

Diogo Pinheiro Ferreira Rosas

Protecções Pulpaes Directas: MTA vs Hidróxido de cálcio

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2008

Diogo Pinheiro Ferreira Rosas

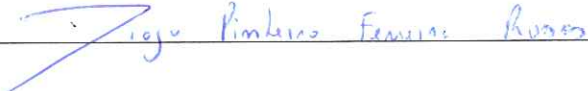
Protecções Pulpares Directas: MTA vs Hidróxido de cálcio

Monografia apresentada

à Universidade Fernando Pessoa

como parte integrante dos requisitos para a

obtenção do grau de licenciatura em Medicina Dentária

  
\_\_\_\_\_

## **Dedicatórias**

Aos meus pais e minha irmã, pelo apoio incondicional demonstrados em todos os momentos da minha vida e principalmente nestes seis anos de curso. Obrigado por tudo e por me ensinarem.

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Dra. Joana Domingues, por todo o apoio, amizade, disponibilidade, incentivo e carinho demonstrado ao longo destes meses de trabalho, o meu mais sincero agradecimento pela sua orientação exemplar.

Á meu binómio Jorge Bazenga por tudo que passamos e trabalhamos juntos durante seis longos anos de faculdade.

E a todos que me acompanharam durante todo este tempo de preocupações e anos de licenciatura.

Obrigado a TODOS....

## Resumo

A protecção pulpar directa é uma matéria que tem vindo a ser estudada durante muitos anos. A aplicação de vários materiais em exposições pulpares tem como principal função tentar preservar a vitalidade pulpar do órgão dentário. Após o emprego empírico de diferentes substâncias, chegou-se finalmente ao hidróxido de cálcio, cuja indicação perdura até os dias de hoje. Contudo, vários medicamentos ou produtos têm sido desenvolvidos e indicados como uma opção ao emprego do hidróxido de cálcio, tal como o MTA.

O hidróxido de cálcio é um cimento empregue em várias situações clínicas, sendo muito utilizado como material protector de exposições pulpares acidentais. É um material que apresenta uma biocompatibilidade com os tecidos pulpar, é anti-bacteriano devido ao seu elevado pH e ainda leva a formação de dentina terciária, sendo o seu método de formação ainda pouco esclarecido.

O MTA (Agregado Trióxido Mineral) é um material complexo que apresenta características e propriedades que são favoráveis à aplicação em vários campos de Medicina Dentária. Como protector pulpar directo é um material que possui uma excelente biocompatibilidade, um bom poder de selamento e ainda leva a formação de dentina terciária, protegendo órgão pulpo-dentinário de possíveis invasões de microorganismos.

A revisão bibliográfica foi efectuada na base de dados da Medline ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com)), utilizando as palavras-chave: “MTA”, “Pulp capping”, “pulp”, “complex dentin-pulp”, “calcium hydroxide”. Os artigos seleccionados foram do tipo meta-análises, revisões bibliográficas e estudos clínicos controlados randomizados, pesquisando desde o ano de 1967 até 2008.

Assim, abordou-se nesta revisão bibliográfica as características do hidróxido do cálcio e MTA, confrontando-os de modo a se poder tirar conclusões essenciais para uma futura abordagem clínica.

Da análise de vários estudos pode-se concluir que o MTA apresenta melhores resultados clínicos como aplicador na protecção pulpar directa do que o hidróxido de cálcio devido às suas excelentes características físico-químicas.

## Abstract

Direct pulp capping is a subject which has been studied for many years. The main function of applying several materials in exposed pulps is to try and preserve the pulp vitality of the dental organ. After the empirical use of different substances, it lead finally to the application of calcium hidroxiide, whose indication has continued until today. However, several medicines or products have been developed in the meantime and are also suitable as an option in substituting the function of calcium hidroxiide, for example, MTA.

Calcium hidroxiide is a cement that is employed in several clinical situations, being used very often as a protective material in cases of accidental pulp exposure. It is a material that presents good biocompatibility with the pulp tissue, is anti-bacterial due to its high pH values and is also able to form layers of reparative dentin, although the method of its formation is still not completely understood

MTA (Mineral Trioxide Agreggate) is a complex material that presents several characteristics and properties that are favorable to its application in various fields of Dental Medicine. As direct pulp capping, it is a material that possesses excellent biocompatibility, good sealing properties and also leads to the formation of reparative dentin as protection of the dental organ against possible invasions of microorganisms.

The bibliographical review was researched in the Medline database ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com)), using the key-word: "MTA", "Pulp capping", "pulp", "complex dentin-pulp", "calcium hidroxiide". The selected articles were goal-analyses, bibliographical reviews and controlled randomized clinical studies , researching from the year 1967 up to 2008.

Therefore, in this bibliographical review, the characteristics of calcium hidroxiide and MTA were discussed, with the intention of reaching a conclusion which proves essential for future clinical implementation.

According to the various studies, it can be concluded that MTA presents better clinical results as a direct pulp capping material than the calcium hydroxide due to its excellent physicochemical characteristics.

# Índice

Índice de Figuras .....	vii
Índice de Tabelas .....	viii
Índice de Abreviaturas.....	ix
Introdução.....	1
Desenvolvimento.....	3
I – Complexo pulpo-dentário .....	3
1. Polpa.....	4
1.1 Elementos Estruturais .....	4
1.1.1 Substancia Intercelular .....	6
1.1.2 Fibroblastos .....	6
1.1.3 Fibras .....	7
1.1.4 Células mesenquimatosas indiferenciadas .....	7
1.1.5 Odontoblastos .....	9
1.1.6 Células de defesa .....	10
1.2 Vascularização .....	11

1.3 Inervação .....	12
1.4 Funções da Polpa .....	13
1.4.1 Função Indutiva .....	13
1.4.2 Função Formativa .....	13
1.4.3 Função Nutritiva .....	13
1.4.4 Função Sensorial .....	14
1.4.5 Função Defensiva .....	14
2. Dentina .....	15
2.1 Composição Química .....	16
2.2 Elementos Estruturais .....	16
2.2.1 Túbulos dentinários.....	16
2.2.2 Processos Odontoblásticos.....	18
2.2.3 Dentina Peritubular .....	18
2.2.4 Dentina Intertubular .....	18
2.2.5 Linhas Incrementais .....	19

2.3 Tipos de Dentina .....	19
2.3.1 Pré-dentina .....	20
2.3.2 Dentina Primária.....	20
2.3.3 Dentina Secundária .....	21
2.3.4 Dentina Terciária .....	22
2.3.5 Dentina Esclerótica.....	22
2.4 Inervação.....	23
II – Exposições Pulpares .....	24
III – Protecção Pulpar Directa .....	26
1. Características dos Protectores do complexo pulpo-dentinário .....	27
2. Factores que condicionam a protecção pulpar directa .....	28
a) Condição Pulpar .....	28
b) Idade do Paciente .....	29
c) Tamanho da Exposição Pulpar .....	29

d) Controlo Hemorragia Pulpar .....	30
IV – Materiais de Protecção Pulpar Directa .....	30
1. Hidróxido de cálcio .....	31
1.1 História e Constituição do Hidróxido de cálcio .....	31
1.2 Formas e Áreas de aplicação do Hidróxido de cálcio .....	32
1.2.1 Formas de Hidróxido de cálcio .....	32
1.2.2 Áreas de aplicação do Hidróxido de cálcio .....	33
1.3 Vantagens do Hidróxido de Cálcio .....	33
1.3.1 pH .....	33
1.3.2 Formação de Dentina terciária .....	34
1.3.3 Efeito Anti-bacteriano .....	36
1.4 Desvantagens do Hidróxido de cálcio .....	36
2. Agregado Trióxido Mineral (MTA) .....	39
2.1 História e Constituição do MTA .....	39
2.2 Formas e áreas de aplicação do MTA .....	41

2.2.1 Formas de MTA .....	41
2.2.2 Áreas de Aplicação do MTA.....	42
2.3 Vantagens do MTA .....	44
2.3.1 Poder de Selamento .....	44
2.3.2 pH .....	45
2.3.3 Força Compressiva .....	45
2.3.4 Libertação de substâncias ou componentes .....	46
2.3.5 Biocompatibilidade .....	47
2.3.6 Tempo de endurecimento .....	48
2.3.7 Radiopacidade .....	48
2.3.8 Formação de Dentina terciária .....	49
2.4 Desvantagens do MTA .....	50
V - Comparação do MTA vs Hidróxido de Cálcio .....	52
1. Biocompatibilidade e pH .....	52
2. Poder de cicatrização e formação de pontes dentinárias .....	52

3. Poder de Selamento .....	55
Conclusão.....	59
Bibliografia.....	62

## Índice de Figuras

Figura 1- Constituição do dente num corte longitudinal.....	4
Figura 2- Diagrama de representação de um odontoblastos e região pulpar subodontoblástica .....	5
Figura 3- Fibroblastos .....	7
Figura 4- Odontoblasto individualizado .....	10
Figura 5- Dentina e Esmalte .....	15
Figura 6- - Túbulos dentinários num corte sagital .....	17
Figura 7 - Desenho esquemático da teoria hidrodinâmica de sensibilidade dentinária.....	23
Figura 8 – Exposição pulpar durante a remoção da dentina cariada.....	24
Figura 9 - MTA .....	39
Figura 10 – Aplicações clínicas do MTA .....	43

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Vantagens e Desvantagens do Hidróxido de cálcio .....	38
Tabela 2- Vantagens e desvantagens do MTA.....	51
Tabela 3 – Comparação do Hidróxido de cálcio e MTA em diversas características ...	57

## Índice de Abreviaturas

- MTA – Agregado trióxido mineral
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - Hidróxido de cálcio
- IRM<sup>®</sup> - Óxido de zinco\ Eugenol
- PMN- polimorfonucleares
- nm- nanómetros
- FDA- Food and Drug Administration
- $\text{SiO}_2$ - Óxido de silicato
- $\text{CaO}$ - Óxido de cálcio
- $\text{MgO}$  – Óxido de magnésio
- $\text{K}_2\text{SO}_4$  – Sulfato de potássio
- $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – Sulfato de sódio
- $\text{Ca}^{2+}$  - ião cálcio
- $\text{PO}_4^{3-}$  - ião fosfato
- $\text{C}^+$  - ião carbono

- $\text{Cl}^-$  - íão cloro
- $\text{Si}^{2+}$  - íão silicato
- mm – milímetros
- $\text{Bi}_2\text{O}_3$  – Óxido de Bismuto
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  – Óxido de Alumínio
- $\text{FeO}$  – Óxido de ferro
- mg/ml – miligramas por mililitro
- $\mu\text{m}$  – micrómetros
- MPa – Mega Pascals
- BMP-2 – Proteínas morfogenéticas

## INTRODUÇÃO

A evolução de muitos materiais dentários e das suas técnicas, levou-me a abordar um tema que neste momento suscita alguma polémica: protecções pulpares directas com agregado trióxido mineral (MTA) ou com hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{HO})_2$ ). Estes apresentam-se como os principais materiais dentários a possuírem características que levam a uma recuperação da vitalidade pulpar quando o dente é submetido a vários tipos de lesões que provocam uma exposição pulpar. Assim tenciona-se comparar estes dois materiais com base em estudos executados nos últimos anos.

A escolha deste tema foi baseada na curiosidade em querer saber qual a melhor forma de resolver uma exposição pulpar, pois nos dias de hoje o grande objectivo da Medicina Dentária é evitar a perda de peças dentárias e actuar sempre de uma forma minimamente invasiva.

O dente está sujeito a vários tipos de lesões, entre elas lesões cáries que em estados mais avançados poderá expor os tecidos pulpares. Para este tipo de problema tem que se ser rápido e eficaz na sua resolução, uma vez que a vitalidade do dente está, por momentos em causa. Como solução a utilização tanto do MTA ou do  $\text{Ca}(\text{HO})_2$  têm como objectivo tentar manter a vitalidade pulpar protegendo e estimulando os tecidos pulpares para a produção de uma dentina protectora.

O hidróxido de cálcio é uma das principais substâncias utilizadas como medicação intra-canal e protecção pulpar por ser biocompatível, ter acção anti-inflamatória, acção anti-bacteriana, estimular a formação de tecido ósseo mineralizado e contribuir no processo de reparo tecidual. (Milosevic, 1991).

MTA é um material protector pulpar biocompatível com as estruturas adjacentes, possui um bom selamento biológico, semelhante ao IRM<sup>®</sup>, evitando infiltração pulpar e ainda apresenta resultados bastante positivos na formação de pontes de dentina, selamento de túbulos dentinários e desaparecimento da inflamação pulpar. (Ford et alli, 1996).

A revisão bibliográfica baseou-se em artigos publicados em revistas científicas nacionais e estrangeiras, livros de medicina dentária alusivos ao tema e teses de mestrado e doutoramento. Para esta pesquisa informativa utilizou-se a base de dados: Medline ([www.pubmed.com](http://www.pubmed.com)), as bibliotecas da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa e da Faculdade de Medicina Dentária do Porto, utilizando como palavras-chave: “MTA”, “Pulp capping”, “pulp”, “complex dentin-pulp”, “calcium hydroxide”, pesquisando desde o ano de 1967 até 2008.

## Desenvolvimento

### I) Complexo Pulpo-Dentário

Polpa e dentina são estruturas interligadas que formam um sistema onde existe uma íntima relação do tecido pulpar através dos odontoblastos, com a estrutura dentinária. A esta relação convencionou-se chamar complexo dentina-polpa. Além da interligação embriológica e histológica, existe ainda uma inter-relação capaz de fazer com que qualquer estímulo (reacção inflamatória ou modificações de natureza degenerativa) seja captado pela polpa desencadeia uma resposta que leva a deposição de dentina. Isto vai provocar uma diminuição da câmara pulpar ou dos canais radiculares como meio de protecção e manutenção da vitalidade pulpar. (Garone et alli, 2003). Assim, na realidade, e sob o aspecto prático, tanto a polpa como a dentina são tecidos que se relacionam intimamente, espacial e funcionalmente, constituindo um único complexo. (Mata et alli, 1992).

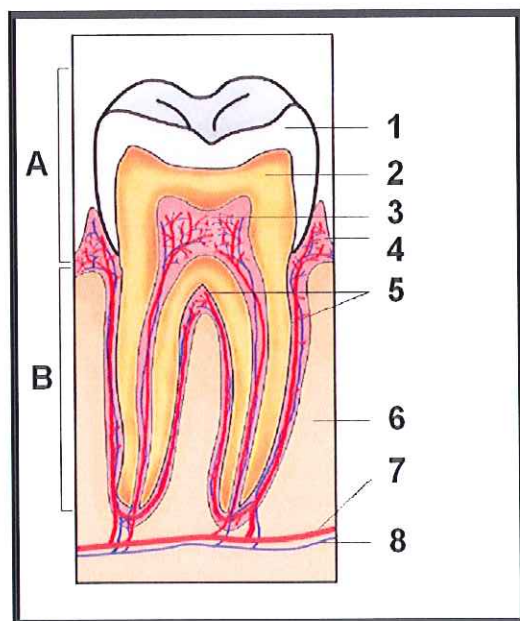
## 1. Polpa

A polpa dentária é um tecido conjuntivo, envolvido pela dentina, excepto no foramen apical, onde a mesma se comunica com o periodonto. Sua porção periférica auxilia a formação dentinária durante a vida do dente, além de manter a integridade da dentina. Em certos aspectos a polpa difere, estrutural e fisiologicamente, de outros tecidos conjuntivos.

### 1.1. Elementos estruturais

A polpa dentária é um tecido conjuntivo altamente diferenciado, ricamente innervado e vascularizado. A sua região central contém longos troncos nervosos e vasos sanguíneos. (Mondelli, 1998).

A polpa dentária é uma estrutura que está alojada numa rígida estrutura calcificada evitando a expansão da polpa (Figura 1). Assim, quando ocorre inflamação dos seus tecidos vai desencadear um processo bastante doloroso podendo levar ao comprometimento pulpar em algumas situações. (Lopes e Siqueira, 2004).

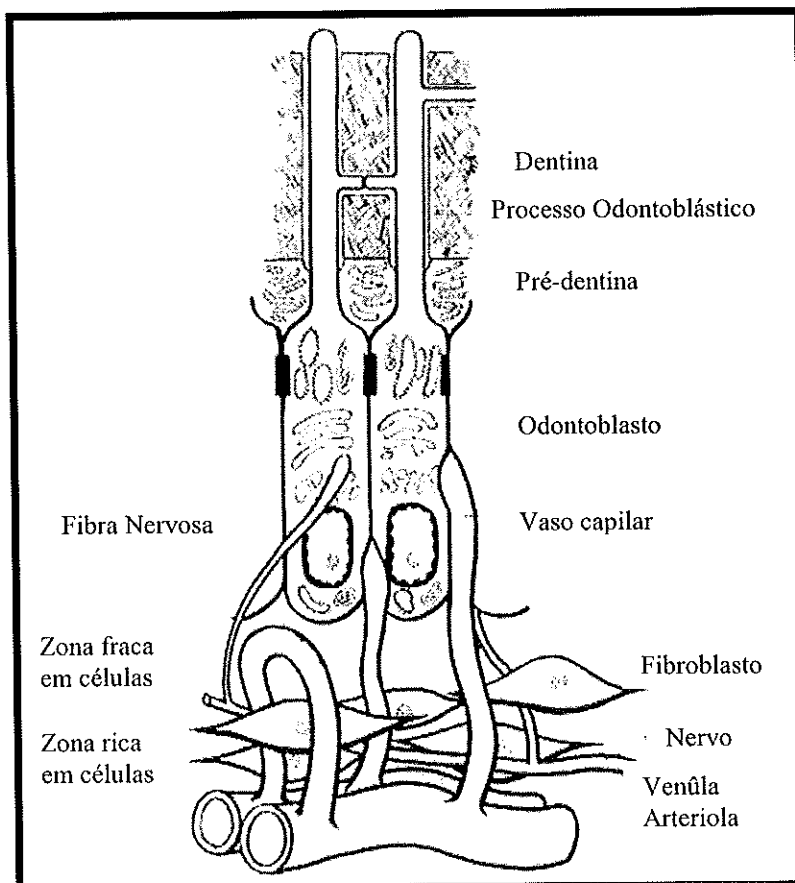


**Figura 1** – Constituição do dente num corte longitudinal: **A**- Coroa dentária; **B**- Raiz dentária, **1**- Esmalte; **2**- Dentina; **3**- Polpa; **4**- Gengiva; **5**- Cimento; **6**- Osso; **7**- Vaso sanguíneo e **8**- Nervo. (<http://www.saberweb.com.br/wp-content/uploads/imagens/anatomia/dente/01g.jpg>).

A polpa dentária é similar aos tecidos conjuntivos do resto do corpo, mas apresenta características especiais pois possui um maior número de elementos, tais como, nervos, fibras de tecido conjuntivo, substância fundamental, fluído intersticial, odontoblastos, fibroblastos, células de defesa e outros componentes celulares. (Cohen e Hargreaves, 2007).

Segundo Sturdevant e colegas (1996) e Garone e colegas (2003), periféricamente a polpa é circunscrita pela região odontogénica, sendo esta formada por (Figura 2):

- a) odontoblastos (célula formadora de dentina)
- b) zona acelular ( zona de weil- espaço no qual o odontoblasto pode mover-se até à polpa durante o desenvolvimento do dente)
- c) zona ricamente celular ( composta principalmente por fibroblastos e células mesenquimatosas indiferenciadas)



**Figura 2** – Diagrama de representação de um odontoblasto e região pulpar subodontoblástica. (Cohen e Hargreaves, 2006).

### 1.1.1 Substâncias intercelular

A substância intercelular é densa, gelatinosa e varia de granular a fibrilar. Esta estrutura é composta por mucopolissacarídeos ácido e compostos proteicos polissacarídeos. (Young e Heath , 2000)

Esta substância intercelular além de possuir a função de suportar as células da polpa, também serve como meio de transporte de nutrientes dos vasos para as células e vice-versa. (Mondelli, 1998).

Uma polpa em envelhecimento contém menor quantidade de substância intercelular. (Bhaskar, 1989).

### 1.1.2 Fibroblastos

Os fibroblastos são as células mais numerosas da polpa. A sua função consiste na formação de fibras de colagénio durante a vida do dente. Possuem uma forma estrelada típica e longos prolongamentos que se contactam com outros prolongamentos de fibroblastos, por uniões intercelulares. (Young e Heath , 2000)

Os fibroblastos são as células que se encontram em maior número no interior da câmara pulpar pois são eles os responsáveis pela a formação e manutenção da matriz extracelular. Ainda estão envolvidos nos processos de fagocitose (secreção e absorção). (Garone et alli, 2003)

Nas polpas jovens, os fibroblastos dividem-se e encontram-se activas na síntese proteica, mas nas polpas envelhecidas aparecem arredondadas com prolongamentos curtos e apresentam alguns organitos intracelulares (fibrocitos) (Figura 3). (Bhaskar, 1989).

Durante o envelhecimento, diminui o número relativo de elementos celulares da polpa e aumenta o número de fibras. (Bhaskar, 1989).

Os fibroblastos da polpa, para além de formarem a matriz pulpar, também possuem a capacidade de ingerir e degradar a mesma. Portanto, os fibroblastos tem a função de síntese e degradação da mesma célula. (Mondelli, 1998).



**Figura 3** – Fibroblastos  
(Young e Heath, 2000)

### 1.1.3 Fibras

No interior da polpa existem três tipos de fibras diferentes: fibras de colagénio, reticulares e elásticas. Cada uma possui características diferentes e propriedades diferentes. (Lopes e Siqueira, 2004)

As fibras de colagénio são fibras de colágeno tipo I e constituem 60% do colagénio encontrado na polpa. Estas fibras são escassas e desorganizadas na polpa coronária. Na região radicular são mais abundantes e dispostas paralelamente. (Lopes e Siqueira, 2004).

As fibras de colagénio da polpa, apresentam típicas estrias transversais de 64 nm e de 10 a 100 nm de comprimento. (Young e Heath , 2000).

Estas fibras estão presentes na substância intercelular do órgão pulpar, dando sustentação ao mesmo como um todo, bem como aos vasos e nervos que dele fazem parte. (Mondelli, 1998)

As fibras reticulares são fibras muito finas formadas por delgadas fibrilas de colagénio tipo III associados à fibronactina. (Lopes e Siqueira, 2004).

As fibras elásticas são muito escassas no tecido pulpar e localizam-se nas paredes dos vasos sanguíneos aferentes. O seu principal componente é a elastina. (Lopes e Siqueira, 2004).

O aumento significativo do número de fibras na polpa é indicativo do seu envelhecimento. (Bhaskar, 1989).

#### **1.1.4 Células mesenquimatosas indiferenciadas**

As células mesenquimatosas indiferenciadas são células primárias da polpa muito jovem. Estas células são mais longas que os fibroblastos, tem forma poliédricas, com prolongamentos periféricos e longos núcleos ovalados. (Mondelli, 1998).

Encontram-se nos vasos pulpares, na zona rica em células e dispersos por toda a polpa central. A sua movimentação para a zona pretendida é realizada através destes vasos. (Young e Heath , 2000).

Sabe-se que são células totipotenciais e quando é necessário substituir alguma célula, estas conseguem converter-se em odontoblastos, fibroblastos ou macrofagos. Deste modo, estas células são designadas por reserva tecidual. (Garone et alli, 2003)

Esta capacidade de diferenciação das células mesenquimatosas está relacionada directamente com a presença de diferentes estímulos conforme a necessidade exigida pela polpa (odontoblastos, macrofagos, fibroblastos, etc.). (Garone et alli, 2003)

Com o envelhecimento estas células também diminuem em número. (Bhaskar, 1989).

### 1.1.5 Odontoblastos

Os odontoblastos são as células mais diferenciadas da polpa, cuja sua principal função é a produção de dentina. (Sturdevant et alli, 1996).

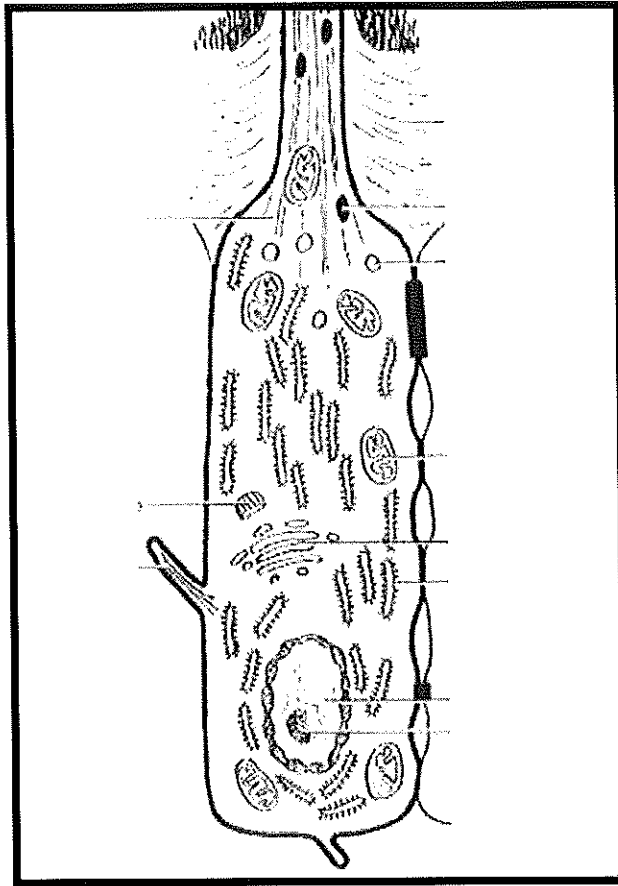
As células odontoblásticas, após a sua diferenciação, são consideradas células pós-mitóticas (incapazes de se dividirem), logo pertencem à população de células estáticas, como os neurónios. (Garone et alli, 2003).

É o segundo tipo de células mais abundante na polpa, apresentam os seus corpos celulares alinhados na periferia da polpa, adjacentes à pré-dentina (“zona odontogénica da polpa”).(Young e Heath , 2000).

Os corpos celulares dos odontoblastos são mais cilíndricos e longos na parte coronal e mais cúbicos na metade da raiz e perto do ápice são mais ovais. (Figura 4). (Sturdevant, et alli, 1996).

Apresentam uns processos citoplasmáticos, chamados “processos odontoblásticos”, que se prolongam no interior da dentina, através dos tubúlos dentinários. Por este motivo, justifica-se a polpa e a dentina, como uma estrutura única – “complexo pulpo-dentinário”. (Mondelli, 1998).

Os odontoblastos são células que se deslocam centriptamente. À medida que organizam a matriz orgânica vão deixando aprisionados numa massa pré-calcificada os seus prolongamentos citoplasmáticos e suas numerosas ramificações envolvidos por dentina peritubular. (Garone et alli, 2003).



**Figura 4-** Odontoblasto individualizado (Cohen e Hargreaves, 2006).

#### 1.1.6 Células de defesa

As células de defesa são elementos eventuais na polpa dentária. São recrutados da corrente sanguínea no momento em que aparecem agentes estranhos ao conjuntivo pulpar e interagem para criar mecanismos que ajudem a defender o tecido da invasão antigênica. (Estrela, 2004).

As células de defesa são os histiócitos ou macrófagos, mastócitos e plasmócitos. Também se pode encontrar alguns elementos de sangue, como neutrófilos (PMN), eosinófilos, basófilos, linfócitos e monócitos. (Young e Heath, 2000).

Em processos inflamatórios, todas as células comuns a este tipo de alteração estão presentes. (Mondelli, 1998).

## 1.2 Vascularização

A polpa é muito vascularizada. Os vasos sanguíneos da polpa e do periodonto originam-se da artéria alveolar superior e inferior e drenam pelas mesmas veias na região maxilar e mandibular. Esta vascularização sanguínea entra na cavidade pulpar pelo foramen apical ou acessórios. (Mondelli, 1998).

A polpa é apoiada por um sistema micro-circulatório, e seus maiores componentes são vênulas e arteríolas. Nenhuma artéria ou veia verdadeira penetra ou sai da polpa, pois a polpa apresenta um sistema colateral verdadeiro sendo diferente da maioria dos tecidos. (Cohen e Hargreaves, 2007).

Entre os tecidos orais, a polpa apresenta o maior volume de fluxo sanguíneo mas é substancialmente menor do que nos órgãos viscerais maiores, resultando numa taxa respiratória relativamente baixa das células pulpares. (Sturdevant, et alli, 1996).

Por ser enclausurada rigidamente entre paredes dentinárias, tem uma capacidade limitada de expansão, fazendo com que o seu volume de sangue não possa aumentar de forma exagerada. No entanto, o aumento de pressão tende a permanecer localizada na área lesada, não se estendendo para o resto do tecido pulpar, a menos que a inflamação seja severa e persistente. (Mondelli, 1998).

A circulação linfática segue a mesma disposição da vascular e contribui para o sistema imunológico pulpar. (Sturdevant, et alli, 1996).

### 1.3 Inervação

A polpa é um órgão sensorial com a capacidade de transmitir informações dos seus receptores sensitivos ao sistema nervoso central. Independentemente da natureza do estímulo, que pode ser uma mudança de temperatura, uma injúria para os tecidos, uma deformação mecânica, ou qualquer outro, todos resultarão em sensação de dor. (Mondelli, 1998).

A polpa dentária é amplamente inervada, principalmente por feixes de fibras sensoriais com axónios miélnicos, em torno de 13% e amielínicos, em torno de 87%. Estas percentagens vão alterando conforme a disposição morfológica da polpa e condições fisiopatológicas da polpa. (Garone et alli, 2003).

A maioria das fibras nervosas pulpares podem ser divididas em, fibras tipo C e fibras do tipo delta-A. (Cohen e Hargreaves, 2006)

As fibras do tipo C são amielínicas e estão distribuídas em todo o tecido pulpar. Possuem um limiar de sensibilidade relativamente alto e estão geralmente associadas com lesões teciduais por agressão directa ou por resposta a um processo inflamatório. A dor manifestada é profunda e intensa, como se o tecido tivesse a queimar. (Cohen e Hargreaves, 2007)

As fibras do tipo delta-A são miélnicas e localizam-se na junção pulpo-dentinária, principalmente na camada de odontoblastos e penetram na pré-dentina. Possuem um limiar de sensibilidade relativamente baixo e estão associados aos estímulos térmicos e mecânicos sobre a dentina. A dor é aguda mas mais facilmente suportável que as das fibras do tipo C. (Cohen e Hargreaves, 2007).

## 1.4. Funções da Polpa

A polpa é uma estrutura complexa que possui diversas funções que levam ao desenvolvimento, maturação e protecção de toda a estrutura dentária. (Mondelli, 1998).

### 1.4.1 Função indutiva

O principal papel da polpa é inter-actuar com as células do epitélio oral, que levam à diferenciação da lâmina e à formação do órgão do esmalte. (Mondelli, 1998).

### 1.4.2 Função formativa

As células do órgão pulpar produzem a dentina que rodeia e protege a polpa. (Sturdevant, et alli, 1996).

Os odontoblastos pulpare produzem a matriz orgânica e actuam na sua calcificação e através dos processos odontoblásticos forma-se a dentina ao longo da parede tubular do mesmo. (Mondelli, 1998).

A polpa tem como habilidade a formação de dentina por toda a vida. Isso permite que a polpa vital compense parcialmente a perda de esmalte ou de dentina causada por mecanismos traumáticos ou por doença. (Cohen e Hargreaves, 2007).

### 1.4.3 Função nutritiva

A polpa é responsável pela sua própria nutrição através dos vasos pulpare e pela nutrição da dentina realizada pelos prolongamentos odontoblásticos. (Mondelli, 1998).

#### 1.4.4 Função Sensorial

Os nervos sensitivos do dente respondem com dor a todos os estímulos, tais como calor, frio, pressão, procedimentos operatórios ou agentes químicos. Os nervos também provocam reflexos que controlam a circulação da polpa. (Mondelli, 1998).

#### 1.4.5 Função Defensiva ou Reparadora

A polpa é um órgão com grande habilidade reparadora. Reage à irritação sendo esta provocada mecânica, térmica, bacteriana ou quimicamente, produzindo dentina reparadora e mineralizando qualquer tubúlo dentinário não afectado. (Cohen e Hargreaves, 2006)

A polpa possui macrófagos, linfócitos, neutrófilos, monócitos, plasmócitos e mastócitos que ajudam no processo de reparação da mesma. (Cohen. e Hargreaves, 2006).

A polpa possui um mecanismo de defesa que é accionado dependendo da intensidade e frequência dos estímulos e também da sua própria capacidade individual. Podem ocorrer vários métodos de defesa entre eles, esclerosamento dos túbulos dentinários, a formação de dentina terciária, uma reacção inflamatória ou até mesmo um processo degenerativo. (Garone et alli, 2003).

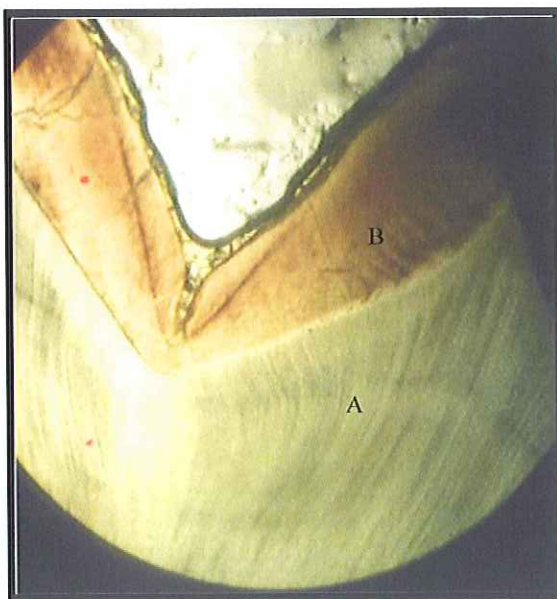
## 2. Dentina

A dentina constitui o tecido mineralizado que forma o maior volume do dente. A porção coronária é recoberta por uma camada de esmalte e a região radicular é revestida por cimento. No seu interior, a dentina delimita uma cavidade que contém a polpa dentária. (Lopes e Siqueira, 2004).

A dentina constitui a maior parte da estrutura do dente caracterizando-se como um tecido duro, com propriedades físicas e químicas semelhantes à do osso. A dentina delimita a cavidade pulpar estabelecendo com esta ligações através dos seus túbulos dentinários. (Sturdevant et alli, 1996 e Cox et al, 1992).

Ao contrário do esmalte, que é duro e quebradiço, a dentina está sujeita a deformações leves sendo deste modo uma estrutura com maior elasticidade e mais viscosa. (Mondelli, 1998).

A dentina diferencia-se do esmalte em três parâmetros distintos: a cor mais escurecida; a dureza inferior ao esmalte (superior ao osso) e a opacidade é inferior ao do esmalte.(Figura 5). (Mondelli, 1998).



**Figura 5 :** Dentina e Esmalte  
(Young e Heath, 2000):

- A- Dentina (visualização dos túbulos dentinários);
- B- Esmalte

## 2.1 Composição Química

A dentina é constituída aproximadamente em 70% de matéria inorgânica, 20% de matéria orgânica e 10% de água e outros constituintes. A parte inorgânica é principalmente constituída por hidroxiapatite e a parte orgânica por colagénio (90%). Ainda possui pequenas quantidades de fosfato, carbonatos e sulfatos. (Garone et alli, 2003).

A maior parte do colagénio é do tipo I, mas também possui uma pequena percentagem de tipo IV. (Cohen e Hargreaves, 2007).

## 2.2 Elementos Estruturais

A dentina é composta por uma matriz de fibras colagénicas, dispostas numa rede irregular. À medida que a dentina se calcifica, os cristais de hidroxiapatite mascaram as fibras de colagénio individuais. (Mondelli, 1998).

A dentina é constituída por várias sub-estruturas definindo-se assim como uma camada estratificada do órgão dentário. (Garone et alli, 2003).

### 2.2.1 Túbulos dentinários

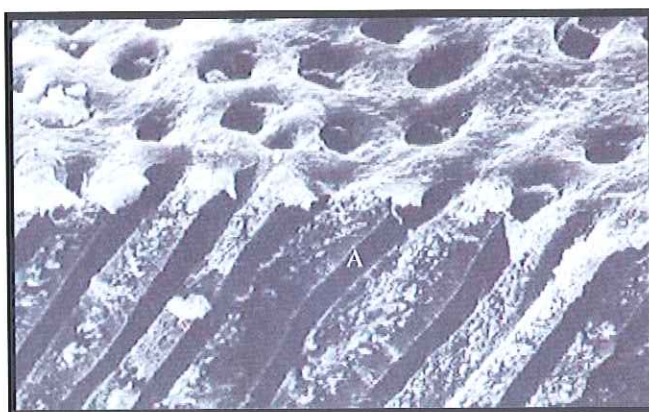
São a estrutura principal de toda a dentina (Figura 6). Estes são pequenos canais que atravessam toda a extensão da dentina, desde a junção amelo-dentinária até polpa. São mais largos perto da cavidade pulpar e são mais estreitos nas suas extremidades externas. Este afunilamento é resultado da formação de dentina peritubular, que leva a uma diminuição contínua do diâmetro dos túbulos dentinários em direcção ao esmalte. (Mondelli, 1998 e Sturdevant et alli, 1996).

Estas estruturas não são uniformes desde a junção amelo-dentinária até a polpa. Perto da polpa os túbulos dentinários apresentam-se em grande número e ocupam uma maior área\volume devido ao seu maior diâmetro; enquanto que ao nível da junção amelo-dentinária, estas estruturas estão em menor número e com um diâmetro bastante mais reduzido (ocupando uma menor área\ volume). No entanto, deve-se realçar que tanto o número e o diâmetro dos túbulos dentinários vão depender directamente da idade da polpa, do estímulo a que foi submetida e da região dentinária exposta. (Garone et alli, 2003).

Os túbulos dentinários possuem a forma de um “S”, suave e longo, cortando a dentina desde a polpa até ao limite amelo-dentinário. Esses túbulos abrigam no seu interior os prolongamentos odontoblásticos, terminações nervosas e ainda fluidos responsáveis pela unidade própria da dentina. (Garone et alli, 2003).

São estruturas que envolvem os processos odontoblásticos e atravessam toda a espessura da dentina, desde a junção amelo-dentinária ou junção cimento-dentinária até à polpa. (Figura 6). (Cohen e Hargreaves, 2007).

Os túbulos dentinários ramificam-se em um sistema canalicular com diferentes diâmetros e inúmeras anastomoses. As ramificações de maior diâmetro são ramificações terminais dos túbulos e ocorrem com maior frequência na dentina radicular do que na dentina coronária. (Lopes e Siqueira, 2004).



**Figura 6:** A- Túbulos dentinários num corte sagital (Young e Heath, 2000)

### **2.2.2 Processos Odontoblásticos**

São extensões citoplasmáticas dos odontoblastos, que se estendem pelos túbulos dentinários. Estes prolongamentos apresentam um maior diâmetro perto da polpa e dividem-se perto da junção amelo-dentinária em várias ramificações terminais. (Mondelli, 1998).

### **2.2.3 Dentina Peritubular**

A dentina peritubular é um tipo de dentina que se localiza em redor dos túbulos dentinários. É um tecido altamente mineralizado que envolve toda a extensão dos túbulos promovendo um suporte adicional. (Garone et alli, 2003).

Com a idade, a dentina peritubular vai diminuindo o diâmetro dos túbulos dentinários devido a continua deposição de dentina ao longo de toda a vida (formação fisiológica da dentina peritubular ou dentina esclerosada fisiológica). (Garone et alli, 2003). Na presença de estímulos persistentes e não muito severos (como carie de evolução lenta), pode aumentar a quantidade de dentina peritubular, chegando mesmo a obliterá-los totalmente por dentina esclerosada. (Lopes e Siqueira, 2004).

### **2.2.4 Dentina Intertubular**

A dentina intertubular é uma dentina que se localiza envolta da dentina peritubular e constitui o grosso da dentina. Possui uma matriz orgânica constituída principalmente por fibrilas de colágeno com diâmetros de 50 a 100 nm que se encontram muito bem calcificadas. Estas fibrilas estão orientadas em ângulo recto em relação aos túbulos dentinários. A principal função deste tipo de dentina é atribuir uma força tensional à dentina. (Cohen e Hargreaves, 2007).

### 2.2.5 Linhas Incrementais

A dentina cresce continuamente por aposição e este tipo de crescimento determina a formação de linhas incrementais. Existem dois tipos de linhas incrementais, as linhas maiores que são as linhas de contorno de Owen e as menores são as linhas de von Ebner. (Lopes e Siqueira, 2004)

As linhas incrementais de Owen são irregulares na espessura e espaçamento. Estas linhas irregulares são interpretadas como alterações no processo de calcificação da dentina, indicam a quantidade de dentina calcificada produzida durante determinado período de tempo. (Lopes e Siqueira, 2004)

As linhas incrementais de von Ebner, aparecem como linhas finas que em cortes transversais correm em ângulos rectos aos túbulos dentinários. Estas linhas vão definir as distintas fases alternadas de actividade e repouso na dentinogênese. Vão reflectir o ritmo diário de aposição da matriz dentinária. (Young e Heath , 2000 e Mondelli, 1998).

## 2.3 Tipos de Dentina

A dentina é uma estrutura estratificada por várias camadas que vão sendo produzidas principalmente pelos odontoblastos. Pode-se então definir vários tipos de dentina consoante a sua origem, composição, estrutura, período de formação e localização: a dentina fisiológica (Pré-dentina, primária, secundária) e dentina terciária ou patológica. A dentina fisiológica é uma dentina que se forma ao longo de toda a vida, sendo um processo contínuo e lento desde o estágio de desenvolvimento até ao amadurecimento do dente. A dentina terciária ou patológica é a dentina que apenas é formada como forma de defesa do órgão pulpar. (Garone et alli, 2003).

### 2.3.1 Pré-dentina

A pré-dentina localiza-se na passagem da polpa para a dentina. É uma estrutura desmineralizada que se encontra ligada aos corpos celulares e odontoblastos. À medida que o colagénio da pré-dentina se vai mineralizando esta vai se converter em dentina, dando deste modo espaço para formação de uma nova pré-dentina. (Mondelli, 1998 e Sturdevant et alli, 1996).

A pré-dentina é a matriz orgânica não-calcificada da dentina situada entre a camada de odontoblastos e a dentina calcificada. Esta dentina é constituída principalmente por macromoléculas que incluem colagénio do tipo I e do tipo IV. (Cohen e Hargreaves, 2007).

### 2.3.2 Dentina Primária

A dentina Primária é a dentina que dá a forma inicial ao dente. Esta é constituída por duas porções: o manto e a circumpulpar. (Cohen e Hargreaves, 2007).

A dentina do manto é uma porção mais periférica da dentina. É limitada pela junção amelo-dentinária e pela zona da dentina interglobular. É caracterizada por grossos feixes de fibras (Von Korff), correndo paralelamente às ramificações finais dos túbulos dentinários e perpendicularmente à junção amelo-dentinária. Pode-se acrescentar ainda que esta dentina não apresenta dentina peritubular. (Mondelli, 1998 e Cox et alli, 1992).

A dentina do manto é caracterizada pelo seu conteúdo de fibras grossas de colagénio em forma de leque e depositadas imediatamente abaixo da lâmina basal durante os estágios iniciais da dentinogênese. (Cohen e Hargreaves, 2007).

A dentina circumpulpar é a grande massa de dentina regular que forma a espessura do dente. Representa toda a dentina formada antes do crescimento total da raiz. É caracterizada por finas fibras que correm aproximadamente em ângulo recto com o eixo dos túbulos dentinários. (Mondelli, 1998).

É uma dentina circumpulpar constituída por fibrilas bem agrupadas e apertadas umas às outras formando uma rede têxtil com orientação recta ao longo do eixo dos túbulos dentinários. (Cohen e Hargreaves, 2007).

### 2.3.3 Dentina Secundária

A dentina secundária varia de individuo para individuo, consistindo numa banda menos extensa que limita a polpa. Esta dentina tem um crescimento gradual e contínuo ao longo de toda a vida do dente sendo mais grossa ao nível do tecto e soalho da câmara pulpar e menos intensa nas paredes laterais dos dentes, de modo, a proteger os dentes de exposições pulpaes. (Mondelli, 1998; Sturdevant et alli, 1996; Mata et alli, 1996).

A dentina secundária é uma dentina que se difere da dentina primária em alguns parâmetros, tais como, a menor rapidez de deposição de dentina, ao nível estrutural apresenta uma ligeira mudança de direcção dos túbulos dentinários e ainda é uma dentina com um padrão irregular onde os túbulos se calcificam mais rapidamente. (Garone et alli, 2003). A nível morfológico apresenta menos cálcio, fósforo, e matriz colagénica por unidade de volume, sendo deste modo uma estrutura mais porosa e com menor dureza que a dentina primária. (Mjor et alli, 2001).

A dentina secundária forma-se por dentro da dentina circumpulpar, em toda a periferia da câmara pulpar. A sua deposição diminui progressivamente o tamanho da câmara pulpar e consequentemente diminui o número de odontoblastos por mecanismo de apoptose. (Lopes e Siqueira, 2004)

#### **2.3.4 Dentina Terciária**

A dentina terciária é a dentina que se forma mais internamente, alterando a morfologia da câmara pulpar nas regiões onde existe um estímulo localizado. Se a dentina terciária for formada por odontoblastos primários é denominada por dentina reaccional; se a dentina for formada por células indiferenciadas (semelhantes aos odontoblastos), denomina-se por dentina reparadora. (Lopes e Siqueira, 2004).

A dentina terciária é um tipo de dentina com uma forma irregular, sem estrutura tubular ordenada, que tem como principal objectivo a defesa do órgão pulpar. Esta dentina forma uma barreira, restabelecendo e aumentando a espessura da dentina na zona lesada afastando deste modo os estímulos agressores. No entanto, a formação desta dentina terciária vai depender da capacidade de resposta da polpa e da intensidade e duração da agressão. (Garone et alli, 2003).

A dentina terciária reaccional é uma dentina produzida por odontoblastos primários como resposta a pequenos estímulos que vão destabilizar a estrutura dentária a um nível superior (esmalte), sem levar à necrose das células envolventes. Enquanto que a dentina reparadora é formada através de odontoblastos secundários (produzidos através da diferenciação das células mesenquimatosas) que formam uma camada estreita regular como resposta a áreas de irritações externas, como a atricção, abrasão, erosão, traumatismos, cáries de profundidade média e procedimentos cirúrgicos. (Mondelli, 1998; Sturdevant et alli, 1996 e Mata et alli, 1996).

#### **2.3.5 Dentina Esclerótica**

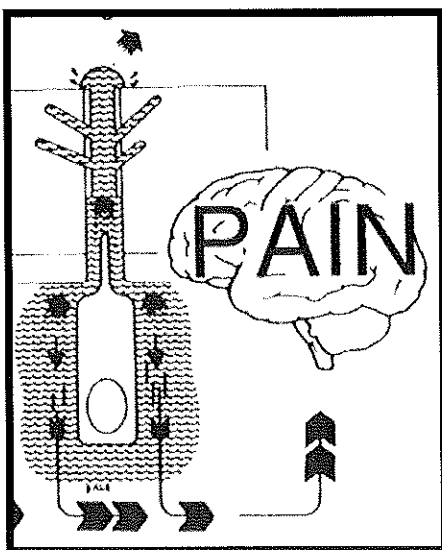
A dentina esclerótica é uma dentina formada pela deposição de minerais nos túbulos dentinários em resposta a estímulos moderados principalmente em cáries de evolução lenta e prolongada. É um mecanismo de defesa e protecção da vitalidade pulpar que dificulta a passagem das bactérias através dos túbulos dentinários. (Garant, 2003 e Love, 1997).

## 2.4 Inervação

Os nervos intratubulares são terminações nervosas que se encontram dentro dos túbulos dentinários na pré-dentina e dentina interna. Estas terminações encontram-se em estreita relação com os processos odontoblásticos vindos da polpa. (Mondelli, 1998).

As terminações nervosas que se encontram no interior da dentina estão relacionadas directamente com as fibras sensitivas provenientes do nervo trigémeo e do gânglio cervical superior que se encontram ramificados no interior da polpa sob a forma de grossos feixes miélinicos e amiélinicos. Estes feixes nervosos criam um plexo nervoso ao nível da região sub-odontoblástica designada por plexo de Raschkow. Este conjunto de fibras nervosas tem efeito na circulação sanguínea pulpar pois quando activadas por um processo inflamatório vão levar a vasodilatação, seguido de aumento do volume de sangue e da permeabilidade vascular, como forma de resposta à lesão. Esta resposta é sempre traduzida como uma sensibilidade dolorosa. (Garone et alli, 2003).

Entre muitas teorias formuladas sobre a transmissão de dor através da dentina a mais aceite é a teoria hidrodinâmica. Esta teoria apoia-se que os estímulos externos (calor, frio, ar e pressão osmótica) afectam o fluído existente nos túbulos dentinários provocando movimentos rápidos de variação de pressão que vai levar à transmissão da dor através do odontoblastos (Figura 7). (Cohen e Hargreaves, 2006 e Sturdevant et alli, 1996).



**Figura 7** - Desenho esquemático da teoria hidrodinâmica de sensibilidade dentinária. – Movimento do fluído e transmissão da dor. (Walton e Torabinejad, 2002).

## II. Exposições pulpares

De um modo geral, as exposições pulpares podem ser provocadas por determinados situações (Cohen e Hargreaves, 2007 e Swift e Trope, 1999):

1- Procedimentos clínicos durante a preparação dos dentes:

- Durante a remoção de dentina cariada em cáries bastante profundas ou mesmo justapulpares;
- Através de procedimentos invasivos involuntários ou desnecessários durante a preparação da cavidade, que pode levar a uma exposição pulpar;
- Ao nível protético (prótese fixa).

2- A possibilidade de traumatismos que podem levar a fracturas dentárias (exposição do órgão pulpar) (Figura 8);

3- E outras causas menos frequentes como a atricção, a abrasão, a abfracção ou a erosão; ou mesmo ainda a presença de carie rompantes que expõem a polpa de uma forma muito rápida.



**Figura 8** – Exposição pulpar provocada por uma fractura dentária (Baratieri, 2001)

Na presença de uma exposição pulpar, pode-se optar por quatro medidas distintas de intervenção (Cohen e Hargreaves, 2007; Mondelli, 1998 e Mata et alli, 1996):

- Protecção pulpar directa (capeamento pulpar ou recobrimento pulpar): consiste na protecção da exposição ou ferida pulpar através de substâncias biologicamente compatíveis com a polpa e que ajudam a cicatrizar, preservando a vitalidade pulpar. Esta técnica está indicada nos casos de exposição accidental da polpa durante a remoção de dentina carida e preparação da cavidade, principalmente em dentes jovens.
- Curetagem Pulpar: é uma técnica que é utilizada nas exposições pulpares causadas por cáries, em dentes jovens, onde a polpa apesar de inflamada, apresenta condições biológicas para responder favoravelmente a um tratamento conservador.
- Pulpotomia: consiste na remoção total da polpa cameral lesada, protegendo e preservando a vitalidade da polpa radicular remanescente. Esta técnica é indicada em dentes jovens decíduos e permanentes, principalmente antes da terminação da formação apical.
- Endodontia: Processo que consiste na remoção total da polpa do dente; higienizar as paredes internas e a lumén dos canais; e selar estes mesmos com o material mais apropriado.

Como é de apurar, estas quatro técnicas de tratamento são bastante complicadas de executar correctamente devido à necessidade de uma habilidade clínica apurada como o conhecimento científico dos materiais dentários que directamente vão influenciar os resultados clínicos. (Murray et alli, 2003 e Tziafas et alli, 2000).

### III ) Protecção Pulpar Directa

A protecção pulpar directa é um método que tem como principal objectivo manter a vitalidade pulpar, protegendo-a dos estímulos térmicos, eléctricos e bacterianos. (Garone et alli, 2003). É um processo que envolve aplicação de um medicamento ou material dentário na exposição pulpar de modo a preservar a vitalidade pulpar. (cit in Tuna e Ölmez, 2008).

Protecção pulpar directa é um método de tratamento bem estabelecido, onde as exposições pulpares directas são cobertas com um material apropriado que vai proteger a polpa de factores externos e vai permitir a estimulação para a reparação e recuperação da polpa. (cit in Tziafas et alli, 2002).

É uma técnica que é praticada durante uma exposição pulpar, sem relação com cárie, onde permanece a vitalidade (exposições pulpares acidentais (traumáticas) ou iatrogénicas) e ausência de lesões irreversíveis. (cit in Tuna e Ölmez, 2008; cit in Whitherspoon, 2008; Mondelli, 1998 e Mata et alli, 1996).

A protecções pulpares directas devem ser realizados quando as exposições forem pequenas, apresentando um diâmetro em torno de 1 milímetro, pois quanto menor for a exposição maiores serão as possibilidades de regeneração do tecido pulpar. (Garone et alli, 2003). Este tipo de protecções também devem ser aplicadas principalmente em dentes permanentes imaturos ou quando em dentes permanentes adultos necessitarem de apenas de procedimentos restauradores simples. (Swift e Trope, 1999).

De uma forma geral e sintetizada pode-se sequenciar alguns parâmetros que levam a um sucesso de um tratamento, nomeadamente das protecções pulpares directas: (Cohen e Hargreaves, 2006 e Tziafas et alli, 2000).

- 1) Ao nível dos procedimentos operatórios deve-se ser capaz:
  - a. De eliminar o estímulo agressor;
  - b. Controlar a hemorragia;
  - c. Promover a assepsia e desinfecção;
- 2) A escolha de um correcto material para a execução da protecção pulpar, capaz de promover uma resposta reparadora da lesão;
- 3) Elaboração de uma correcta restauração de modo a impedir a infiltração marginal de bactérias a médio/longo prazo;

## **1. Características dos Protectores do complexo Pulpo-dentinário**

Segundo Mondelli (1998) e Marzouk (1989), os protectores pulpares directos são materiais de forramento que tem a função de protecção e cicatrização para evitar uma maior irritação do órgão pulpo-dentinário. Estes agentes que devem obedecerem a certos critérios:

- a) Ser capaz de cobrir a exposição da câmara pulpar, primeiro mecanicamente e depois por formação de ponte dentinária;
- b) Criar um meio ambiente no órgão pulpo-dentinário, que conduza ao reparo e cicatrização;

- c) Proporcionar acção sedativa ao órgão pulpo-dentinário irritado. Esse efeito é produzido tanto indirectamente por acção farmacológica como directamente por intercepção física da transmissão da dor dentro da dentina.
- d) Ter capacidade de selar os túbulos dentinários. O selamento é realizado mecanicamente pela obliteração dos túbulos ou, biologicamente, pela estimulação dos odontoblastos subjacentes para que participem num mecanismo de selamento de extremidades dos túbulos da preparação com depósitos minerais.
- e) Tentar diminuir a microinfiltração por tempo suficiente que permita ao órgão pulpo-dentinário recuperar do estímulo.

## **2. Factores que condicionam a protecção pulpar directa**

A Protecção pulpar directa é uma técnica que possui algumas dificuldades pois apresenta uma variedade de requisitos e condições para o seu sucesso. Assim, destacam-se de seguida os factores ou requisitos mais importantes para a aplicação de uma protecção pulpar directa:

### **a) Condição Pulpar**

O sucesso de um acto restaurador depende da manutenção da vitalidade da polpa. As respostas clínicas da polpa, a qualquer tipo de estímulo, são úteis para o médico dentista estabelecer um correcto diagnóstico e um tratamento adequado. (Mondelli, 1998)

Portanto, é preciso ter em mente que a condição pulpar deve ser considerada antes do exame clínico, radiográfico e testes de vitalidade; durante o preparo cavitário, protecção pulpar e restauração; e após o controlo clínico e radiográfico dos tratamentos realizados. (Mondelli, 1998).

Ainda temos que acrescentar que a protecção pulpar directa só deve ser aplicada em dentes sãos ou dentes que se encontram num estado de lesão reversível. Caso contrário, a protecção pulpar directa está contra-indicada (Torabinejad et alli, 1999).

b) Idade do Paciente

Os dentes de pacientes jovens apresentam uma câmara pulpar maior, túbulos dentinários mais amplos, que favorecem a penetração de agentes tóxicos ou irritantes e ainda prolongamentos odontoblásticos que podem atingir a junção amelo-dentinária. Por outro lado, os dentes dos pacientes idosos, apresentam uma diminuição do volume da câmara pulpar devido ao aumento da quantidade de dentina secundária depositada ao longo de toda a vida; uma diminuição do número de células pulpares e seus componentes citoplasmáticos, tanto em número como em tamanho; diminuição da quantidade dos vasos sanguíneos e nervos, aumentando o número de fibras de colagénio na polpa; prolongamentos citoplasmáticos são mais curtos e existe uma diminuição da permeabilidade devido à calcificação que ocorre nos túbulos dentinários. (Mondelli, 1998).

Estas características apontadas que diferenciam as polpas de dentes jovens de dentes adultos são bastante importantes pois podem determinar o sucesso de uma protecção pulpar. As polpas jovens possuem uma resposta mais eficaz aos microorganismos invasores e reparo biológico quando submetidos a materiais pulpares em relação as polpas adultas. (Mondelli, 1998).

c) Tamanho da exposição pulpar

O tamanho da exposição pulpar é um tema bastante importante pois para o sucesso de uma protecção pulpar directa é necessário que a exposição seja realizada acidentalmente (mecanicamente) e deverá possuir um diâmetro inferior a 1,0 mm. (Mondelli, 1998).

No entanto, estas regras por vezes, não podem ser levadas à regra pois pode-se ter em determinadas situações uma exposição pulpar com um tamanho muito pequeno que dificulta o contacto do material restaurador, logo, dificulta o processo de cicatrização do mesmo. (Mondelli, 1998).

d) Controlo da hemorragia pulpar

O controlo da hemorragia pulpar é um ponto bastante importante na protecção de uma exposição pulpar. Se ocorrer uma hemorragia por baixo do material restaurador poderá levar ao deslocamento do material protector para um local onde a formação de dentina reparadora e produção de fibroblastos não é necessária. (Mondelli, 1998).

Actualmente, este parâmetro já consegue ser ultrapassado com maior facilidade devido à capacidade que o MTA possui em se juntar ao sangue e não colocar em causa todo o tratamento. (Torabinejad et alli, 1999).

#### **IV) Materiais de Protecção Pulpar Directa**

Ao longo dos últimos anos, têm se vindo a efectuar numerosos trabalhos com o objectivo de tentar preservar a vitalidade pulpar. No entanto, a descoberta do “material ideal”, ainda não se conseguiu efectuar. O hidróxido de cálcio é o material mais utilizado, avaliado e testado nas protecções pulpares directas em relação a muitos outros materiais. Actualmente, o aparecimento de novos materiais associados a engenharia tecidual e à biomimética, permitiu a formação de materiais que possuem características necessárias para uma boa protecção pulpar. (Murray et alli, 2003).

Assim iria-se, abordar dois dos materiais que mais se destacam nesta área, o hidróxido de cálcio e o MTA.

## 1. Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>)

### 1.1 História e Constituição do Hidróxido de cálcio

A primeira referência do Hidróxido de Cálcio como medicamento odontológico deu-se no início dos meados do século XIX, mais precisamente no ano de 1838, quando Nygren utilizou o medicamento a fim de tratar a *Fístula dentalis*. (Fava, 1991).

O primeiro material à base de hidróxido de cálcio (“Calxyl<sup>®</sup>”), foi utilizado por Hermann, em 1920, dando início a uma nova era no tratamento conservador da polpa dentária. Este material promovia a formação de pontes dentinárias sobre polpas expostas. (Garone et alli, 2003e Stanley, 1998).

Segundo Codman, o hidróxido de cálcio é “um sal básico, branco, cristalino e ligeiramente solúvel que, em solução, se desdobra em iões de cálcio e iões de hidroxilo e exibe uma alcalinidade elevada de pH 11”. (cit in Withrespoon et al, 2006).

O hidróxido de cálcio foi o material mais explorado nesta área e têm sido associados a vários materiais como o inómero de vidro e sistemas de adesivos. A sua forma também foi alterada passando de autopolimerizável para fotopolimerizável revelando em ambos os processos uma promoção da cicatrização pulpo-dentinária. (Pameijer e Standey, 1998; Scarano et alli, 2003). A associação ao flúor, calcitonina ou corticóides também foram estudadas de forma a potencializar as suas propriedades “curativas”. (Sakaz et alli, 1996).

A água é um elemento muito importante para a reacção química de endurecimento do hidróxido de cálcio, pois é através desta que o hidróxido de cálcio liberta os seus iões para a superfície pulpar adaptando-se da melhor maneira à superfície permitindo que o hidróxido de cálcio execute as suas funções. (Sturdevant et alli, 1996).

## 1.2 Formas e Áreas de aplicação do Hidróxido de cálcio

### 1.2.1 Formas do Hidróxido de cálcio

O hidróxido de cálcio tem vindo a ser utilizado há muito tempo como principal material protector da polpa, sob todo o tipo de materiais restauradores. Este material é comercializado sob a forma de pó, pasta (pasta dupla ou uma única pasta), solução e cimentos (Garone et alli, 2003 e Sturdevant et alli, 1996):

1- Soluções de hidróxido de cálcio obtidas pela dissolução do pó de hidróxido de cálcio com água destilada. Esta forma é utilizada para limpeza de cavidade e irrigação de canais radiculares e ainda promover a hemostasia quando há sangramento nas exposições pulpares, antes de se realizar a protecção pulpar directa;

2- Pasta ou pó para protecções pulpares directas obtido pelo acrescento de água no pó de hidróxido de cálcio até atingir uma consistência pastosa. Este procedimento está indicado na tentativa de preservar a vitalidade pulpar quando existe exposição. (Protecção pulpar directa);

3- Cimentos de hidróxido de cálcio apresentado em forma de duas pastas que após a sua mistura coloca-se dentro da cavidade. É utilizado como forramento cavitário, como agentes protector directo e como base protectora intermediária das protecções pulpares directas.

### 1.2.2 As áreas de aplicação do hidróxido de cálcio são:

- 1) Protecção pulpar directa e indirecta (Asgary et alli, 2008; Witherspoon, 2008).
- 2) Pulpotomias (Moretti et alli, 2008 e Goldberg et alli, 1984;).
- 3) Amputação de raiz (Fava, 1991).
- 4) Apicoformação (Ham et alli, 2008).
- 5) Apicogênese (Fava, 1991).

## 1.3 Vantagens do Hidróxido de Cálcio

### 1.3.1 pH

Nos estudos realizados por Heys e colegas, avaliou-se o valor do pH de alguns derivados do hidróxido de cálcio (Dycal<sup>®</sup> e Pulpdent<sup>®</sup>) e verificou-se que se aproximavam dos valores 11 e 12, respectivamente e que conseguiam formar pontes de dentina na zona de exposição pulpar.(cit in Niinuma, 1999).

Segundo Foreman e Barnes, entre muitas características do hidróxido de cálcio, a elevada alcalinidade produz um ambiente favorável à activação de fosfatase alcalina, estando esta enzima envolvida directamente sobre a mineralização. A libertação dos iões cálcio reduzem a permeabilidade dos novos capilares formados no tecido em reparação, reduzindo a quantidade de fluido inter-celular e aumentando a concentração de iões de cálcio provenientes do aporte sanguíneo como o auxílio à mineralização. (cit in Witherspoon et alli, 2006)

Segundo Zander e Glass, concluiu-se que o sucesso obtido pelo hidróxido de cálcio como protector pulpar directo é essencialmente devido à sua alta alcalinidade pois este vai desenvolver um papel importantíssimo na condutividade da recuperação da polpa lesada. (cit in Niinuma, 1999).

O hidróxido de cálcio possui um pH alcalino originado pela libertação de iões hidroxilo que podem desempenhar um papel na formação de pontes dentinárias reparadoras pela capacidade de promover a solubilização e libertação de factores de crescimento endógenos presentes na dentina (TGF- $\beta$  ou citocinas). Estes podem desencadear uma resposta que leva à divisão celular e conseqüentemente à formação de uma barreira reparadora. (Hu et alli, 1998).

### **1.3.2 Formação de Dentina terciária:**

Nos estudos realizados por Siqueira e Lopez (1999), verificaram que os iões cálcio libertados pelo hidróxido de cálcio não incorporam o tecido mineralizado, mas actuam como um substrato de reparação. O processo de mineralização está associado directamente ao ambiente alcalino criado pelo hidróxido de cálcio. Este ambiente vai actuar sobre as reacções ácidas produzidas pelos osteoclastos prevenindo a destruição do tecido de mineralização criado. O pH alcalino ainda activa a fosfatase alcalina que desenrola um importante papel na mineralização.

Schröder (1985), conclui que a aplicação do hidróxido de cálcio sobre uma exposição pulpar vai levar a uma formação de uma zona necrótica que por sua vez estimula a reparação e formação de pontes dentinárias que fecham a perfuração existente inicialmente na polpa. Esta reparação leva à recuperação da vitalidade pulpar. (cit in Heitmann e Unterbrink, 1995).

Mestrener e colegas (2002), realizaram um estudo em cães (jovens e adultos) para avaliarem a capacidade do hidróxido de cálcio a actuar como protector pulpar. Verificaram que o hidróxido de cálcio tanto em cães adultos como em cães jovens, conseguia formar pontes de tecido duro que protegiam a exposição pulpar com uma densidade bastante razoável e sem presença de inflamação. Deste modo, concluíram que o hidróxido de cálcio actuava da mesma maneira em dentes jovens e em dentes adultos.

Em vários estudos pôde-se comprovar que o hidróxido de cálcio é um cimento protector pulpar que possui determinadas características que levam a formação de pontes dentinárias com presença de alguns odontoblastos ligados ao hidróxido de cálcio no local da exposição pulpar. (Scarano et alli, 2003).

Num estudo *in vivo* realizado em macacos, descreveu-se uma sequência de eventos associados às protecções pulpares directas utilizando hidróxido de cálcio (Dycal<sup>®</sup>). Durante todo o processo foram-se registando alterações ao nível da exposição pulpar com o passar dos dias, verificando-se que à medida que o tempo passava ia-se visualizando a formação de uma parede com células odontoblásticas (a partir das duas semanas) em cima da exposição pulpar sem que ocorre-se inflamação nem necrose dos tecidos envolventes. Ao fim de trinta dias, verificou-se uma zona completamente obliterada com uma ponte dentinária fina e células odontoblásticas bem organizadas.(Kitasako et alli, 2000).

O processo de cicatrização ou de formação de uma camada protectora numa exposição pulpar directa com hidróxido de cálcio é realizada em varias etapas. Numa primeira fase envolve a migração e proliferação de células pulpares mesenquimatosas e endoteliais para formação de uma camada colagénio; numa segunda fase, inicia-se a diferenciação das células odontoblásticas que vão desenvolver uma resposta reparadora com a formação de uma ponte dentinária; por fim, numa terceira fase, ocorre a mineralização da ponte dentinária criada com auxílio dos iões de cálcio provenientes do sangue e do hidróxido de cálcio. (Schuurs et alli, 2000 ; Kardos et alli, 1998; Stanley, 1998).

### 1.3.3 Efeito anti-microbiana:

O hidróxido de cálcio apresenta uma excelente propriedade anti-microbiana que é atribuída ao ambiente alcalino criado pelo seu pH. A maioria das bactérias são destruídas até ao pH de 9,5 e algumas podem sobreviver até ao pH de 11 ou mais. Siqueira e Lopez (1999) descreveram três mecanismos pelos quais o hidróxido de cálcio induz a lise bacteriana: a) os iões de hidroxilo destroem os fosfolípidos levando a destruição da membrana fosfolípida das bactérias; b) a alcalinidade elevada destrói as ligações iónicas desnaturando as proteínas bacterianas; c) iões de hidroxilo reagem com o DNA das bactérias inibindo a sua replicação.

Segundo alguns estudos, o hidróxido de cálcio puro misturado com água vai atingir um pH máximo de 12,5, o que lhe confere a capacidade de provocar a lise de todas as bactérias envolventes como a necrose de 1,5mm de tecido pulpar adjacente. Esta camada de necrose vai exercer uma ligeira irritação na polpa provocando uma resposta inflamatória que vai desencadear a cicatrização e formação duma ponte dentinária. (Swift e Trope, 1999).

### 1.4 Desvantagens do Hidróxido de cálcio

Segundo Faraco e Holland, as deficiências apontadas ao hidróxido de cálcio são a fraca aderência à dentina, a fraca capacidade de longa duração contra infiltrações bacterianas e deficiências apontadas na formação de pontes dentinárias. (cit in Patel e Cohenca, 2006).

Num estudo realizado Cox e colaboradores (1996) foram usados Dycal® e Life® como protectores pulpares directos de classe V em dentes de macacos adultos. Num total de 235 dentes foram encontradas 192 pontes dentinárias. No entanto, 89% destas pontes dentinárias eram defeituosas, ou seja, apresentavam múltiplos túneis, porosidades, um padrão de crescimento celular aleatório e uma estrutura desorganizada. Os autores concluíram que estes defeitos impedia um selamento eficaz, facilitando a micro-infiltração bacteriana. A inflamação da polpa não será devida ao produto em si, mas à micro-infiltração.

O estudo realizado por Murray e Garcia-Godoy (2006), avaliou a incidência de defeitos durante a recuperação da exposição pulpar com vários protectores pulpares. Entre estes protectores encontrava-se o hidróxido de cálcio que apresentava determinados defeitos que são muito importantes para tentar manter a vitalidade pulpar como a micro-infiltração bacteriana, inflamação pulpar e defeitos de túnel nas pontes dentinárias.

Outra desvantagem é a presença de um pH alcalino muito elevado, com libertação de muitos iões hidroxilo, que pode levar a uma necrose desnecessária de uma maior quantidade de tecido pulpar dificultando na globalidade o processo de cicatrização do complexo dentino-pulpar. (Murray et alli, 2000).

Ainda pode-se acrescentar algumas outras desvantagens como a sua baixa força à compressão, a deformação plástica que diminui após a mistura, dissolução em ambientes ou condições ácidas e ainda pode levar à infiltração bacteriana. (Sturdevant et alli, 1996).

**Hidróxido de cálcio**

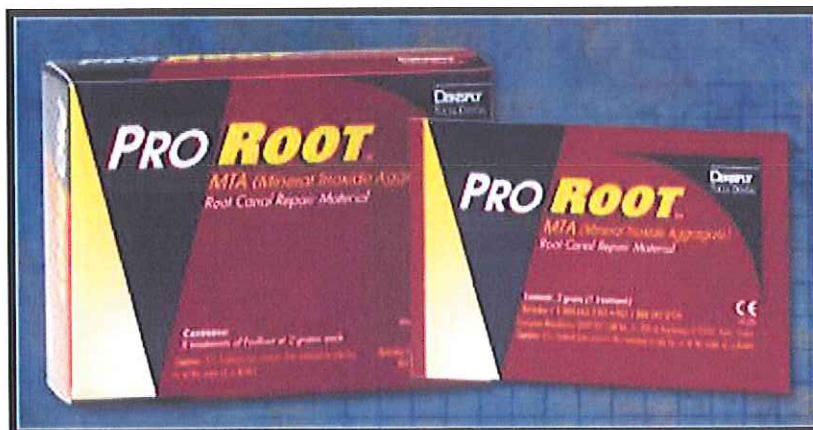
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inicialmente bactericida a bacteriostático</li> <li>▪ Promove recuperação e reparação da exposição pulpar</li> <li>▪ Neutraliza os ácidos</li> <li>▪ Estimula o sistema das enzimas extracelulares associadas à digestão e transporte de substâncias</li> <li>▪ Estagnamento da reabsorção interna</li> <li>▪ Material preferencialmente utilizado em medicação intracanal em endodontia</li> <li>▪ Barato e fácil de utilizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Não estimula exclusivamente a dentinogênese, a formação de dentina esclerótica, a dentina terciária, pontes de dentina e a apicoformação;</li> <li>▪ Pode dissolver-se após algum tempo provocando micro-infiltrações;</li> <li>▪ O ácido pode degradar a superfície do Ca(OH)<sub>2</sub> ;</li> <li>▪ Presença de defeitos nos túneis nas pontes de dentina;</li> <li>▪ Não adere à dentina, nem a compósitos</li> <li>▪ Dificuldade em realizar a condensação da amalgama;</li> <li>▪ A estimulação continua da dentinogênese pode levar a formação de cálculos;</li> <li>▪ Destruição do tecido pulpar superficial, conforme o pH do hidróxido de cálcio;</li> </ul>

**Tabela 1:** Vantagens e desvantagens do cimento hidróxido de cálcio (cit in Withrespoon et al, 2006; Murray e Garcia-Godoy 2006; cit in Patel e Cohenca, 2006; Garone et alli, 2003; Schuurs et alli, 2000 ; Kardos et alli, 1998; Stanley, 1998).

## 2. Agregado Trióxido Mineral (MTA)

### 2.1 História e Constituição do MTA

Ao longo dos anos foram muitos os materiais utilizados para selar os caminhos de comunicação entre o sistema de canais radiculares e a cavidade oral. Muitos materiais como amálgama, zinco, cimentos baseados em óxido-eugenol, resinas compostas e cimentos de ionómero de vidro apresentam desvantagens que envolvem determinados factores muito importantes na protecção da vitalidade do dente, tais como, infiltração bacteriana, toxicidade e sensibilidade na presença de humidade. No entanto, recentemente, um material chamado agregado trióxido mineral (“mineral trioxide aggregate” - MTA) foi investigado como forma de ultrapassar as deficiências que outros materiais apresentavam com o objectivo de obter o selamento total do dente. (Figura 9). (cit in Torabinejad et alli, 1999).



**Figura 9** – MTA (<http://www.ascandi.ch/images/ART/214/21479.jpg>)

Segundo Lee e seus colegas (1993), o MTA é um biomaterial que tem sido investigado para aplicações em endodôntia desde os anos 90. MTA foi descrito primeiro na literatura científica dentária em 1993 e foi aprovado para uso na área endodôntica pela FDA (“Food and Drug Administration”) em 1998, devido aos resultados mais ou menos consistentes. (cit in Roberts et alli, 2008).

A constituição do MTA é uma mistura refinada do cimento de Portland, óxido de bismuto e sulfato de cálcio dihidratado, completada ainda com determinadas quantidades de SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, e Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. (Camilleri et alli, 2005). De acordo com Torabinejad e colegas (1995), o MTA é um cimento hidrofílico constituído ainda por silicato de tri-cálcio, alumínio de tri-cálcio, óxido de tri-cálcio e óxido de silicato.

Os componentes do MTA podem conter aproximadamente metade de cimento de Portland (principal componente) mas apresenta quantidades menores de uma espécie de alumínio que aumenta o tempo manuseamento do MTA em relação ao cimento de Portland. Embora possa-se pensar que cimento de Portland pudesse servir como um substituto de MTA, é importante referir que cimento de Portland e MTA não são materiais idênticos. (cit in Roberts et alli, 2008)

O MTA é um produto em pó que após misturado com água esterilizada na proporção de 3:1 (pó \ líquido) se torna aplicável. Para seu armazenamento temporário antes da utilização prática deve ser colocado em contacto directo com algodão húmido. A hidratação do produto de MTA leva à formação de um gel coloidal que se vai solidificando aproximadamente durante 3-4 horas, após colocação na estrutura dura. (Torabinejad et alli, 1995).

Após a preparação do MTA coloca-se: 1–2 mm em cima do local de exposição e dentina adjacente com a ajuda de um instrumento plástico. Depois a mistura é compactada com auxílio de uma bola de algodão húmida para assegurar o contacto óptimo de MTA com tecido de polpa exposta. Essa mesma bola de algodão húmida é colocada então em cima do MTA e o resto da cavidade é selado com um material temporário ou selado até cima com MTA. O paciente é marcado passado 48 horas para avaliar a colocação de MTA e também para avaliar a presença de sintomatologia. (Patel e Cohenca, 2006).

Após a mistura de MTA com uma solução líquida, principalmente solução salina, ocorre a formação de cristais de óxido de cálcio numa estrutura amorfa constituída por 33% Ca<sup>2+</sup>, 49% PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, 2% C, 3% Cl<sup>-</sup>, 6% de Si<sup>2+</sup>. (cit in Chacko e Kurikose, 2006).

O MTA é um material promissor para o emprego em diversas situações clínicas da Medicina Dentária. É um material de cor branca ou cinza, de fácil manipulação e radiopaco. Incorporado à água destilada ou soro fisiológico, apresenta pH inicial de 10,2 aumentando para 12,5 três horas após a manipulação. Sendo o MTA um material hidrofílico, as suas propriedades não são afectadas aquando do emprego em manobras cirúrgicas, e na presença de humidade converte-se num gel coloidal que se cristaliza e sofre ligeira expansão, o que contribui para o selamento marginal de cavidades e perfurações. (Ford et alli, 1996).

## **2.2 Formas e áreas de aplicação do MTA**

### **2.2.1 Formas de MTA:**

O MTA foi um produto introduzido por Torabinejad e colaboradores como material protector pulpar. Com a avaliação de variados estudos realizados em dentes anteriores, Glickman e Kenneth (2000), verificaram que o MTA cinzento provocava alteração de cor no dente quando usado como protector pulpar. Desta forma, um ano mais tarde foi criado o MTA branco. Este MTA, possui as mesmas características e resultados que o MTA cinzento (primeiro MTA criado). (Parirokh et alli, 2005). A única diferença entre eles foi detectada nos estudos de Camilleri e colaboradores, que comparam a biocompatibilidade das duas formas de MTA comercializadas (cinzento e branco) e verificaram que se diferenciam num componente (ferrite de alumino) responsável pela coloração cinzenta do MTA. (cit in Tomson et alli, 2007).

Asgary e colaboradores (2005), analisaram o MTA cinzento e o MTA branco e concluíram que ambos possuem os componentes CaO, SiO<sub>2</sub> e Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mas a maior diferença encontrava-se ao nível das concentrações do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO e especialmente o FeO, cujas as concentrações na fórmula branca eram bastante mais baixas que na cinzenta.

Segundo Holland e colegas, a remoção do componente ferrite de alumínio da fórmula do MTA cinzento apenas vai diminuir o risco de coloração do dente pois a nível biológico nada é afectado. (cit in Moghaddame-Jafari et alli, 2005).

Nos estudos elaborados por Bozeman seus companheiros, avaliou-se que o MTA cinzento produz uma maior quantidade de cristais de hidroxiapatite que o MTA branco, o que levou a pôr em causa as diferenças ao nível da actividade biológica de cada um. (cit in Roberts, 2008).

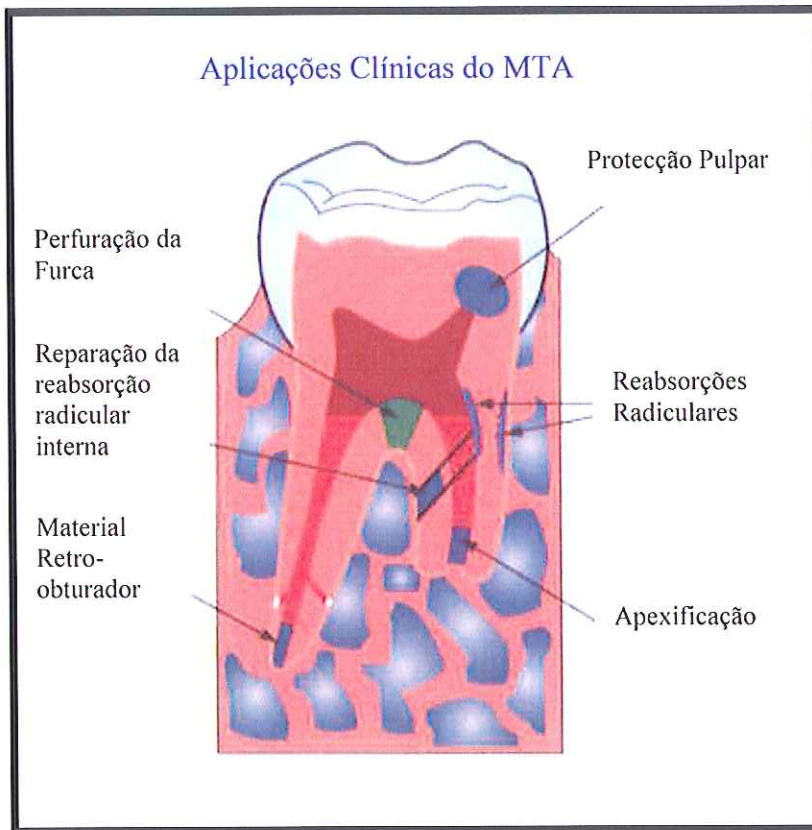
Camilleri e colaboradores (2005), avaliaram o tamanho das partículas dos dois tipos de MTA e verificaram que o tamanho médio das partículas de MTA cinzento varia de 5 a 40 µm, enquanto que o MTA branco apresenta partículas de menores dimensões, variando de 3 a 20 µm.

### **2.2.2 Áreas de Aplicação do MTA:**

O MTA é um material que está em constante investigação devido às suas excelentes propriedades físico-químicas que o tornam um material bastante útil em varias áreas da medicina dentária (Figura 10):

- Perfurações no canal radicular, furca e reabsorções radiculares (Main et alli, 2004; Torabinejad e Chivian 1999)
- Cirurgia endodôntica, como material retro-obturador (Torabinejad et alli, 1995)
- Pulpotomia (Menezes et alli, 2004).
- Apexigênese (Hong et alli, 2006)
- Apexificação (Steing et alli, 2003 ; Shabahang e Torabinejad, 2000)
- Protecção pulpar directa (Bogen, Kim e Bakland, 2008 ; Iwamoto et alli, 2006)

- Base de cavidade para selamento coronal em branqueamento internos (Tselnik et alli, 2004; Torabinejad et alli, 1999).



**Figura 10** –Aplicações clínicas do MTA (Dovgan, 2000).

### 2.3 Vantagens do MTA como protector pulpar directo:

As vantagens do MTA são propriedades críticas para o sucesso de uma protecção pulpar directa (Bogen et alli, 2008).

#### 2.3.1 Poder de Selamento

Segundo Torabinejad e colaboradores (1999), o MTA é um cimento hidrocópico que tem a habilidade de não se afectar com a presença de sangue ou outros fluidos. Por vezes, até se aconselha a colocação de uma bola húmida de algodão para ajudar a sua reacção de presa. (Torabinejad et alli, 1999).

Nos estudos de Goracci e Mori, o MTA apresentou uma capacidade fisico-quimica de selamento de 0 micrómetros isolando o complexo pulpo-dentinário do meio externo. Assim sendo é considerado um material não-reabsorvível na presença de outros fluidos. (cit in Bogen, Kim and Bakland, 2008).

Nos estudos de Wu e colaboradores, o MTA possuía elevada resistência contra a penetração de microorganismos sendo mais elevada do que a amálgama, IRM<sup>®</sup> e Super-EBA<sup>®</sup> de uma maneira previsível e repetida. (cit in Witherspoon, 2006 e 2008).

No estudo *in vivo* realizado por Menezes e colegas (2004), foi verificado a excelente capacidade que o MTA possuía em evitar a difusões do material nos tecidos envolventes e reduzir a infiltração durante o processo de cicatrização.

### 2.3.2 pH

Segundo Tomson e colegas (2007), o MTA apresenta uma elevada alcalinidade que se deve em grande parte à libertação de cálcio e um constante pH de 12,5. O MTA tem a capacidade de criar um ambiente anti-microbiano que leva a destruição da maioria das bactérias que rondam a zona de exposição pulpar. (Tomson et alli, 2007).

No estudo *in vivo*, verificou-se que o MTA tem um pH inicial de 10,2 que quando misturado com os tecido pulpare aumenta para 12,5 até três horas mantendo-se depois sempre constante. Este pH alcalino pode ser a grande razão das propriedades anti-microbianas do MTA. (Chacko e Kurikose, 2006).

Segundo Stowe e colaboradores, verificou-se que o MTA possui propriedades anti-bacterianas contra *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* e *Pseudomonas aeruginosa*. (cit in Roberts, 2008).

De acordo com Soares, a alta alcalinidade do MTA (12,5 após três horas), provoca a presença de um tecido necrótico perto da dentina terciária formada devido ao contacto do material sobre a exposição pulpar. (cit in Faraco e Holland, 2001).

### 2.3.3 Força Compressiva

Segundo Torabinejad e colaboradores (1995), MTA tem uma força compressiva semelhante ao material de restaurações provisória IRM<sup>®</sup> e Super-EBA<sup>®</sup> mas mais fraca que a restauração a amálgama.

No estudo do Torabinejad e colaboradores (1999), avaliou-se a capacidade de resistência à compressão do MTA. Verificou-se o MTA é um composto pouco solúvel que possui uma resistência a compressão semelhante ao dos cimentos óxido de zinco\ eugenol reforçado. O MTA pode atingir até 70 MPa de força compressiva após 21 dias. Num entanto, as dúvidas em relação à sua resistência surgem quando é submetido durante algum tempo a ambientes ácidos. (Torabinejad et alli, 1999).

### 2.3.4 Libertação de substâncias ou componentes

Num estudo realizados em animais, provou-se que o MTA é uma possível substituto ao hidróxido de cálcio como um protector pulpar directo pois este apresentou resultados favoráveis como a formação de pontes dentinárias e em continuidade com a dentina devido à libertação de grandes concentrações de cálcio. (Holland et alli, 2001).

Um estudo *in vitro* documentou que o MTA na presença de células pulpares humanas leva à proliferação das mesmas devido às libertações de grandes concentrações de cálcio, superiores ao Dycal<sup>®</sup>. (Takita et alli, 2006).

O MTA quando usado como protector pulpar directo facilita a libertação de factores de crescimento e moléculas bio-activas que vão activar determinadas estruturas celulares que levam à permanência da vitalidade pulpar. A elevada concentração de cálcio é o principal factor responsável para o aumento de determinados agentes promotores da polpa que elevam a cicatrização da mesma. (Tomson et alli, 2007).

No estudo elaborado por Tziafas e colegas (2002), verificou-se, com a microanálise por raio-x, na superfície do MTA e nos tecidos dentários a presença de três grandes picos da libertação de cálcio, silicato e fosfato. Estes produtos libertados estão directamente ligados à dentinogênese pois favorecem um meio alcalino e facilitam a libertação de mediadores capazes de produzir odontoblastos.

Sakar e colaboradores, afirmaram que o MTA tem a capacidade de induzir a formação de hidroxiapatite quando é libertado cálcio do cimento e este entre em contacto com os tecidos envolventes. (cit in Tomson et alli, 2007).

### 2.3.5 Biocompatibilidade

O estudo realizado *in vitro* por Mogahaddame-Jafari e colegas (2005), permitiu verificar que o MTA não leva a necrose pulpar mas sim à proliferação de células odontoblásticas.

A biocompatibilidade do MTA é superior a qualquer outro material utilizado como protector pulpar directo já que este apresenta uma maior facilidade em recuperar a polpa afectada devido às suas características biológicas de criar um ambiente não-citotóxico e facilitar a ligação às células. (Tomson et alli, 2007).

Num estudo de citotoxicidade usando células endoteliais humanas obtidas do cordão umbilical, demonstrou-se que tanto as duas formas de MTA comerciais como o cimento de Portland, possuíam uma citotoxicidade semelhante em 48 horas observados. Nas primeiras 24 horas os valores de citotoxicidade são mais elevados mas passado 48 horas decresce. (De Deus et alli, 2005).

Num estudo realizado *in vivo* em cães foi confirmada a excelente biocompatibilidade do MTA. Esta característica foi verificada pela observação da facilidade com que as células formadoras de dentina se ligam ao cimento aplicado, levando à formação de um novo tecido duro. (Menezes et alli, 2004).

A biocompatibilidade do MTA ainda foi avaliada em estudos recentes no âmbito biocelular e genético. Foi evidenciado que o MTA não interfere com a viabilidade dos macrófagos, bem como na produção de citocinas e interleucinas. (Rezende et alli, 2005).

### **2.3.6 Tempo de endurecimento**

O MTA é uma estrutura que tem um tempo de endurecimento entre três a quatro horas. (Torabinejad et alli, 1995).

A colocação mais lenta de MTA conduz a um melhor selamento da exposição quando comparada aos cimentos tradicionais podendo ser uma das razões para a redução da microinfiltração. (Chacko e Kurikose, 2006).

Segundo Sluyk e colaboradores, há algumas evidências que materiais de MTA possuem um processo de maturação prolongado que continua além dos declarados 3–4 horas de tempo de fixação.(cit in Roberts, 2008).

### **2.3.7 Radiopacidade**

A radiopacidade é uma importante propriedade dos materiais dentários, especialmente para os materiais obturadores e protectores pulpare. Logo, os materiais dentários deveriam ser suficientemente radiopacos para permitir sua diferenciação da estrutura dentária. (Beyer-Olsen e Orstavik, 2008)

O bismuto (Bi) vem sendo apresentado como um elemento de excelente radiopacidade e tem sido adicionado ao ProRoot MTA<sup>®</sup> em aproximadamente 20% em peso para tornar o material radiopaco. Quando comparado com outros materiais retrobturadores, o MTA é mais radiopaco que Super-EBA<sup>®</sup> e IRM<sup>®</sup>, mas menos radiopaco que o amálgama (Duarte et alli, 2003).

### 2.3.8 Formação de Dentina terciária:

No estudo elaborado por Bogen, Kim and Bakland (2008), verificaram que a protecção de uma exposição pulpar directa com MTA não apresenta alterações na calcificação nem presença de defeitos de túnel. Também observaram que durante um ano houve um crescimento significativo de 0,5 a 1,5 mm de dentina reaccional produzida pela estimulação da polpa, que por sua vez actua sobre os odontoblastos.

O MTA tem a habilidade de estimular uma citoquina em contacto com as células do osso. Citoquinas são glicoproteínas de baixo peso molecular que têm a capacidade de potenciar a formação de osso. Através dos estudos experimentais realizados por Koh e colaboradores (1998), pode-se verificar a capacidade do MTA na libertação de determinadas citoquinas, semelhantes as citoquinas que estimulam o osteoblastos humanos, para a produção de osso.

Em variados estudos que envolvem a exposição directa da polpa e pulpotomias, pode-se avaliar que o MTA possui a capacidade de estimular a formação de dentina terciária, bom selamento e rápida colocação que vai permitir uma conservação da vitalidade pulpar. (Bogen, Kim e Bakland, 2008 e Menezes et alli, 2004).

Experiências realizadas com MTA como protector pulpar directo indicam que este tem a capacidade de estimular a formação de pontes dentinárias durante o processo de cicatrização. Foi possível visualizar a formação inicial de uma camada interfacial cristalina homogénea entre a polpa e MTA. O mecanismo de defesa realizada pela polpa ao activar as células odontoblásticas está relacionado directamente com o processo de formação de dentina iniciado pela presença do MTA. (Tziafas et alli, 2002).

Karabucak e colegas (2004) verificaram que a utilização do MTA permite manter a vitalidade pulpar ao promover a sua cicatrização em dentes com fracturas e exposições pulpares. Estes autores concluíram que o MTA estimulou a formação de uma nova dentina através das suas propriedades físico químicas, tais como, a sua biocompatibilidade, selamento da cavidade e ainda a alcalinidade.

O estudo realizado *in vitro* por Moghaddame-Jafari e colegas (2005), permitiu verificar que o MTA não leva à morte das células da polpa (apoptose) mas sim à proliferação de células odontoblásticas e células indiferenciadas. Desta forma, este aumento destas células está relacionado com a formação das pontes dentinárias e consequente regeneração do complexo polpa-dentina.

O estudo *in vitro* realizado por Yasuda e colaboradores (2008), visou os efeitos que o MTA possui ao nível da viabilidade celular e habilidade de mineralização em polpas dentárias de ratos. Segundo estes autores, o MTA é um material não citotóxico para as células da polpa e a sua associação com proteínas morfogenéticas do osso (BMP-2) leva a uma aumento de produção de células e consequente uma maior e rápida mineralização da estrutura.

#### 2.4 Desvantagens do MTA

Segundo os estudos de Saghiri e colegas (2008), verificou-se que o MTA apresenta alterações da sua estrutura quando submetido a um ambiente ácido durante três dias. Estas alterações de estruturas estão relacionadas directamente com o aparecimento de um maior número falhas ou vazios que vão permitir assim a passagem de bactérias para o interior do dente dificultando o processo de cicatrização.

Em relação ao seu tempo de endurecimento do MTA representa também uma desvantagem devido ao excesso de horas que leva a ganhar presa (3-4 horas após a aplicação), obrigando ao paciente voltar ao consultório para terminar a tratamento. (Torabinejad et alli, 1995).

O MTA original (MTA cinzento) causa descoloração do dente quando utilizado como protector pulpar ou selamento de perfurações. Assim, a sua utilização é bastante restrita quando a estética está em causa. (Glickman e Kennth, 2000).

Por fim pode-se acrescentar que o MTA é um material bastante caro determinando o seu uso bastante restrito. (Menezes et alli, 2004).

<b>MTA</b>	
<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formação de dentina terciária continua, espessa e regular;</li> <li>▪ Biocompatível com os tecidos;</li> <li>▪ pH elevado ( elevada alcalinidade que pode atingir pH = 12,5);</li> <li>▪ Radiopacidade que o difere da dentina e polpa;</li> <li>▪ Força compressiva superior ao IRM<sup>®</sup> e Super-EBA<sup>®</sup> mas mais fraca que a amalgama;</li> <li>▪ Capacidade de selamento da exposição pulpar evitando a micro-infiltração bacteriana;</li> <li>▪ Material hidrocópico e não é afectado com a presença de sangue;</li> <li>▪ Libertação de cálcio, sulfato e silicato que facilitam o processo de dentinogênese.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Provoca coloração dentária quando utilizando MTA cinzento;</li> <li>▪ Material bastante caro;</li> <li>▪ Demorado tempo de endurecimento: 3-4h</li> <li>▪ Não suporta ambientes ácidos.</li> </ul>

**Tabela 2** – Vantagens e Desvantagens do MTA (Torabinejad et alli, 1995; Tomson et alli, 2007; cit in Roberts, 2008; Beyer-Olsen e Orstavik, 2008; Bogen, Kim e Bakland, 2008 e Menezes et alli, 2004)

## V) MTA vs Hidróxido de Cálcio

### 1. Biocompatibilidade e pH

Num estudo realizado *in vitro*, por Takita e colegas (2006) provou-se que MTA aumenta significativamente a proliferação de células enquanto que hidróxido de cálcio (Dycal<sup>®</sup>) não afecta o crescimento celular. Ainda nesse estudo, também avaliou-se a quantidade de iões cálcio libertados e a biocompatibilidade de cada um sendo superior no cimento MTA do que no hidróxido de cálcio. (Takita et alli, 2006).

Num estudo realizado por Dominguez e colegas (2003), também ficou verificado que o MTA utilizado como protector pulpar directo possuía uma melhor interacção com o tecido pulpar que o hidróxido de cálcio.

Segundo Torabinejad e colaboradores, tanto o MTA com o  $\text{Ca}(\text{HO})_2$  possuem a capacidade anti-bacteriana devido ao seu pH elevado o que faz com que as bactérias não se reproduzam. No entanto, este efeito anti-bacteriano é bastante mais elevado no  $\text{Ca}(\text{HO})_2$ . (cit in Witherspoon, 2008). Este estudo ainda é reforçado pelo trabalho elaborado por Tomson e colegas (2007), em que se verificou que a concentração de cálcio na solução de  $\text{Ca}(\text{HO})_2$  é aproximadamente quatro vezes superior ao que é detectado nas duas formas de MTA.

### 2) Poder de cicatrização e formação de pontes dentinárias

Um estudo histológico comparativo realizado por Asgary e colaboradores (2008), avaliou as diferenças entre dois materiais aplicados (MTA e hidróxido de cálcio) directamente sobre polpas expostas de cães. Ao nível do grupo do hidróxido de cálcio pode-se salientar que não apresentou pontes dentinárias calcificadas, alguns dentes apresentaram necrose pulpar e ainda uma média/severa inflamação à volta da exposição pulpar. Apenas um exemplo apresentou uma ponte dentinária completa e uma densidade favorável. Ainda se verificou que em algumas zonas o hidróxido de cálcio se tinha dissolvido. Em relação ao grupo do MTA, foi detectado que a maioria formou completamente as pontes dentinárias, sem inflamação e com os dentes todos vitais. As

células odontoblásticas encontram-se bem organizadas e localizadas perto da ponte dentinária formada. Resumindo, neste estudo comparativo pode-se concluir que as capacidades do MTA como protector pulpar são superiores às do hidróxido de cálcio.

Num estudo realizado por Chacko e Kurikose (2006), conclui-se que o MTA causava apenas uma pequena ou nenhuma inflamação pulpar enquanto que o hidróxido de cálcio apresentava inflamações severas em alguns casos, independentemente do período de avaliação. Ainda outro estudo realizado por Zhu e Xia, verificou que MTA induz menor inflamação e maior quantidade de dentina terciária do que cimento de hidróxido de cálcio. (cit in Moghaddame-Jafari et alli, 2005).

Min e colaboradores (2008), compararam o MTA e o hidróxido de cálcio como protectores pulpares directos e realçaram algumas diferenças. Ao nível da formação das pontes de dentina, o MTA formou uma barreira perfeita em contacto com o tecido exposto com uma densidade bastante razoável e sem inflamação; enquanto que o hidróxido de cálcio formou apenas 60% dos casos pontes dentinárias mas com uma densidade bastante mais baixa mas sem inflamação. Este estudo para além da avaliação da formação de pontes dentinárias ainda avaliou a presença de sialo-proteína da dentina e hemo-oxigenase que só aparecem nos dentes tratados com MTA. A sialo-proteína libertada supõem-se que facilita o processo de mineralização de uma nova dentina protector da polpa e ainda a hemo-oxigenase, possivelmente induzida pela presença dos metais pesados do MTA (bismuto), ajudam também na formação de uma barreira e na cito-protecção contra a toxicidade inicial do MTA.

Num estudo em cães elaborados por Faraco e Holland em 2001, foi verificado que a ponte dentinária reparadora realizada pelo MTA parece ter uma parede mais constante, espessa e uniforme do que a promovida pelo hidróxido de cálcio. E ainda apresentava uma maior continuidade da parede com a dentina adjacente e túbulos dentinários, nomeadamente na parte mais próxima da polpa.

Um estudo foi realizado para avaliar a eficácia do MTA como protector pulpar directo em dentes humanos, utilizando o cimento de hidróxido de cálcio (Dycal<sup>®</sup>) como controlo. O trabalho envolvia a protecção pulpar directa com MTA em 20 terceiros

molares humanos saudáveis e outros 13 dentes com Dycal<sup>®</sup>. A avaliação clínica foi feita em vários intervalos pré-estabelecidos (1 semana, 1 mês e 3 meses) e os dentes foram extraídos, no final dos três meses. Observou-se então que os dentes tratados com MTA, ocorreu pouca inflamação pulpar após 1 semana e aos 3 meses apresentava um tecido duro espesso e que envolvia toda a exposição pulpar. Enquanto que os dentes do grupo controlo apresentaram uma baixa qualidade do tecido duro formado, com vários defeitos e presença de inflamação pulpar, mesmo após três meses. Deste modo, os autores concluíram que o MTA foi clinicamente mais eficaz do que o cimento de hidróxido de cálcio na diminuição a inflamação pulpar e na formação de pontes dentinárias. (Nair et alli, 2008).

Outro estudo semelhante feito pelo Aeinehchi e colegas (2003) que compararam a eficácia do MTA e hidróxido de cálcio como material pulpar directo. Os investigadores documentaram que a exposição pulpar tratada com MTA apresentava menor inflamação, hiperemia, e necrose, e também resultou em pontes dentinárias mais espessas, comparativamente com o grupo de hidróxido de cálcio.

No entanto num trabalho realizado por Moreira (2007) sobre a resposta tecidual de polpas humanas comparando o MTA ou hidróxido de cálcio quando aplicado directamente sobre a exposição pulpar verificou que todos os dentes apresentavam vitalidade pulpar sem diferenças significativas entre os dois materiais. Estes dentes foram analisados microscopicamente e foi realizado uma avaliação comparativa entre as respostas citotóxicas dos materiais testados. Na análise dos resultados não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos nos períodos experimentais de 14 e 45 dias, no que diz respeito à protecção pulpar. Quanto à espessura e à organização da barreira dentinária reparatória também não se verificaram diferenças entre os dois materiais estudados.

### 3) Selamento

Accorinte e colaboradores (2008), concluíram que o tanto o MTA como o hidróxido de cálcio originaram uma cicatrização da polpa após serem colocados como protectores pulpaes em dentes humanos. No entanto, algumas diferenças foram apontadas entre os dois ao nível histo-morfológico onde o hidróxido de cálcio apresentava em 70% dos casos pequenas manchas pretas em seu redor e a presença de células gigantes na interacção com o tecido pulpar enquanto que o MTA não apresentava estes sinais. Foi então verificado que o MTA para além de possuir uma maior rapidez de formação de dentina terciária que o hidróxido de cálcio, também é um material que não se dissolve com o passar do tempo evitando a infiltração de bactérias na exposição pulpar, ao contrário do hidróxido de cálcio.

Faraco e Holland (2001), comparam o MTA e hidróxido de cálcio como protectores pulpaes em dentes de cães, concluindo que o MTA era um melhor protector pois em todos os dentes onde foi colocado formaram-se pontes dentinárias, sem a presença de inflamação e sem presença de microorganismos na exposição pulpar, originando assim um selamento correcto da exposição pulpar. Ao contrário, com hidróxido de cálcio, apenas se observou em três dentes uma completa formação de pontes dentinárias sem inflamação e verificou-se ainda a presença de microorganismos no seu interior juntamente com pontos pretos em redor do hidróxido de cálcio, o que significa que houve uma reabsorção do material que levou a infiltração bacteriana.

O MTA é um material que proporciona uma interacção entre os seus componentes e as células pulpaes ao nível histológico. Estudos *in vivo* e *in vitro*, demonstraram que uma das potenciais explicações para o efeito regenerativo do MTA é induzir a proliferação celular e não a apoptose das células pulpaes, sendo deste modo superior ao hidróxido de cálcio. (Takita et alli, 2006 e Moghaddame-Jafari et alli, 2005). Também tem de se atribuir alguma importância à capacidade que o MTA possui ao nível do selamento, da biocompatibilidade e alcalinidade que não deixam de ser superior ao hidróxido de cálcio (Ford et alli, 1996).

O MTA é um óptimo material para o uso em terapias pulpaes pois comparado com materiais tradicionais, como hidróxido de cálcio, apresenta um selamento de grande duração e uma maior quantidade e qualidade de dentina terciária. Deste modo poderá ser considerado um bom substituto ao hidróxido de cálcio em exposições pulpaes directas. (Witherspoon, 2008).

A boa capacidade de micro-infiltração bacteriana e as capacidades de minimizar as complicações pós-operatorias e a inflamação pulpar tornam o MTA um material que se assume progressivamente como o melhor material para protecções pulpaes directas. (Murray et alli, 2003).

		Hidróxido de Cálcio	MTA
<b>Biocompatibilidade</b>		😊 😊 😊	😊 😊 😊 😊 😊
<b>Formação de dentina terciária</b>	<b>Continuidade</b>	😞	😊 😊 😊 😊 😊
	<b>Espessura</b>	😞	😊 😊 😊 😊 😊
	<b>Rapidez de Formação</b>	😊	😊 😊 😊 😊 😊
<b>Poder de selamento</b>		😞	😊 😊 😊 😊 😊
<b>Necrose</b>		😞 😞 😞	-
<b>Hiperemia</b>		😞 😞 😞	-

<b>Associação com fluidos teciduais</b>	☹	😊😊😊😊😊
<b>Tempo de endurecimento</b>	😊😊😊😊	☹
<b>Processo de regeneração</b>	Necrose Pulpar	Proliferação celular
<b>Valor comercial</b>	😊😊😊😊	☹☹☹☹

**Tabela 3** – Comparação do Hidróxido de cálcio e MTA em diversas características (Bogen, Kim e Bakland, 2008; Beyer-Olsen e Orstavik, 2008; cit in Roberts, 2008; Tomson et alli, 2007; cit in Withrespoon et al, 2006; Murray e Garcia-Godoy 2006; cit in Patel e Cohenca, 2006; Menezes et alli, 2004; Garone et alli, 2003; Schuurs et alli, 2000 ; Kardos et alli, 1998; Stanley, 1998; Torabinejad et alli, 1995):

**Legenda:**

😊😊😊😊😊 - Excelente

😊😊😊😊 - Muito Bom

😊😊😊 - Bom

😊 - Razoável

☹ - Mau

☹☹☹ - Muito Mau

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento de estratégias para o tratamento e preservação da vitalidade e função do complexo pulpo-dentinário representa um dos maiores desafios e necessidades da Dentistaria Operatória actual.

Existe uma grande quantidade de materiais dentários que podem ser usados em protecções pulpaes directas e cada um tem de cumprir uma série de requisitos para a sua aprovação, sendo a biocompatibilidade uma das provas mais rigorosas para esta aprovação. No entanto, o material ideal com as características ideais ainda não foi encontrado.

Os produtos à base de hidróxido de cálcio são actualmente bastante difundidos e bastante utilizados. Este material foi um dos primeiros a ser utilizado na protecção pulpar directa com resultados bastante satisfatórios. O hidróxido de cálcio é uma substância que possui determinadas características que o tornam único: é um material que apresenta uma elevada alcalinidade (pH = 12,5) que confere uma excelente acção antimicrobiana, mas por outro lado gera um pH com grande potencial tóxico que elimina bactérias e células hospedeiras pela desnaturação de proteínas da membrana celular e degradação do DNA (necrose celular). É a através deste processo de necrose celular que a polpa vai ser estimulada para a formação de uma dentina terciária reparadora que pode levar à preservação e protecção do complexo pulpa-dentina.

Contudo, a aplicação do hidróxido de cálcio em vários estudos é colocado em causa pois apresenta resultados desfavoráveis pois nem sempre consegue cumprir os requisitos mínimos que levam à manutenção da vitalidade pulpar, tais como, a solubilidade do material que leva a uma infiltração bacteriana a longo prazo; a parede dentinária formada tem pouca espessura e apresenta defeitos de túnel na sua composição e ainda a dificuldade em se aderir à polpa vital principalmente com a presença de sangue.

Recentemente uma das tendências da pesquisa actual em Medicina Dentária é o desenvolvimento de tratamentos que favoreçam as reacções de defesa inerentes ao organismo. É necessária a utilização de medicamentos biologicamente compatíveis, que mantenham a polpa radicular vital e em exercício pleno de suas funções. Dentro desse conceito, o MTA é um material que começa a ser testado em várias áreas da Medicina Dentária e poderá ser um material de destaque no grupo dos medicamentos regeneradores do tecido pulpar.

O MTA é um material que possui uma excelente biocompatibilidade com os tecidos pulpaes, é capaz de induzir tecido mineralizado e pH final de 12,5. Além disso, merecem destaque, entre as propriedades do MTA, a ausência de potencial mutagênico e possibilidade de utilização em campo operatório húmido. Sua radiopacidade é próxima a do IRM<sup>®</sup>, mas superior à da dentina, sendo portanto, facilmente identificado, nas radiografias. É um material resistente à dissolução ou decomposição pelos fluidos teciduais e apresenta boa resistência à compressão. O MTA é capaz de induzir reparo com a vantagem de apresentar algumas propriedades melhoradas, como a característica hidrofílica e a capacidade de um bom vedamento marginal. Histologicamente, MTA estimula a formação de um novo tecido duro pela diferenciação ou proliferação celular e também é capaz de estimular a libertação de citocinas que levam à produção de osteoblastos (células produtoras de dentina). Assim podemos considerar que é um material activo na formação de tecido duro.

No entanto, este material não é “ideal” pois ainda apresenta algumas desvantagens que não sendo relacionados que o seu poder curativo possuem alguma importância no acto clínico, como o seu elevado valor comercial e o seu demorado tempo de endurecimento que obriga ao profissional de saúde a executar duas consultas.

Com base nos vários estudos relacionados com a protecção pulpar directa conclui-se que o MTA é, neste momento, o material “ideal” para a regeneração da polpa na protecção pulpar directa pois apresenta características clínicas que o tornam mais favorável que o hidróxido de cálcio. O MTA apresenta uma dentina terciária mais espessa, contínua, sem defeitos, produzida através da proliferação celular e sem presença de inflamação; possui um excelente poder selador da exposição pulpar e uma excelente biocompatibilidade com os tecidos pulpare. Todos estes factores enunciados anteriormente tornam clinicamente o MTA superior ao hidróxido de cálcio.

## Bibliografia

Accorinte, M.L.R., Holland, R., Reis, A., Bortoluzzi, M.C., Murata, S.S., Dezan, E., Souza, V., Alessandro, L.D. (2008). Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide Cement as Pulp-capping Agents in human teeth. *Journal of Endodontics*, vol.34, No.1, pp.1-6.

Aeinehchi, M. Eslami, B., Ghabariha, M. e Saffar, A.S. (2003). Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Journal International Endodontics*, vol.36, pp. 225-231.

Ascandi Home page. [Em linha]. Disponível em <<http://www.ascandi.ch/images/ART/214/21479.jpg>>. [Consultado em 10/09/2008].

Asgary, S., Parirokh, M., Eghbal, M.J., Brink, F. (2005). Chemical differences between white and grey mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, vol.31, No.2, pp.101-103.

Asgary,S., Eghbal, M.J., Parirokh, M., Ghanavati, F., Rahimi, H.(2008). A comparative study of histologic response to diffent pulp capping materials and a novel endodontic cement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol. 106, No. 4, pp. 609-614

Baratieri, L. N. (2001). *Dentística – Procedimentos preventivos e restauradores*. 2º Edição. Santos Editora. São Paulo.

Bhaskar, S. N. (1989). *Histologia e Embriologia Oral de Orban*. São Paulo. Artes Médicas.

Beyer-Olsen, E.M. e Orstavik, D.(1981). Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol.51, pp. 320-328.

Bogen, G., Kim, J.S. e Bakland, L.K.(2008). Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate. *JADA*, vol.139, pp.305-315.

Camilleri, J., Montesin, F.E., Brady, K., Sweeney, R., Curtis, R.V., Pitt, F.T.R. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*, vol. 21, pp. 297-303.

Camilleri, J., Montesin, F.E., Papaioannou, S., McDonald, F., Pitt Ford, T.R. (2005). The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Journal International Endodontics*, vol.38, No.11, pp. 834-842.

Chacko, V. e Kurikose, S. (2006). Human Pulpal response to mineral trioxide aggregate (MTA): a histologic study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, vol 30, No. 3, pp. 203-209.

Cohen, S. e Hargreaves, K.M. (2007). *Pathways of the Pulp*. 9th Edition. New York. Mosby.

Cox, C.F., White, K.C., Ramus, D.L., Farmer, J.B., Snuggs, H.M. (1992). Reparative dentin: factors affecting its deposition. *Quintessence International*, vol. 23, No. 4, pp. 257-270.

Cox, C.F., Subay, R.K., Ostro, E., Susuki, S., Susuki, S.H. (1996). Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. *Operative Dentistry*, vol.21, No.1, pp.4-11.

De Deus, G., Ximenes, R., Gurgel-Filho, E. D., Plotkowski, M. C. e Coutinho-Filho, T. (2005). Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. *Journal of International Endodontics*, vol. 38, No. 9, pp. 604-609.

Dominguez, M. S., Witherspoon, D. E., Gutmann, J. L., Opperman, L. A. (2003). Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *Journal of Endodontics*, vol. 29, pp. 324-333.

Dovgan, J.S. (?). Practice Limited to Endodontics. [Em linha]. Disponível em <[http://www.endodovgan.com/images/MTA%20\\_USES.jpg](http://www.endodovgan.com/images/MTA%20_USES.jpg)>.[Consultado em 10/09/2008].

Duarte, M.A., Demarchi, A.C., Yamashita, J.C., Kuga, M.C. e Fraga, S.C. (2003). pH and calcium ion release of 2 root-filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol.95, pp. 345-347.

Estrela, C. (2004). *Ciências Endodônticas*. Volume 1. São Paulo. Artes Médicas.

Faraco, I.M. e Holland, R. (2001). Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dental Traumatology*, vol.17, pp.163-166.

Fava, L.R.G. (1991). Pastas de Hidróxido de Cálcio: considerações sobre seu emprego clínico em Endodontia. *Revista Paulo Odontologia*, vol.13, No.5, pp. 107-120.

Ford, T.R.P., Torabinejad, M., Abedi, H.R., Bakland, L.K., Kariyawasam, S.P. (1996). Using Mineral Trioxide Aggregate as pulp capping material. *JADA*, vol.127, pp.1491-1494.

Garone, N. N. (2003). *Introdução à Dentística Restauradora*. São Paulo. Santos Editora.

Glickman, G. N. e Kenneth, A. (2000). 21<sup>st</sup>- Century endodontics. *JADA*, vol. 131, pp. 39-46.

Goldberg, F. Massone, E.J. e Spielberg, C. (1984). Evaluation of the dentinal bridge after pulpotomy and calcium hydroxide dressing. *Journal of Endodontics*, vol. 10, pp. 318-320.

Ham, K.A., Witherspoon, D.E., Gutmann, J.L., Ravindranath, S., Gait, T.C. e Opperman, L.A. (2005). Preliminary Evaluation of BMP-2 Expression and Histological

Characteristics During Apexification with Calcium Hydroxide and Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, vol. 31, No. 4, pp. 275-279.

Heitmann, T. e Unterbrink, G.(1995). Direct pulp capping with a dentinal adhesive resin system: a pilot study. *Quintessence International*, vol.26, pp.765-770.

Holland, R., Souza, V. de, Murata, S. S., Nery, M. J., Bernabé, P. F. E., Filho, J.A.O. e Júnior, E.D. (2001). Healing Process of Dog Dental Pulp after Pulpotomy and Pulp Covering with Mineral Trioxide Aggregate or Portland Cement. *Journal Brazilian Dental*, vol.12, No. 2, pp. 109-113.

Hong, H.H., Tsai, A.I., Liang, C.H., Kuo, S.B., Chen, C.C., Tsai, T.P. (2006). Preserving pulpal health of a geminated maxillary lateral incisor through multidisciplinary care. *Journal International Endodontics*, vol.39, No.9, pp.730-737.

Hu, C.C., Zhang, C., Qian, Q., Tatum, N.B. (1998). Reparative dentin formation in rat molars after direct pulp capping with growth factors. *Journal Of Endodontics*, vol.24, No.11, pp.744-751.

Iwamoto, C. E., Adachi, E., Pameijer, C. H., Barnes, D., Romberg, E. E., Jefferies, S. (2006). Clinical and histological evaluation of white ProRoot MTA in direct pulp capping. *American Journal of Dentistry*, vol. 19, pp. 85-90.

Karabucak, B., Li, D., Lim, J. e Iqbal, M. (2005). Vital pulp therapy with mineral trioxide aggregate. *Dental Traumatology*, vol. 21, pp. 240-243.

Kardos, T.B., Hunter, A.R., Hanlin, S.M., Kirk, E.E. (1998). Odontoblast differentiation: a response to environmental calcium?. *Dental Traumatology*, vol.14, No. 3, pp. 105-111.

Kitasako, Y., Shibata, S., Arakawa, M., Cox, C.F., Tagami, J. (2000). A light and transmission microscopic study of mechanically exposed monkey pulps: dynamics of

fiber elements during early dentin bridge formation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol.89, No.2, pp.224-230.

Koh, E. T., McDonald, F., Ford, T. R. P., Torabinejad, M. (1998). Cellular Response to Mineral Trioxide Aggregate. *JADA*, vol. 24, No. 8, pp. 543-547.

Lopes, H.P. e Sequeira, J.F. Jr. (2004). *Endodontia – Biologia e técnica*. 2º edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan S.A.

Love, R.M. (1997). Effects of dental trauma on the pulp. *Practice Periodontics Aesthetics Dental*, Vol.9, No. 4, pp. 427-436.

Main, C., Mirzayan, N., Shabahang, S., Torabinejad, M. (2004). Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *Journal of Endodontics*, vol. 30, pp. 80-83.

Mata, A., Canela, F. M., Leal, R. e Perdigão, J. (1996). Protecção do órgão Pulpo-Dentinário – os Mitos e os Factos. *Revista de Saúde Oral*, vol. 1, pp. 17-27

Marzouk, M.A., Simonton, A.L. e Gross, R.D. (1989). *Bases protectoras e intermediárias*. 1º Edição. São Paulo. Editora Santos, pp. 309-328.

Menezes, R., Bramante, C. M., Letra, A., Carvalho, V. G. G. e Garcia, R.B. (2004). Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol.98, pp. 376-379.

Mestrener, S.R., Holland, R. e Dezan, Jr.E.(2002). Influence of age on the behavior of dental pulp of dog teeth after capping with an adhesive system or calcium hydroxide. *Dental Traumatology*, vol.19, pp.255-261.

Mjor, I.A., Dahl, E. e Cox, C.F. (1991). Healing of pulp exposures na ultrastructural study. *Journal Oral Pathology Med*, vol. 10, pp. 496-501.

Milosevic, A. (1991). Calcium hydroxide in restorative dentistry. *Journal of Dentistry*, vol.19, pp.3-13.

Min, K., Park, H., Lee, S., Park, S., Hong, C., Kim, H., Lee, H., Kim, E. (2008). Effect of Mineral Trioxide Aggregate on Dentin Bridge Formation and Expression of Dentin Sialoprotein and Heme Oxygenase-1 in Human Dental Pulp. *Journal of Endodontics*, vol.34, pp.666-670.

Mondelli, J. (1998). *Protecção do Complexo Dentinopulpar*. São Paulo. Artes Médicas.

Moghaddame-Jafari, S., Mantellini, M.G., Botero, T.M., McDonald, N.J., Nor, J.E. (2005). Effect of ProRoot MTA on pulp cell apoptosis and proliferation in vitro. *Journal of Endodontics*, vol. 31, No. 5, pp. 387-391.

Moreira, C. P. de O. P. (2007). *Análise microscópica de capeamento pulpar direto com diferentes materiais em dentes humanos*. Rio de Janeiro. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Moretti, A.B.S., Sakai, T., Oliveira, T.M., Fornetti, A.P.C., Santos, C.F., Machado, M.A.A.M. e Abdo, R.C.C. (2008). The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary tooth. *Journal International Endodontics*, vol. 41, pp. 547-555.

Murray, P.E., Lumley, P.J., Smith, A.J., Ross, H.F. (2000). The influence of sample dimensions on hydroxyl ion release from calcium hydroxide products. *Dental Tramatology*, vol.16, No.6, pp.251-257.

Murray, P.E., Hafez, A.A., Smith, A.J., Cox, C.F. (2003). Identification of hierarchical factors to guide clinical decision making for successful long-term pulp capping. *Quintessence International*, vol.34, No.1, pp. 61-70.

Murray, P.E. e García-Godoy, F. (2006). The incidence of pulp healing defects with direct capping materials. *JADA*, vol.19, No.3, pp.171-177.

Niinuma, A. (1999). Newly developed resinous direct pulp capping agent containing calcium hydroxide (MTYA1-Ca). *International Endodontic Journal*, vol.32, pp.475-483.

Nair, P.N., Duncan, I.C. e Pitt Ford, T.R. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Journal International Endodontics*, vol. 41, No. 2, pp. 128-150.

Pameijer, C.H. e Stanley, H.R. (1998). The disastrous effects of the “total etch” technique in vital pulp capping in primates. *JADA*, vol.11, pp. S45-S54.

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

Parirokh, M., Asgary, S., Eghbal, M. J., Stowe, S., Eslami, B., Eskandarizade, A., Shabahang, S. (2005). A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *Dental Traumatology*, vol. 21, pp. 150-154.

Pinto, A.S., Araújo, F.B., Franzon, R., Figueiredo, M.C., Henz, S., Garcia-Godoy, F. e Maltz, M. (2006). Clinical and microbiological effect of calcium hydroxide protection in indirect pulp capping in primary teeth. *JADA*, vol. 19, No. 6, pp. 382-386.

Rezende, T.M., Vargas, D.L., Cardoso, F.P., Sobrinho, A.P., Vieira, L.Q. (2005). Effect of mineral trioxide aggregate on cytokine production by peritoneal macrophages. *Journal International Endodontics*, vol.38, No.12, pp.896-903.

Roberts, H.W., Toth, J. M., Berzins, D.W., Charlton, D.G. (2008). Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dental materials*, vol. 24, pp. 149-164.

Saber.Web Home page. [Em linha]. Disponível em <<http://www.saberweb.com.br/wp-content/uploads/imagens/anatomia/dente/01g.jpg>>. [Consultado em 20/09/2008].

Saghiri, M. A., Lotfi M., Vosoughhosseini S., Fatemi A., Shiezadeh V. e Ranjkesh B. (2008). Effect of pH on Sealing Ability of White Mineral Trioxide Aggregate as a Root-end Filling Material. *Journal of Endodontics*, vol. 34, No.10, pp. 1226-1229.

Sazak, H., Gunday, M., Alatli, C. (1996). Effect of calcium hydroxide and combinations of Ledermix and calcium hydroxide on inflamed pulp in dog teeth. *Journal of Endodontics*, vol.22, No.9, pp.447-449.

Scarano, A., Manzon, L., Di Giorgio, R., Orsini, G., Tripodi, D., Piattelli, A. (2003). Direct capping with four different materials in humans: histological analysis of odontoblast activity. *Journal of Endodontics*, vol.29, No. 11, pp.729-734.

Schuurs, A.H., Gruythuysen, R.J. e Wesselink, P.R. (2000). Pulp capping with adhesive resin-based composite vs. Calcium hydroxide: a review. *Journal of Endodontics*, vol.16, No.6, pp.240-250.

Siqueira, J.R. e Lopez, H.P. (1999). Mechanism of antimicrobial activity of calcium hydroxide – a critical review. *International Endodontics Journal*, vol. 32, pp. 361-369.

Shabahang, S., Torabinejad, M. (2000). Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, vol. 12, pp. 315-320.

Stanley, H.R. (1998). Criteria for standardizing and increasing credibility of direct pulp capping studies. *JADA*, vol.11, pp.S17-S34.

Steing, T. H., Regan, J. D., Gutmann, J. L. (2003). The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. *Australian Endodontic Journal*, vol. 29, pp. 34-42.

Sturdevant, M. C., Roberson, M. T., Heymann, H. O. , Sturdevant, J. R. (1996). *Arte y Ciencia – Operatoria Dental*. Tercera Edidicion. Madrid. Mosby.

Swift, E.J. e Trope, M. (1999). Treatment options for the exposed vital pulp. *Pract Periodontic Aesthetic Dental*, vol. 11, No.6, pp.735-739.

Takita, T., Hayashi, M., Takeichi, O., Ogiso, B., Suzuki, N., Otsuka, K. e Ito, K. (2006). Effect of mineral trioxide aggregate on proliferation of cultured human dental pulp cells. *International Endodontic Journal*, vol. 39, pp. 415-422.

Tziafas, D., Pantelidou, O., Alvanou, A., Belibasakis, G. e Papadimitriou, S. (2002). The dentinogenic effect of mireral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Internacional Endodontics Journal*, vol. 35, pp. 245-254.

Tziafas, D., Smith, A.J., Lesot, H. (2000). Designing new treatment strategies in vital pulp therapy. *Journal of Dentistry*, vol, 28, No, 2, pp. 77-92.

Tomson, P.L., Grover, L.M., Lumley, P.J., Sloan, A.J., Smith, A.J., Cooper, P.R. (2007). Dissolution of bio-active dentine matrix components by mineral trioxide aggregate. *Journal of Dentistry*, vol.35, No. 8, pp. 636-642.

Torabinejad, M., Hong, C.U., Lee, S.J., Monsef, M., Pitt Ford, T.R. (1995). Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *Journal of Endodontics*, vol.21, No.12, pp.603-608.

Torabinejad, M., Hong, C.U., McDonald, F., Pitt Ford, T.R. (1995). Physical and chemical properties of new root-end filling material. *Journal of Endodontics*, vol.21, No.7, pp.349-353.

Torabinejad, M. e Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, vol.25, No.3, pp.197-205.

Tuna, D. e Ölmez, A. (2008). Clinical long-term evaluation of MTA as a direct pulp capping material in primary teeth. *Journal International Endodontics*, vol. 41, pp. 273-278.

Tselnik, M., Baumgartner, J.C. e Marshall, J.G. (2004). Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a serin-modified glass ionomer used as coronal barrier. *Journal of Endodontics*, vol.30, No.11, pp.782-784.

Young, B. e Heath, J.W. (2000). *Whearter Histologia Funcional*. 4º Edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan.

Yasuda, Y., Ogawa, M., Arakauwa, T, Kadowaki, T. e Saito, T. (2008). The effect of mineral trioxide aggregate on the mineralization ability of rat dental pulp cells: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, vol.34, pp. 1057-1060.

Walton, R.E. e Torabinejad, M. (2002). *Principles and Praticce of Endodontics*. 3º Edição. Saunders Company. Philadelphia.

Witherspoon, D. E., Small, J. C., Harris, G. Z. (2006).Mineral trioxide aggregate pulpotomies. *JADA*, vol. 137, pp. 610-618.

Witherspoon, D. E. (2008). Vital pulp therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives – Permanent Teeth. *Journal of Endodontics*, vol. 34, No. 7S, pp. S25-S28.



















