outubro de 2014. Tanto o MTA como a Hidroxiapatita apresentaram resultados promissores no tratamento proposto. Apesar da existência de relatos de estudos *in vivo* e *in vitro* em relação às aplicações destes materiais no CPD, há poucos estudos de pesquisa destinados a comparação entre eles. A maioria dos estudos eram estudos *in vivo*, desenvolvidos em modelos humanos e animais. Ambos os materiais atuam formando pontos de dentina, necrose superficial e certa reação inflamatória. Com base nas informações disponíveis, parece que o MTA é o material mais utilizado atual para o CPD. O uso da Hidroxiapatita tem sido cada vez mais frequente e mostrando resultados satisfatórios.

Palavras chaves: Hidroxiapatita, MTA, Capeamento Pulpar Direto.

Bento Pacelly de Freitas Medeiros. **Comparative study of the use of MTA and hydroxyapatite in direct pulp capping:** a literature review. Undergraduate Dentistry - UEPB. Campina Grande, 2014. Advisor: Prof. Dr. Criseuda Maria Benício Barros.

ABSTRACT

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) and hydroxyapatite by its ability to stimulate the formation of hard tissue and the favorable biocompatibility can be used as an alternative to calcium hydroxide in direct pulp capping procedures. The purpose of this literature review is to present a comprehensive list of articles on the application of studies of MTA and hydroxyapatite in the treatment of direct pulp capping (CPD). The literature review was performed using electronic databases and manual search for applications and effectiveness of MTA and hydroxyapatite in CPD in laboratory studies in animals and humans, as well as its drawbacks and mechanism of action, from 2008 will October 2014. Both the MTA as hydroxyapatite showed promising results in the treatment proposed. Although there are reports of in vivo and in vitro studies regarding the applications of these materials in the CPD, there are few research studies designed to compare them. Most studies were in vivo studies carried out in humans and animal models. Both materials act forming points of dentin, superficial necrosis and certain inflammatory reaction. Based on the information available, it appears that the MTA is the most widely used material for the current CPD. The use of hydroxyapatite has been increasingly frequent and showing satisfactory results.

Keywords: Hydroxyapatite, MTA, Pulp Capping Direct.

SIMBOLOGIA E ABREVIÇÃO

Ca - Cálcio

CPD – Capeamento Pulpar Direto

FC - Formocresol

HAp – Hidroxiapatita

HC – Hidróxido de Cálcio

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MTA – Agregado Trióxido Mineral

NHAp – Nano-hidroxiapatita

TCP – Fosfato Tricálcio

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Distribuição dos artigos encontrados, UEPB/Campina Grande, 2014.23

Tabela 4.2. Distribuição do resultado da busca manual, UEPB/Campina Grande, 2014.23

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.1 – Partículas de MTA vistas em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em: (a) aumento de 1000X; (b) aumento de 5000X; (c) aumento de 10000X e (d) aumento de 20000X.....17

Figura 2.2.1 – Partículas de Hidroxiapatita vistas em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em: (a) aumento de 1000X; (b) aumento de 5000X; (c) aumento de 10000X e (d) aumento de 20000X.....19

Fluxograma 5.1. Esquema do resultado da busca e seleção dos artigos. UEPB, Campina Grande, 2014.....24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. MTA (AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL).....	16
2.2. HIDROXIAPATITA (HAp).....	17
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. OBJETIVO GERAL.....	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. METODOLOGIA.....	21
4.1. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	21
4.2. DESFECHOS ANALISADOS.....	21
5. RESULTADOS.....	22
5.1. PESQUISAS NO PUBMED.....	22
5.2. PESQUISAS NO COCHRANE.....	22
5.3. PESQUISAS NO EMBASE E NO MEDLINE.....	22
5.4. PESQUISA MANUAL NAS REF. DOS ARTIGOS.....	22
5.5. DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS IN VIVO.....	24
5.6. DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS IN VITRO.....	29
6. DISCUSSÃO.....	31
7. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

A polpa dentária é capaz de se regenerar e formar tecido dentinário após o capeamento pulpar direto. A indicação de um material capeador deve se basear na sua capacidade de causar o mínimo ou nenhum dano aos tecidos pulpares, estimular a formação de pontes de dentina, além de, promover um reestabelecimento estrutural e funcional. A formação do novo tecido dentinário em resposta a esses estímulos acontece se o ambiente for apropriado e livre de bactérias (BARROS, 2012).

Nos últimos anos a indicação do Agregado Trióxido Mineral (MTA) e da Hidroxiapatita (HAp) para esse tipo de procedimento vem crescendo substancialmente. Ambos por serem capazes de liberar íons de cálcio em ambientes com Ph elevado promovem a diferenciação das células em células pulpares odontoblasticas, os quais, por sua vez, são responsáveis pela formação de ponte de dentina (PARANJPE et al., 2010), com consequente formação de tecido duro (SWARUP et al., 2014).

Com relação ao MTA vários estudos comprovam a sua eficácia e capacidade de estimular a formação de pontes de dentina (BAEK et al., 2005; KIN et al., 2008; ASGARY et al., 2005; SWARUP et al., 2014). Por outro lado, estudos avaliando a efetividade da HAp no capeamento pulpar ainda são limitados e recentes. A hidroxiapatita possui biocompatibilidade favorável, protege o tecido pulpar e promove a formação de tecido duro e tecido pulpar (XU et al., 2008). Assim uma avaliação comparativa desses dois materiais é o melhor e mais confiável método para determinar a utilidade clínica e sua eficácia em longo prazo. O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente o efeito dos biomateriais, MTA e HAp, na resposta biológica da polpa dentária, no capeamento pulpar direto.

1. REVISÃO DE LITERATURA

A polpa dentária é um tecido conjuntivo de localização singular, circundada pelas paredes rígidas da dentina mineralizada. A composição e a estrutura da polpa são bem diferentes daquelas da dentina. Todavia, há entre os dois tecidos uma estreita relação embriológica, histológica e funcional, razão pela qual a dentina e a polpa são usualmente consideradas um complexo funcional indissociável, chamado complexo dentinopulpar (HARGREAVES; GOODIS, 2009).

Quando esse conjunto sofre alterações inflamatórias ou necróticas, resultante de atrito e abrasão, traumas, procedimentos operatórios, e/ou cáries para alcançar o sucesso com algum tipo de tratamento, é necessário remover a infecção, a necrose e o tecido pulpar desintegrado. Os tratamentos das lesões cariosas podem ser diferentes, dependendo da maturidade do dente. LOPES; SIQUEIRA (2010) afirmam que, se a espessura da dentina remanescente for igual ou maior que 1 mm, a resposta inflamatória da polpa é de baixa intensidade. Entretanto, se a lesão cariosa progride e passa a ter uma distância de, aproximadamente, 0,5 mm da polpa, invadindo a dentina reparadora, a inflamação pulpar poderá tornar-se aguda.

É importante observar que o diagnóstico sobre o estado da polpa, antes de iniciar o tratamento, é baseado em sinais e sintomas (CAMP, 2008) ou na observação clínica em que a polpa coronária deve apresentar hemorragia abundante, não podendo apresentar-se liquefeita ou pastosa (HOLLAND et al., 1975). O exame histológico para determinar a extensão exata da inflamação da polpa, antes de iniciar o tratamento, é impossível (CAMP, 2008). Contudo, Lorenzo (2004) afirma não ser necessária a exposição pulpar para que ocorra a inflamação.

Desde os meados do século XVIII, o problema da conservação pulpar, em dentes com lesões coronárias profundas, vinha preocupando os estudiosos da época. Philip Pfaff, em 1750, foi o primeiro a empregar uma substância capeadora (lâmina de ouro brunida) sobre a exposição pulpar. Herman, em 1920, iniciaram os estudos com o uso de hidróxido de cálcio nas técnicas

conservadoras da polpa, firmando em definitivo este material até os nossos dias (DIAS et al., 1980).

O tratamento conservador da polpa dental inflamada engloba a proteção pulpar direta, a curetagem pulpar e a pulpotomia (ESTRELA, 2004).

A proteção pulpar direta consiste no capeamento de uma polpa, teoricamente, sã que sofreu uma ligeira exposição. Este capeamento deve ser feito com um cimento medicamentoso, visando mantê-la com vitalidade e com desempenho normal de suas funções, pelo menos por algum tempo, assim como induzi-la a formação de ponte dentinária (DIAS et al., 1980). O material fecha a área de exposição evitando a microinfiltração e a penetração de bactérias.

Após a aplicação direta do material sobre a polpa exposta espera-se que ocorra a formação de uma ponte de dentina mineralizada, e a manutenção da vitalidade pulpar. Essa ponte de dentina mineralizada, também chamada de ponte dentinária, é definida como uma matriz de dentina formada e depositada por uma nova geração de células, tipo odontoblastos, em resposta a um estímulo forte, depois da morte dos odontoblastos originais (primários), responsáveis pela formação da dentina primária e fisiológica. A reação inflamatória e o estímulo à formação da ponte de dentina mineralizada, bem como a evolução à estrutura de padrão dentinário, permitem avaliar o grau de irritabilidade e o potencial reparador determinado pelo material odontológico (DELFINO et al., 2010).

Vários materiais têm sido indicados como recobrimento biológico em capeamento pulpar direto, entre eles o Ca(OH)_2 e, na última década, surgiu o MTA (RESTON; COSTA, 2009; ACCORINTE et al, 2008). Estes materiais devem apresentar como características principais para manter a vitalidade do remanescente pulpar, a capacidade de eliminar bactérias, induzir a barreira dentinária e estabelecer um selamento bacteriano (COHEN; HARGREAVES, 2007). A hidroxiapatita surge, então, mais recentemente como alternativa aos mencionados anteriormente.

1.1. MTA (Agregado Trióxido Mineral)

O MTA foi desenvolvido na Universidade de Loma Linda, Califórnia, EUA, com o intuito de selar as comunicações existentes entre as porções internas e externas do dente (SAGHIRI et al., 2008). Derivado do cimento *Portland*, apresenta propriedades químicas similares e vários estudos têm mostrado que o MTA pode ser um material alternativo, viável em certas aplicações médicas, como, no capeamento (*capping*) de tecido da polpa dentária, reparo de perfuração radicular, bem como material de enchimento de raiz dentária. Além de apresentar boa capacidade de vedação quando colocado em contato direto com a polpa dentária e tecidos perirradiculares (KAO et al., 2009).

O MTA apresenta-se sob a forma de um pó cinzento ou branco que se mistura com água destilada na proporção 3:1. Este pó é constituído por partículas hidrofílicas de silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico, óxido de silicato, óxido de bismuto, entre outros óxidos minerais e íons de cálcio e fósforo. A hidratação do pó de MTA em geral origina um gel coloidal, que solidifica em 3 horas, no MTA da *ProRoot*[®] e 15 minutos no MTA *Angelus*[®] (COELHO et al., 2005).

Torabnejad e Parioikh (2010), após revisão de literatura das propriedades físicas, químicas e antibacterianas do cimento MTA, afirmam que os principais elementos do MTA são cálcio, sílica, e óxido de bismuto (radiopacificador); e sua composição química é silicato tricálcio, aluminato tricálcio, silicato de cálcio e aluminato férrico tetracálcio. Quando o pó do MTA é misturado com água, inicialmente, são formados o hidróxido de cálcio e o silicato de cálcio hidratado que são transformados em um gel sólido poroso, pobremente cristalizado. Por causa da formação de silicato de cálcio, este precipita-se e produz o Ca(OH)_2 , sendo ele responsável pela alcalinidade do MTA hidratado (pH 10 que, durante a presa, pode chegar a pH 12,5). O sucesso deste cimento no processo de reparo tecidual pode estar relacionado com o pH alcalino o que torna o meio inadequado para proliferação bacteriana. O MTA quando em meio aquoso libera Ca^{2+} e OH^- que no líquido tissular parece ter relação direta com a ação antimicrobiana e formação de barreira de tecido mineralizado (REYES-CARMONA et al., 2011).

A morfologia do cimento MTA é constituída por aglomerados com formato arredondado, com pouca porosidade interparticular e uma distribuição de tamanho estreita, com tamanho inferior a 10 μm (Figura 2.1.1). Esta morfologia caracteriza a propriedade de selamento marginal devido à união da partícula (BARROS,2012).

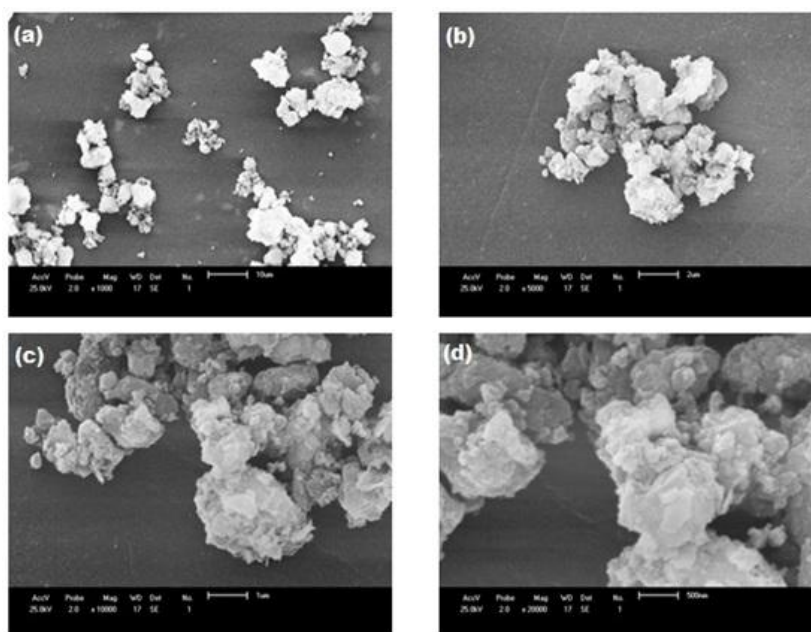


Figura 2.1.1 – Partículas de MTA vistas em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em: (a) aumento de 1000X; (b) aumento de 5000X; (c) aumento de 10000X e (d) aumento de 20000X. Fonte: BARROS, 2012.

1.2. HIDROXIAPATITA (HAp)

Materiais cerâmicos à base de fosfatos de cálcio, na forma de implantes porosos ou materiais particulados, vêm demonstrando serem adequados para recolocações de tecidos ósseos quando estes estão submetidos apenas a pequenas solicitações mecânicas. Estes materiais quando se degradam formam sais de cálcio e fosfato, sendo muito utilizados para o preenchimento de cavidades ósseas, como cimentos (TORKITTIKUL; CHAIPANICH, 2012).

Os representantes mais usados do grupo de materiais sintéticos bioativos de fosfatos de cálcio (Ca/P) são a hidroxiapatita, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$,

e o β -fosfato tricálcico, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, devido à osteocondutividade, estrutura cristalográfica e composição química semelhante ao tecido esquelético (EPPLÉ; TADIC, 2003), sendo cada vez maior a aplicação desses materiais na área médico-odontológica (PENA; VALLET-REGI, 2003).

A Hidroxiapatita tem sido vastamente utilizada na odontologia devido ao seu alto grau de biocompatibilidade e osteocondutividade, que esta associada à sua similaridade química com os materiais comumente encontrados no tecido ósseo (E'GUES et al., 2008). Além da sua ocorrência biológica, a HAp pode ser sintetizada em laboratório por reações de estado sólido e por meio do método úmido.

A síntese no estado sólido requer altas temperaturas, mas o material obtido é muito cristalino e geralmente estequiométrico. A hidroxiapatita vem sendo sintetizada por diversos métodos: precipitação em solução aquosa (via direta), reação no estado sólido (via seca), método hidrotérmico (via úmida) e processo sol-gel. Sendo que o método por via direta vem sendo bastante relatado na literatura por apresentar bom rendimento, baixo custo e utilizar temperatura relativamente baixa. Os métodos úmidos são divididos em dois grupos: a precipitação em solução aquosa e o método hidrotermal. A forma sintética da hidroxiapatita apresenta similaridade química e cristalográfica, entretanto, não idêntica à hidroxiapatita de ocorrência natural. Esse material cerâmico é sintetizado na forma cristalina em pH baixo e então sintetizado entre 700 e 1300°C para formar uma massa sólida de hidroxiapatita. Este tipo de hidroxiapatita sólida está disponível em duas formas densa e porosa (OLIVEIRA, 2009).

A literatura estabeleceu a necessidade da presença de poros nas cerâmicas, para permitir o crescimento de novo osso. A porosidade das cerâmicas influenciaria na sua osteocondutividade por formar um arcabouço para migração de vasos sanguíneos e deposição de novo osso no sítio de implantação. A atividade celular do cimento hidroxiapatita (HAp) é estabelecida pela interação de natureza química ocorridas entre a cerâmica e o tecido, permitindo a proliferação de fibroblastos, osteoclastos, osteoblastos, macrófagos e células gigantes. A porosidade, como também o tamanho da partícula, poderá influenciar a taxa de degradação da combinação, assim como, as propriedades biomecânicas do implante (NETO, 2007).

A morfologia da Hap é constituída por aglomerados de tamanho menores que 5 μm , com uma distribuição estreita, formato de blocos irregulares (Figura 2.2.1). Uma das principais características da Hap é que as partículas são altamente porosas formando verdadeiro arcabouço, onde as células sanguíneas serão armazenadas, estimulando, assim, a indução da neo formação tecidual (BARROS,2012).

O uso da HAp no CPD não é recente e tem mostrados ser efetivo. Em 1989, Noguchi, observou, em dentes humanos, osteodentina bem compacta como também dentina tubular, quando era empregada a hidroxiapatita cerâmica. Em 1990, Frank estudou o efeito do tamanho das partículas da hidroxiapatita, quando implantadas em lesões periodontais ou protegendo polpas humanas. O produto estudado possuía as dimensões de 146 a 47 μm ou 38 a 16 μm . Nos dentes humanos, o autor notou com as micropartículas uma calcificação contínua, com a presença parcial de dentina tubular. Yokosuka e Kawasak (1996) capearam polpas de macacos com fosfato tricálcico, (4 μm) ou hidroxiapatita (3 μm). Notaram com ambos os materiais formação de ponte de tecido duro.

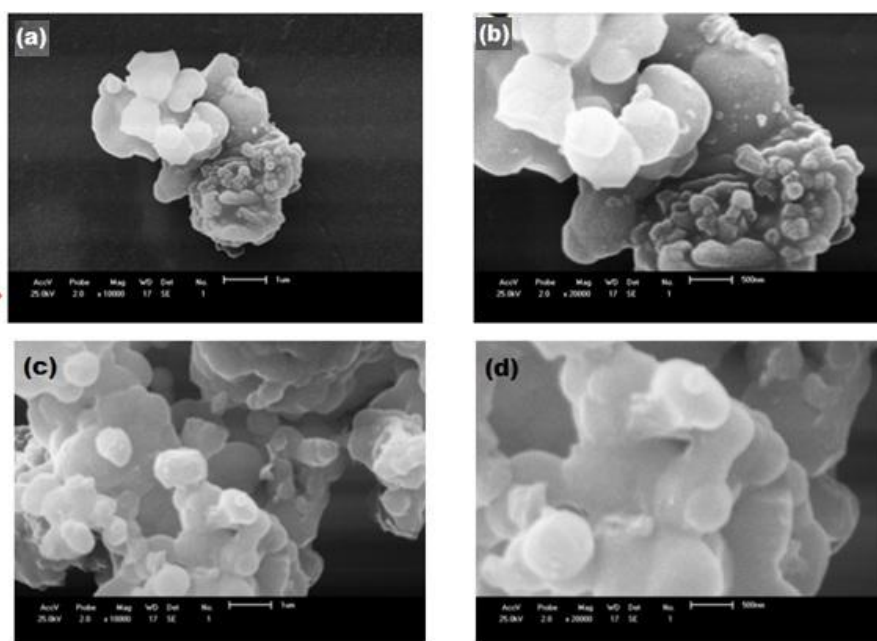


Figura 2.2.1 – Partículas de Hidroxiapatita vistas em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em: (a) aumento de 1000X; (b) aumento de 5000X; (c) aumento de 10000X e (d) aumento de 20000X. Fonte: BARROS, 2012.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Comparar o efeito da neoformação dentinária quanto ao uso do MTA e da HAp no capeamento pulpar direto por meios de revisão sistemática da literatura.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar dados na literatura sobre o uso do MTA e HAp no capeamento pulpar direto.
- Comparar o potencial de neoformação tecidual quanto ao uso destes biomateriais.

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma busca eletrônica usando as bases de dados Pubmed, Cochrane, Medline e Embase, de 2008 a 2014 (Tabela 4.1). As palavras chaves usadas foram: hidroxiapatita e endodontia, MTA e capeamento pulpar direto; hidroxiapatita e capeamento pulpar direto. Ainda realizou-se uma busca manual nas referências dos estudos encontrados (Tabela 4.2).

Os artigos foram selecionados através da leitura dos respectivos títulos e resumos, por dois pesquisadores, entrando em consenso quando ocorreram divergências quantos aos critérios de inclusão e exclusão.

3.1. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

3.1.1. Inclusão

Estudos *in vitro* e *in vivo* publicados de 2008 a 2014.

Artigos em inglês.

3.1.2. Exclusão

Relatos de casos isolados.

3.2. DESFECHOS ANALISADOS

3.2.1. Formação de pontos de dentina

3.2.2. Presença de necrose

3.2.3. Tempo de avaliação

4. RESULTADOS

4.1. PESQUISAS NO PUBMED

Na pesquisa no Pubmed de 2008 a 2014 identificou-se cento e quinze (115) artigos (Fluxograma 5.1). Destes, através da leitura dos títulos e resumos, cento e cinco (105) foram consideradas irrelevantes e dez (10) pareciam ser relevantes.

4.2. PESQUISAS NO COCHRANE

Na pesquisa no Cochrane identificou-se trinta e um (31) artigos. Destes artigos encontrados, vinte e cinco (25) foram consideradas irrelevantes ou não preenchiam os critérios de inclusão, e seis (6) pareciam ser relevantes. Destes, quatro (4) já haviam sido encontrados na busca realizada no pubmed, um (1) só foi possível ter acesso ao título do artigo, restando apenas um (1) artigo.

4.3. PESQUISAS NO EMBASE E NO MEDLINE

Não foi encontrado nenhum artigo nessas bases de dados com as palavras chaves pré-estabelecidas.

4.4. PESQUISA MANUAL NAS REFERÊNCIAS DOS ARTIGOS

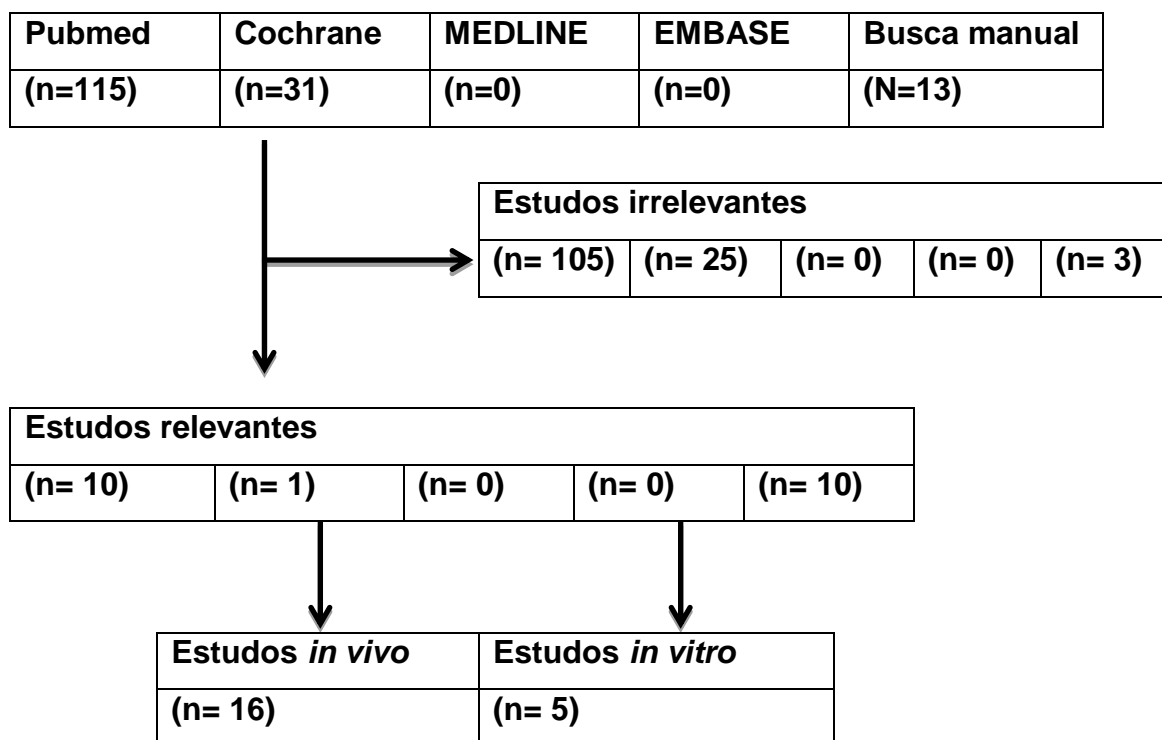
Na busca manual foi encontrada treze (13) artigos que preenchiam os critérios de inclusão, sendo, três (3) destes considerados irrelevantes, resultando em dez (10) artigos.

Tabela 4.1. Distribuição dos artigos encontrados, UEPB/Campina Grande, 2014.

Autor	Ano de publicação	Amostra	Tipo de estudo
Accorinte et al.,	2008	Pré-molares	In vivo
Xu et al.,	2008	Dentes permanentes	In vivo
Dammaschke et al.,	2010	Ratos	In vivo
Danesh et al.,	2010	Ratos	In vivo
Kim et al.,	2010	Molares	In vitro
Mente et al.,	2010	Dentes permanentes	In vivo
Paranjpe et al.	2010	Dentes bovinos	In vitro
Shayegan et al.	2010	Dentes decíduos	In vivo
Paranjpe et al.,	2011	3º molar	In vitro
Swarup et al.	2014	Pré-molares permanentes	In vivo

Tabela 4.2. Distribuição do resultado da busca manual, UEPB/Campina Grande, 2014.

Autor	Ano de publicação	Amostra	Tipo de estudo
Asgary et al.,	2008	Cães	In vivo
Bogen et al.,	2008	Dentes permanentes	In vivo
Kuratate et al.,	2008	Ratos	In vivo
Min et al.,	2008	Dentes permanentes	In vivo
Nair et al.,	2008	Dentes permanentes	In vivo
Simon et al.	2008	Células da polpa	In vitro
Sawicki et al.,	2008	Dentes permanentes	In vivo
Tecles et al.,	2008	Células da polpa	In vitro
Tuna, D.; Olmez, A.	2008	Dentes permanentes	In vivo
Accorinte et al.,	2009	Dentes permanentes	In vivo
Kiba et al.,	2010	Ratos	In vivo



Fluxograma 5.1 – Esquema do resultado da busca e seleção dos artigos. UEPB, Campina Grande, 2014.

4.5. DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS *IN VIVO*

Dezesseis estudos *in vivo* avaliaram o uso do MTA e da Hidroxiapatita no capeamento pulpar direto. Em uma investigação clínica prospectiva de CPD de dentes molares deciduos com HC ou MTA, Tuna e Ölmez (2008) relataram sucesso clínico e radiográfico após 24 meses para ambos os materiais. No estudo de Mente et al., (2010) o capeamento direto com MTA foi considerado bem-sucedido em 54 (78%) dos 69 dentes, e Ca (OH)₂ foi classificada bem sucedida em 32 (60%) dos 46 dentes.

Asgary et al., (2008) usando o MTA branco em polpa de cães relataram presença de uma estrutura cristalina ao longo da interface polpa-MTA após uma semana do capeamento pulpar. Dammaschke et al., (2010) avaliaram a proliferação de células da polpa em 1, 3 e 7 dias após o capeamento pulpar direto com MTA ProRoot comparando os resultados com hidróxido de cálcio, em ratos. A análise demonstrou imunohistologicamente que o MTA mostrou

resultados semelhantes quando comparada com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na primeira semana após o capeamento pulpar direto.

Outros estudos clínicos (Min et al., 2008; Nair et al., 2008) têm demonstrado bons resultados após o uso do MTA. O exame histológico dos dentes em intervalos de tempo diferentes mostraram formação de ponte de dentina e leves inflamação crônica após 2 meses. Os espécimes tratados com Hidróxido de Cálcio (HC) exibiram formação de ponte de dentina fina e irregular após 3 meses, com necrose pulpar associada, hiperemia e inflamação, semelhante aos resultados obtidos por Sawicki et al., (2008). Os autores concluíram que a MTA é melhor do que a HC para o tratamento das exposições da polpa. Em um estudo clínico e radiográfico de longo prazo, Bogen et al., (2008) relataram uma taxa de sucesso de 97,96% em dentes com cárie e que apresentaram exposição pulpar. Em um grupo foi feito o capeamento com MTA branco e no outro com o MTA cinza.

Accorinte et al., (2008) comparou o MTA e HC pó em pré-molares permanentes por 30 e 60 dias. Após extrair os dentes seus achados histológicos não mostraram haver diferenças significativas entre os dois materiais. Quando o mesmo autor comparou dois tipos diferentes de MTA não encontrou diferença significativa entre eles (ACCORINTE et al., 2009).

Danesh et al., (2010) avaliaram o efeito da formação de apatita do MTA branco (MTAb) e compararam esta apatita com uma hidroxiapatita sintética (Shap) no tecido conjuntivo subcutâneo de ratos. Trinta e três ratos Wistar foram utilizados neste estudo. Os tubos de polietileno preenchidos com MTA branco, a apatita formada por MTA_b (BCAP), e um HApS juntamente com tubos vazios foram implantados no tecido conjuntivo dorsal de ratos, durante 15, 30, e 60 dias. O MTA coberto com BCAP (MTA/BCAP) foi implantado também. Os espécimes foram corados com hematoxilina e eosina e Von Kossa e avaliadas para reações inflamatórias e mineralização através de um microscópio de luz. Resultados: Todos os grupos provocaram uma reação inflamatória crônica moderada em 15 dias, que cedeu com o tempo. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos ($p > 0,05$). BCAP não estimulou a mineralização. MTA_b, HApS, e o MTA/BCAP induziram calcificação distrófica significativamente mais do que BCAP ($p < 0,05$). O MTA_b e o MTA/BCAP estimularam a mesma quantidade de

calcificação ($p > 0,05$). Os autores concluem que os resultados sugerem um possível papel da formação de apatita sobre as características de indução de mineralização do MTA_b, o que indica um efeito definitivo sobre a biocompatibilidade. BCAP produzido pelo MTA_b diferiam do HApS na atividade de mineralização.

Obeid et al., (2013) investigaram o potencial das células-tronco mesenquimais da medula óssea autóloga (BMSCs) para promover a formação de tecido duro após procedimentos capeamento pulpar direta. A medula óssea foi aspirada da crista íliaca de cães sadios da raça não específica. As células mononucleares foram obtidas usando o protocolo Histopaque (Sigma-Aldrich, St Louis, MO) e cultivadas durante 21 dias. Procedimentos de capeamento pulpar direto foram realizados em dentes posteriores, com aplicação do agregado trióxido mineral (MTA), fosfato de hidroxiapatita/tricálcico, ou BMSCs. Após 3 meses, os animais foram sacrificados e os segmentos da mandíbula foram processadas para exame radiográfico usando a tomografia computadorizada de feixe de varredura e exame histológico para avaliar a formação de uma barreira de tecido duro de acordo com um sistema de pontuação. As fotoradiografias longitudinais e transversais e cortes histológicos confirmaram a formação de uma barreira calcificada evidente após o capeamento pulpar direto com MTA e BMSCs. A análise estatística das pontuações atribuídas para formação de ponte calcificada radiográfico e histológico mostrou que tanto a MTA e BMSC tinha uma tendência similar para produzir uma barreira-tecido duro que era significativamente maior do que o fosfato tricálcico de hidroxiapatite ($P < 0,05$).

Shayegan et al., (2010) avaliou e comparou a resposta da polpa de dentes decíduos de suínos após capeamento com Nano-Hidroxiapatita (NHAp) e formocresol (FC) em pulpotomias e NHAp e hidróxido de cálcio em capeamento pulpar direto. Quarenta dentes de dois porcos de 4 meses de idade foram tratados com pulpotomia e feito o capeamento com estes materiais. Quatro semanas mais tarde, os animais foram sacrificados e as amostras foram preparadas para exame histológico. Nos grupos de pulpotomia, houve uma diferença significativa entre NHAp e FC em termos de resposta da polpa, a formação de tecido duro e preservação normal de tecido pulpar. Nos grupos de capeamento pulpar direto, não houve diferença significativa entre a

NHAp e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em termos dos critérios acima mencionados. Os resultados do presente estudo mostram que avaliações histológicas, de curto prazo, em dentes de porcos livres de cárie, a NHAp parece ser biocompatível e não provoca reação inflamatória moderada ou grave no tecido pulpar, tanto na pulpotomia como em tratamentos de capeamento pulpar direto.

Swarup et al., (2014) comparou a resposta da polpa dentária exposta de humanos para NHAp, MTA e hidróxido de cálcio. O estudo foi feito em 30 pré-molares, variando de pacientes entre 11-15 anos. Capeamento intencional da polpa foi feito usando um dos materiais experimentais. Os dentes extraídos foram então submetidos a procedimento de coloração e avaliadas para a ponte de dentina e resposta pulpar após 15 e 30 dias. Comparações intra-grupos dos valores observados foram analisados utilizando o teste do qui-quadrado. A NHAp e MTA produziram pontes de dentina contínuas. A ponte de dentina que foi formada no grupo do MTA tinha padrão regular de túbulos dentinários, ao contrário do que foi visto no grupo da NHAp. Nenhuma ponte de dentina foi observada no grupo Dycal para o período de 15 dias na maioria das amostras. Após 30 dias observou pontos de dentina contínuo e interrompido em igual número de amostras. A resposta inflamatória inicial e necrose superficial do tecido pulpar foram maiores com a NHAp e o hidróxido de cálcio, reduzindo com o tempo. Os autores concluem que o MTA não mostrou alterações inflamatórias na maioria das amostras, em ambos os períodos de estudo. A necrose foi menos observada no grupo MTA seguido de NHAp. A vascularização aumentada no grupo NHAp nos períodos iniciais reduziu com o tempo. Com base na capacidade de NHAp para produzir pontes completas, dentinários resposta celular e vascular favorável, o material poderia ser considerado como um substituto e poderia ser utilizado como um agente de capeamento direto.

Kiba et al., (2010) investigaram a eficácia da Poly-CAP como um material de capeamento pulpar direto, examinando o perfil Ca-release, a capacidade de induzir a dentinogênese reparadora, e a colagem superficial de hidroxiapatita (HAp) com sistemas adesivos. O Poly-CAP preparado por emparelhamento de disco HAp bruto foi imerso em solução tampão com pH 7,4 ou 4,0, e a concentração de Cálcio (Ca) libertado foi medido até 15 dias. A polpa de 9 semanas de idade de molar de ratos Wister foi exposto e capeado

com Poly-CAP ou com bloco de hidroxiapatita. A formação de ponte de dentina e a inflamação pulpar foi avaliada histopatologicamente após 2 e 4 semanas. Ataque ácido e lavagem ou adesivo auto-condicionante foi ligado a HAp superficial, e a interface foi observada usando SEM. A Poly-Cap exibiu liberação contínua de Ca com quantidade significativamente maior do que HAp em ambas as condições de pH ($P < 0,05$, teste t de Student). Testes em animais demonstraram a formação de ponte de dentina completa numa taxa mais elevada para Poly-Cap quando comparada com HAp após 4 semanas ($p < 0,05$, teste de aço-Dwass). Impregnação de resina na superfície HAp gravado, com produção de íntimo contato na interface de ligação, foi visto por todos os adesivos.

Xu et al., (2008) avaliou o efeito curativo da hidroxiapatita auto-solidificando/norvancomycin composto como material de capeamento pulpar direto em comparação com hidróxido de cálcio. Um total de 60 pacientes (60 dentes), apresentando lesões profunda de cáries ou exposição pulpar foram selecionados para este estudo. Todos os 60 pacientes foram divididos aleatoriamente em um grupo experimental e um grupo controle, com 30 pacientes (30 dentes) por grupo. Hidroxiapatita auto/2,5% norvancomycin de hidróxido de cálcio composto foram aplicados como agentes de capeamento pulpar nos grupos experimental e controle, respectivamente. As reações do tecido pulpar foram avaliadas após oito semanas. Os dentes com resposta normal foram restaurados de forma permanente, e os outros receberam tratamento de canal. As principais medidas de desfecho: reação do tecido pulpar dos pacientes. Resultados: No grupo experimental, um caso apresentava dor leve após 1 semana o capeamento pulpar e tratamento de canal recebido, com taxa de sucesso de 97%. No grupo controle, dois pacientes apresentaram dor leve após o tratamento de canal de 3 dias e 1 semana de capeamento pulpar, respectivamente, com taxa de sucesso de 93%. Os autores concluíram que a hidroxiapatita auto/norvancomycin composto adquire uma elevada taxa de sucesso, com efeitos curativos semelhantes ao hidróxido de cálcio. Portanto pode ser um bom agente para o capeamento pulpar, preservando a polpa vital.

4.6. DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS *IN VITRO*

Paranjpe et al., (2010) avaliaram o efeito do MTA cinza em células da polpa dentária de humanos (DPSC), níveis de expressão de genes, secreção de factor de crescimento vascular endotelial, e morfologia da superfície. O MTA promoveu sobrevivência e proliferação celular, que foi significativamente diferente do grupo control. Regulou positivamente a expressão de factores de transcrição, de importantes genes odontoblásticos, demonstrando assim capacidade de promover a diferenciação das células em células pulpares odontoblasticas, os quais, por sua vez, são responsáveis pela formação de ponte de dentina. E ainda foi capaz de induzir um aumento de aproximadamente 1,7 vezes a secreção de factores angiogénicos tais como factor de crescimento endotelial vascular, que é importante no processo de cicatrização e regeneração do tecido. As diferenças entre o grupo controle e os grupos MTA foram estatisticamente significativas. Os resultados da microscopia eletrônica de varredura revelaram diferenças nas morfologias da superfície entre os grupos. Os autores concluíram que o MTA é biocompatível e possível de promover a formação de ponte de dentina, juntamente com a reparação dos tecidos, o que contribui para o sucesso do tratamento.

Em 2011, Paranjpe et al., em seu estudo determinaram se o contato direto das células com MTA ajudaria na diferenciar das células da polpa em células odontoblásticas. As células da polpa dentária humanos foram cultivadas em MTA cinza, em contato direto ou afastando-as células em uma inserção de cultura de células, e os níveis de expressão de genes, a secreção de fator de crescimento endotelial vascular (VEGF), e as taxas de proliferação celular foram analisados. Os autores observaram que o MTA quando colocados em contato direto com as células promoveu uma expressão regulada de genes odontoblásticos importantes, como a osteocalcina e a sialoproteína, mostrando, assim, que o contato direto das células com o MTA é necessária para promover a diferenciação das células da polpa em odontoblastos, que por sua vez são responsáveis pela formação de ponte de dentina. MTA também induziu um aumento na secreção de VEGF quando colocado em contato direto com as células. De fato o contato direto das células com o MTA é necessária para ajudar a diferenciá-las em células odontoblásticas.

Kin et al., (2010) investigaram as alterações na expressão dos genes relacionados à mineralização quando agregado trióxido mineral (MTA) é aplicado *in vitro* sobre células pulpareas humanas (HDPCs). O MTA em um tubo de Teflon (diâmetro 10 mm, altura de 2 mm) foi aplicado sobre as células. HDPCs aplicada em tubos vazios foram utilizados como controle negativo. O RNA foi totalmente extraído a 6, 24, e 72 horas após a aplicação do MTA para análise de micro matriz. Os resultados foram confirmados seletivamente através da realização de reação em cadeia da polimerase-transcriptase reversa para os genes que mostraram alterações de mais de 2 vezes ou menos de metade. Dos 24.546 genes, 109 genes foram regulados positivamente mais do que 2 vezes (por exemplo, THBS1, VCAN, BHLHB2, FN1, COL10A1, TUFT1, e HMOX1), e 69 genes foram regulados negativamente abaixo de 50% (por exemplo, o DCN, SOCS2, e IL8). Conclusões: Estes resultados sugerem que, em vez de ser um material bio-inerte, o MTA, afeta as células de polpa de várias maneiras. MTA parece afetar a mineralização e induz leve inflamação.

Téclès et al., (2008) investigaram a diferenciação de células após contato direto com biomateriais classicamente utilizados em Odontologia Restauradora. A coloração histológica após capeamento direto com Hidróxido de Cálcio ou MTA revelou formação mineralizada de focos precoce e progressiva, contendo células sequestradas. A caracterização molecular da matriz e as células sequestradas por imuno-histoquímica (Collagene tipo I, sialoproteína de dentina, e nestina) demonstraram claramente que estas áreas partilhavam características comuns da matriz mineralizada de dentina reparativa formada por células de odontoblastos. Os resultados representaram características de resposta semelhante da polpa após a aplicação destes materiais *in vivo*. Simon et al., (2008) usando o MTA, e avaliando com o raio-x de energia dispersiva observaram que a dentina reparada abaixo do MTA apresenta menos cálcio do que o formado anteriormente. As observações na microscopia eletrônica mostraram que a área calcificada era composta principalmente de cálcio e fósforo, enquanto que o MTA é composto por cálcio e sílica.

5. DISCUSSÃO

O tratamento da exposição pulpar não é dependente do tipo de material utilizado, mas está relacionada principalmente à capacidade destes materiais em evitar a infiltração bacteriana (BELOBROV; PARASHOS, 2011), ser biocompatível e promover e/ou estimular a formação de tecido duro (SWARUP et al., 2014). O sucesso do tratamento CPD é dependente da preservação da vitalidade pulpar e da formação de barreira mineralizada (MIN et al., 2008).

Com base em estudos desenvolvidos *in vivo*, tanto em humanos como em animais, o MTA é considerado um material adequado para capeamento pulpar direto (BOGEN et al., 2008; ACCORINTE et al., 2009). Contudo se considerarmos a formação completa ou parcial de tecido duro, com pouca ou nenhuma comunicação entre o material de preenchimento e a polpa dentária como sucesso clínico do capeamento pulpar, podemos afirmar com base nos estudos aqui avaliados que ambos os materiais (MTA e HAp) foram eficazes. No entanto, esses estudos apresentam como desvantagem o número reduzido de casos e os períodos de observação curtos. Outro fator crítico, é que alguns estudos tem sido desenvolvidos em animais de espécies menores, como camundongos, cães e primatas. Os resultados encontrados, por vezes, não refletem a realidade em humanos, requerendo muita cautela antes de aplica-los (HILTON, 2009).

Entretanto, Dammaschke et al., (2010) relata que a cicatrização do tecido pulpar em molar de ratos após capeamento pulpar direto é histologicamente comparável com o dos seres humanos e com outras espécies de tecido pulpar animal. O tecido pulpar dos dentes de ratos pode ser visto anatomicamente, histologicamente, biologicamente e fisiologicamente como dentes molares humanos em miniatura. Assim, estes são tidos como modelos de estudo válidos, a fim de fornecer dados valiosos relativos à reação do tecido pulpar. Testes desenvolvidos em animais superiores devem ser limitados a experimentos que clarificam resultados inconsistentes. No entanto, algumas dificuldades técnicas, como a pequena dimensão do dente do rato devem ser avaliadas antes de iniciar qualquer pesquisa.

O mecanismo exato pelo qual o MTA induz a formação de ponte de tecido duro não é completamente compreendido, e há indícios de que o

processo inicial de formação de dentina reparadora é semelhante ao do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (ACCORINTE et al., 2008). Apesar do MTA não possuir hidróxido de cálcio na sua composição, óxido de cálcio é formado após o seu endurecimento. O óxido de cálcio reage com os fluídos dos tecidos dando origem a formação de estruturas semelhantes aos encontrados em cristais do HC. Nesse processo ocorre atração da fibronectina, e esta acumula em torno destes cristais, estimulando tecidos subjacentes para a mineralização (GOMES-FILHO et al., 2008). Kim et al., (2010) sugerem que, em vez de ser um material bio-inerte, o MTA, afeta as células de polpa de várias maneiras, afeta a mineralização e induz leve inflamação.

A literatura atual destaca poucos estudos clínicos que avaliem o sucesso do capeamento direto com o MTA em longo prazo (> 1 ano) comparando com a hidroxiapatita. A maioria dos estudos compara o MTA com o HC (MENTE et al., 2010). Isso pode ser justificado pela constante inovação no campo da pesquisa e tecnologia, objetivando sempre uma maior qualidade e busca pelo melhor material. O HC por muito tempo foi considerado padrão ouro e ainda continua sendo utilizado neste tipo de procedimento. Porém com o surgimento do MTA e pelas suas propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis, novos estudos passaram a ser realizadas e assim foi possível provar que este é mais eficaz que o anterior. Contudo o MTA apresenta certas limitações, e isso leva a busca constante por um novo material que o supere. Atualmente as pesquisas apontam as biocerâmicas como materiais amplamente utilizados na área médica por apresentarem alto poder de induzir reparação tecidual. Entre as biocerâmicas a hidroxiapatita aparece como uma alternativa, elencando novos estudos no CPD.

A Hidroxiapatita (HAp) por sua vez apresenta excelente biocompatibilidade com dentes e ossos humanos, tornando-se muito indicado para aplicações biomédicas. A HAp, como um agente de capeamento pulpar, causa inflamação e necrose superficial do tecido pulpar em alguns casos, necessário para a assepsia do campo operatório. Swarup et al., (2014) relatam que a necrose superficial do tecido pulpar foi menos observada no grupo MTA em relação a NHAp e que a vascularização aumentada no grupo da Nano-HAp nos períodos iniciais reduziu com o tempo. Por outro lado, Shayegan et al., (2010), mostram através de avaliações histológicas, de curto

prazo, em dentes de porcos livres de cárie, que a NHAp parece ser biocompatível e que não provoca reação inflamatória moderada ou grave no tecido pulpar, tanto na pulpotomia como em tratamentos de capeamento pulpar direto, concordando com Barros (2012). Segundo Danesh et al., (2010) após 15 e 30 dias de avaliação a intensidade da inflamação da hidroxiapatita sintetizada (HApS) foi menor que no grupo da apatite carbonatada biomimética [BCAP]. Aos 60 dias, os resultados foram semelhantes. A HApS produziram significativamente mais calcificações distróficas do que BCAP que pode ser atribuído ao fato de que HApS nanocristalino proporciona uma maior área de superfície e também é esperado que exibem melhor bioatividade do que os cristais mais grosseiros (MOBASHERPOUR et al., 2007). Além disso, as diferenças no grau de cristalinidade, estequiometria e solubilidade entre estas duas apatitas, resultante do método em que foram sintetizados, podem explicar a diferença observada (DANESH et al., 2010).

Barros (2012) verificou que os resultados da microscopia eletrônica de varredura revelaram diferenças nas morfologias da superfície do MTA, concluindo que o MTA apresenta características morfológicas excelentes para o selamento marginal e que a HAp funciona como um verdadeiro arcabouço para as células sanguíneas, favorecendo um elevado grau de indução e condução da neoformação tecidual. Podendo ser apontado como o biomaterial do futuro na formação de ponte de dentina e reparação tecidual.

Com relação ao tempo que os materiais levam para formar pontos de dentina o MTA tem sido avaliado por alguns autores variando de alguns dias (KURATATE et al., 2008; TÉCLÉS et al., 2008), a semanas (SIMON et al., 2008; ASGARY et al., 2008; DANESH et al., 2010), após o capeamento.

6. CONCLUSÃO

Tomando-se por base os achados na literatura, pode-se concluir que:

- Os dois materiais, o MTA e a Hidroxiapatita são capazes de estimular a formação de ponto de dentina. O MTA tem sido muito empregado e com sucesso no CPD, porém pode-se sugerir que a HAp representa uma perspectiva futura no capeamento pulpar, apresentando efeitos positivos como a capacidade de manter a viabilidade do tecido e promover uma reparação da exposição, além da alta biocompatibilidade.
- Barros (2010) comparou em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) a diferença entre o tamanho das partículas do MTA e da Hidroxiapatita, assim como, seu arranjo, chegando a conclusão que o MTA possui pouca porosidade entre suas partículas, promovendo um selamento marginal através da neoformação dos tecidos adjacentes e que a Hidroxiapatita, devido a sua porosidade e seu arranjo em forma de arcabouço, promove uma integração mais íntima entre as células neoformadas, resultando, assim, em um selamento fisiológico.
- A presença de necrose superficial foi observada após aplicação, em ambos os biomateriais, diminuindo com o tempo clínico de observação.
- O tempo de avaliação foi relativamente curto, requerendo novos estudos em longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCORINTE, M. L. R.; LOGUERCIO, A. D.; REIS, A.; CARNEIRO, E.; GRANDE, R. H. M.; MURATA, S. S.; HOLLAND, R. Response of human dental pulp capped with MTA and calcium hidroxide powder. **Oper Dent**, v. 33, p. 488-495, 2008.

ACCORINTE, M. L.; LOGUERCIO, A. D.; REIS, A.; et al. Evaluation of two mineral trioxide aggregate compounds as pulp-capping agents in human teeth. **Int Endod J**, v. 42, p. 122–8, 2009.

ASGARY, S.; PARIROKH, M.; EGHBAL, M. J.; BRINK, F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 31, p. 101–3, 2005.

ASGARY, S.; EGHBAL, M. J.; PARIROKH, M.; GHANAVATI, F.; RAHIMI, H. A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 106, p. 609–14, 2008.

BAEK S. H.; PLENK H. Jr.; KIM S. Periapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, SuperEBA, and MTA as root-end filling materials. **J Endod**, v. 31, p. 444-9, 2005.

BARROS, C. M. B. Estudo *in vivo* hidroxiapatita como cimento endodôntico e seu efeito osteocondutor em ratos Wistar (rattus norvegicus). **Tese de doutorado** em Ciências e Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 171 f, 2012.

BELOBROV, I.; PARASHOS P. Treatment of tooth discoloration after the use of white mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 37, p.1017–20, 2011.

BOGEN, G.; KIM, J. S.; BAKLAND, L. K. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study. **J Am Dent Assoc**, v. 139, p. 305–15, 2008.

CAMP, J. H. Diagnosis dilemmas in vital pulp therapy: treatment for the toothache is changing, especially in young, immature teeth. **J Endod**, v. 34, p. 6–12, 2008.

COELHO, A.; CANTA, J. P.; MARQUES, P. Pulpotomia de Dentes Decíduos com Mineral Trióxido Agregado: Caso Clínico. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, v. 46, n. 2, p. 101-106, 2005.

COHEN, S.; HARGREAVES, K. **Caminhos da Polpa**. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 1079 p.

DAMMASCHKE, T.; STRATMANN, U.; WOLFF, P.; SAGHERI, D.; SCHÄFER, E. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an immunohistologic comparison with calcium hydroxide in rodents. **J Endod**, v. 36, n. 5, p. 814-9, 2010.

DANESH, F.; TOOTIAN, Z.; JAHANBANI, J.; RABIEE, M.; FAZELIPOUR, S.; TAGHVA, O.; et al. Biocompatibility and mineralization activity of fresh or set white mineral trioxide aggregate, biomimetic carbonated apatite, and synthetic hydroxyapatite. **J Endod**, v. 36, n. 6, p. 1036-41, 2010.

DELFINO, C. S.; RIBEIRO, C.; VIEIRA, G.; BRESSIANI, A. H. A.; TURBINO, M. L. Uso de novos materiais para o capeamento pulpar (hidroxiapatita - HAp e fosfato tricálcico – β -TCP). **Cerâmica**, v. 56, p. 381-388, 2010.

DIAS, A. T.; FONSECA, G. A.; ANDRADE, J. H. V.; ARAUJO, M. C. P.; FREIRE, M. V.; MARQUES, M. C. S.; ALMEIDA, N. S.; TANCREDO, N. **Manual de Endodontia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1980, 413p.

EPPLÉ, M.; TADIC, D. Mechanically stable implants of synthetic bone mineral by cold isostatic pressing. **Biomaterials**, v. 24, p.4565–71, 2003.

ESTRELA, C. **Ciência Endodôntica**. 2ª Ed. São Paulo: Artes Médicas. 2004, 1010p.

E'GUES, M. A. M.; PAULA M.; GOISSIS G. Compósito de colágeno com silicato e hidroxiapatita como material para endodontia: preparação e caracterização. **Rev. Odonto. Ciênc**, v. 23, n. 2, p. 134-140, 2008.

FRANK, R. M. Structural and ultrastructural reactions of bone and pulp after bioceramic implantation. In: **Congress of International Association of Oral Pathologists**. Tokio, 1990.

GOMES-FILHO, J. E.; FARIA, M. D.; BERNABE, P. F.; et al. Mineral trioxide aggregate but not light-cure mineral trioxide aggregate stimulated mineralization. **J Endod**, v. 34, p. 62–5, 2008.

HARGREAVES, K. M.; GOODIS, H. E. **Polpa Dentária de Seltzer e Bender**. São Paulo: Quintessence. 2009, 501p.

HILTON, T. J. Keys to clinical success with pulp capping: a review of the literature. **Operative Dentistry**, v. 34, n. 5, p. 615-25, 2009.

HOLLAND, R.; SOUZA, W.; RUSSO, M. C. Tratamento conservador da polpa dental. **Ars Curandi Odontol**, p. 13-22, 1975.

KAO, C. T.; SHIE, M. Y.; HUANG, T. H.; DING, S. J. Properties of an Accelerated Mineral Trioxide Aggregate–like Root-end Filling Material. **J Endod**, v. 35, n. 2, p. 239-242, 2009.

KIBA, W.; IMAZATO, S.; TAKAHASHI, Y.; YOSHIOKA, S.; EBISU, S.; NAKANO, T. Efficacy of polyphasic calcium phosphates as a direct pulp capping material. **J Endod**, v. 38, n. 10, p. 828-37, 2010.

KIM E. C.; LEE B. C.; CHANG H. S.; LEE W.; HONG C. U.; MIN K. S. Evaluation of the radiopacity and cytotoxicity of Portland cements containing bismuth oxide. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 105, p. 54–7, 2008.

KIM, Y. B.; SHON, W. J.; LEE, W.; KUM, K. Y.; BAEK, S. H.; BAE, K. S. Gene expression profiling concerning mineralization in human dental pulp cells treated with mineral trioxide aggregate, **J Endod**, v. 36, n. 11, p. 1831-8, 2010.

KURATATE, M.; YOSHIBA, K.; SHIGETANI, Y.; YOSHIBA, N.; OHSHIMA, H.; OKIJI, T. Immunohistochemical analysis of nestin, osteopontin, and proliferating cells in the reparative process of exposed dental pulp capped with mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 34, p. 970–4, 2008.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA, J. F. **Endodontia Biologia e Técnica**. 3ª Ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010, 951 p.

LORENZO, J. L. **Microbiologia para o Estudante de Odontologia**. São Paulo: Atheneu. 2004, 274p.

MENTE, J.; GELETNEKY, B.; OHLE, M.; KOCH, M. J.; FRIEDRICH, DING, P. G.; WOLFF, D. Mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: an analysis of the clinical treatment outcome. **J Endod**, v. 36, p. 806–13, 2010.

MIN, K. S.; PARK, H. J.; LEE, S. K, et al. Effect of mineral trioxide aggregate on dentin bridge formation and expression of dentin sialoprotein and heme oxygenase-1 in human dental pulp. **J Endod**, v. 34, n. 666–70, 2008.

MOBASHERPOUR, I., HESHAJIN, M. S.; KAZEMZADEH, A.; ZAKERI, M. Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite by using precipitation method. **J Alloys Compd**, v. 430, p. 330–3, 2007.

NAIR, P. N.; DUNCAN, H. F.; PITT-FORD, T. R.; LUDER, H. U. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. **Int Endod J**, v. 41, p.128–50, 2008.

NETO, F. A. D. **Avaliação do cimento de alfa-fosfato tricálcico em artrodeses tarsocrurais experimentais em cães**. 83f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal UNESP. Jaboticabal/SP, 2007.

NOGUCHI, J. Ultrastructural study on the developmental process of the dentin bridge following direct capping using hydroxyapatite ceramic. **Tsurumi Shigaku**, v. 15, p. 63, 1989.

OBEID, M., SABER, S. E. D. M., ISMAEL, A. E. D., HASSANIEN, E. Mesenchymal Stem Cells Promote Hard-tissue Repair after Direct Pulp Capping. **J Endod**, v. 39, p. 626-631, 2013.

OLIVEIRA, T. C. **Avaliação histológica do cimento de fosfato de cálcio (CFC) reforçado por fibras implantado supra-corticalmente em fêmur de ratos**. 52f. Tese de Doutorado. Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.

PARANJPE, A.; SMOOT, T.; ZHANG, H.; JOHNSON, J. D. Direct contact with mineral trioxide aggregate activates and differentiates human dental pulp cells. **J Endod**, v. 37, n. 12, p. 1691-5, 2011.

PARANJPE A.; ZHANG H.; JOHNSON J. D. Effects of mineral trioxide aggregate on human dental pulp cells after pulp-capping procedures. **J Endod**, v. 36, n. 6, p.1042-7, 2010.

PEÑA, J.; VALLET-REGI, M. Hydroxyapatite, tricalcium phosphate and biphasic materials prepared by a liquid mix technique. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 23, p.1687-96, 2003.

RESTON, G. E.; COSTA, C. A. S. Scanning electron microscopy evaluation of the hard tissue barrier after pulp capping with calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate (MTA) or ProRoot MTA. **Aust Endod J**, v. 35, p. 78-84, 2009.

REYES-CARMONA, J. F.; SANTOS, A. R. S.; FIGUEIREDO, C. P.; FELIPPE, M. S.; FELIPPE, W. T.; CORDEIRO, M. M. In Vivo Host Interactions with Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide: Inflammatory Molecular Signaling Assessment. **J Endod**, v. 37, n. 9, p. 1225-35, 2011.

SAGHIRI, M. A.; LOTFI, M.; SAGHIRI, A. M.; VOSOUGHHOSSEINI, S.; FATEMI, A.; SHIEZADEH, V. Effect of pH on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. **J Endod**, v. 34, p. 1226-1229, 2008.

SAWICKI, L.; PAMEIJER, C. H.; EMERICH, K.; ADAMOWICZ-KLEPALSKA, B. Histological evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide in direct pulp capping of human immature permanent teeth. **Am J Dent**, v. 21, p. 262-6, 2008.

SHAYEGAN, A.; PETEIN, M.; VANDEN, ABEELE, A. The use of beta-tricalcium phosphate, white MTA, white Portland cement and calcium hydroxide for direct pulp capping of primary pig teeth. **Dent Traumatol**, v. 25, p. 413-9, 2010.

SIMON, S.; COOPER, P.; SMITH, A.; PICARD, B.; IFI, C. N.; BERDAL A. Evaluation of a new laboratory model for pulp healing: preliminary study. **Int Endod J**, v. 4, p. 781-90, 2008.

SWARUP S. J.; RAO A.; BOAZ K.; SRIKANT N.; SHENOY, R. Pulpal Response to Nano Hydroxyapatite, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide when Used as a Direct Pulp Capping Agent: An in Vivo study. **J Clin Pediatr Dent**, v. 38, n. 3, p. 201, 2014.

TÉCLÉS, O.; LAURENT, P.; AUBUT, V.; ABOUT, I. Human tooth culture: a study model for reparative dentinogenesis and direct pulp capping materials biocompatibility. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, v. 85, p. 180–7, 2008.

TUNA, D.; OLMEZ, A. Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. **Int Endod J**, v. 41, p. 273–8, 2008.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review – Part I: chemical, physical and antibacterial properties. **J Endod**, v. 36, p. 16-27, 2010.

TORKITTIKUL, P.; CHAIPANICH, A. Optimization of calcium chloride content on bioactivity and mechanical properties of White Portland cement. **Materials Science & Engineering C**, v. 32, n. 2, p. 282-89, 2012.

XU, X.; ZHAO, J. J.; HAN, J. L. Self-solidifying hydroxyapatite/norvancomycin composite for pulp capping. **J Clin Rehab**, v. 12, n. 45, p. 8973-6, 2008.

YOKOSUKA, T.; KAWASAKI, K. A histological study on the application of adhesive resinous material hydroxyapatite, 2-tricalcium phosphate and dent chips in exposed monkey tooth pulp. **Japan Conseru Dent**, v. 39, p. 807-32, 1996.