

Pedro Duarte Nicola Machado Pereira

Recobrimentos pulpaes em odontopediatria: passado, presente e futuro

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2015



Pedro Duarte Nicola Machado Pereira

Recobrimentos pulpaes em odontopediatria: passado, presente e futuro

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2015

Pedro Duarte Nicola Machado Pereira

Recobrimentos pulpaes em odontopediatria: passado, presente e futuro

---

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

## **Sumário**

A medicina dentária tem vindo a evoluir nos últimos anos com as novas descobertas biológicas e introdução de novos biomateriais no mercado. Tal feito cria uma remodelação ao nível das técnicas utilizadas, questionando e desafiando as várias terapias utilizadas.

A manutenção de dentes decíduos na arcada tem importantes funções ao nível do desenvolvimento dentário e das arcadas sendo que é importante saber de que forma podemos manter o dente até ao seu tempo fisiológico de exfoliação.

A terapia pulpar visa manter a integridade e saúde do dente afetado bem como dos tecidos envolventes. O tipo de terapia pulpar a utilizar depende bastante do diagnóstico do dente e da sua capacidade de reagir face às agressões.

Os recobrimentos pulpares diretos e indiretos são tipos de terapias pulpares que, além de controversas ao longo do tempo, têm sofrido várias alterações as quais continuam a dar-se hoje em dia. Estas apresentam-se como métodos mais conservadores do que a pulpotomia e a pulpectomia (procedimentos mais invasivos) e são alternativas com bastante sucesso terapêutico que começam a ter uso na prática clínica.

Os materiais mais utilizados no passado estão hoje mais estudados compreendendo melhor as suas vantagens e as suas limitações. Estes estudos trazem a necessidade de descobrir novos materiais que potenciem as terapias e que tenham o menor tipo de limitações possíveis.

Com a chegada dos novos biomateriais, existem novos dilemas sobre quais as técnicas e os materiais a utilizar, cabendo ao médico dentista acompanhar as novas descobertas e decidir qual o melhor tratamento para cada caso.

Neste trabalho são apresentadas as indicações e contra-indicações de cada terapia, objetivos, protocolos, quais os materiais utilizados no passado, presente e quais poderão vir a ser utilizados no futuro.

## **Abstract**

Dentistry has evolved in recent years with the new biological discoveries and introduction of new biomaterials market. This creates a remodeling in terms of the techniques used, questioning and challenging the various therapies used.

Maintenance of primary teeth in the arcade has important functions at the level of tooth development and arcades and it is important to know how we can keep the tooth to its physiological time of exfoliation.

Pulp therapy aims to maintain the integrity and health of the affected tooth and the surrounding tissues. The type of pulp therapy to use depends largely of tooth diagnosis and its ability to react to attacks.

Direct and indirect pulp capping are types of pulp therapies that besides controversial over time, have undergone several changes which continue to exist today. These are presented as methods more conservative than pulpotomy and pulpectomy (more invasive procedures) and are alternative therapeutics with quite success, beginning to be used in clinical practice.

Most materials used in the past are now more studied and better understood its advantages and limitations. These studies bring the need to discover new materials that enhance the therapies and have the lowest type of possible limitations.

With the arrival of new biomaterials, there are new dilemmas about what techniques and materials to be used, leaving the dentist tracking the new findings and decide on the best treatment for each case.

This work presents the indications and contraindications of each therapy, objectives, protocols, which materials were used in the past, present and which are likely to be used in the future.

## **Agradecimentos**

À minha família por tudo o que fizeram por mim que me tornou naquilo que sou hoje. Um obrigado especial à minha avó Inês da qual sinto muita saudade e à minha mãe Conceição por todo o suor e apoio.

À Joana por nós e por todo o apoio dado ao longo do curso bem como à família que sempre me acolheu tão bem.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Cristina Cardoso Silva, pela sua disponibilidade, paciência e conhecimentos para orientar este trabalho.

Aos meus professores pelos conhecimentos e pelos bons tempos passados na clínica.

A todos os amigos e colegas da faculdade por toda a ajuda e por fazerem parte desta experiência.

Às meninas da esterilização pela boa disposição e ajuda durante os últimos anos.

E, por fim, a todos os meus amigos e alunos por todo o apoio para concretizar esta etapa.

## Índice Geral

Introdução.....	1
Desenvolvimento	
Materiais e Métodos.....	3
I. Complexo Dentina-Polpa.....	4
II. Dentinogénese.....	6
III. Resposta à Agressão Pulpar.....	7
IV. Diagnóstico Pulpar.....	11
V. Recobrimento Pulpar Indireto	
1. Definição.....	15
2. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Decídua.....	15
3. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Definitiva.....	16
4. Contraindicações.....	16
5. Protocolo.....	16
6. Avaliação e Métodos de Remoção de Cárie.....	17
7. Fatores e Taxas de Sucesso/Insucesso.....	19
8. Materiais	
i. Perspetiva Histórica.....	20
ii. Hidróxido de Cálcio.....	21
iii. MTA.....	22
iv. Ionómero de Vidro.....	22
v. Agentes Adesivos Dentinários.....	24
vi. Outros Materiais.....	27
VI. Recobrimento Pulpar Direto	
1. Definição.....	28
2. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Decídua.....	29
3. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Definitiva.....	29
4. Contraindicações.....	29
5. Protocolo.....	30
6. Fatores e Taxas de Sucesso/Insucesso.....	30

7. Controlo Hemorrágico e Desinfecção do Local da Exposição.....	33
8. Materiais	
i. Perspetiva Histórica.....	34
ii. Hidróxido de Cálcio.....	34
iii. MTA.....	36
iv. Agentes Adesivos Dentinários.....	37
v. Ionómero de Vidro.....	37
vi. TGF- $\beta$ e BMP's.....	38
vii. CEM.....	38
viii. Matriz Extracelular de Esmalte.....	39
ix. Biodentina®.....	39
x. Silicato de Cálcio.....	41
Conclusão.....	43
Referências Bibliográficas.....	44

## **Abreviaturas e Siglas**

AAPD – American Academy of Pediatric Dentistry

BMP's – Proteínas Morfogenéticas Ósseas

CEM – Cimento Enriquecido com Cálcio

CIV – Cimento de Ionómero de Vidro

EMD – Proteínas derivadas da Matriz de Esmalte

MTA – Agregado Trióxido Mineral

Nr. – Número

PC – Cimento de Portland

pH –Potencial de hidrogénio

SCMR – Silicato de Cálcio Modificado por Resina

TGF- $\beta$  – Fator de Crescimento Transformador Beta

$\mu\text{m}$  – Micrómetro

mm – Milímetros

% - Percentagem

® - Marca Registada

## **Introdução**

Muitos dentes são perdidos em idades jovens, apesar do conhecimento da importância da sua preservação na arcada ter aumentado. A preservação de dentes decíduos antes da erupção dos dentes permanentes é desejável visto que têm importantes funções (Caicedo et al., 2006):

- Ajudar a determinar a forma das arcadas dentárias
- Manutenção de espaço entre dentes
- Prevenir o mau posicionamento e função da língua bem como dos hábitos da fala
- Preservar a estética
- Manter a função mastigatória

Por isto, dentes cariados devem ser idealmente restaurados em vez de extraídos (Caicedo et al., 2006).

A compreensão da biologia dentária e dos fenómenos que a rodeiam é de extrema importância aquando da aplicação dos recobrimentos pulpaes. A resposta à agressão basicamente depende da gravidade da mesma bem como da capacidade de reação do dente face ao agente agressor (Valencia, 2013).

Apesar dos conhecimentos atuais da etiopatogenia e dos avanços da medicina dentária na promoção da saúde, a doença cárie continua com grande prevalência. A presença de dentes com cavidades ou bastante destruídos ainda pode ser observada em muitas crianças. A restauração e consequente manutenção do dente são precedidas muitas vezes de terapia pulpar (Piva et al., 2004).

O principal objetivo da terapia pulpar é manter a integridade e saúde do dente afetado e dos tecidos que o envolvem (Tuna and Olmez, 2008).

Há pouco debate em relação à importância da permanência do dente decíduo na arcada até a sua exfoliação natural. No entanto, há várias opiniões em como fazer a sua

manutenção quando a polpa é exposta por cárie ou por procedimentos mecânicos (Caicedo et al., 2006).

O tratamento pulpar conservador otimizado tem o potencial de reduzir a necessidade de tratamento endodôntico mais invasivo. No entanto, para isto ser alcançado em dentição decídua há a necessidade de haver melhores materiais, especialmente em recobrimentos pulpaes (Bodem et al., 2004).

Os biomateriais têm evoluído de maneira impressionante, no entanto, no tratamento de lesões profundas continuam a ser usadas técnicas e materiais aplicados há várias décadas, sem esquecer os princípios biológicos que sempre orientaram e serviram como base para todos os procedimentos restauradores (Valencia, 2013).

O sucesso destas terapias é a base para que o elemento dentário exerça as suas funções até à exfoliação fisiológica. Dentro das terapias pulpaes conservadoras, que objetivam a manutenção da vitalidade pulpar, apresentam-se o recobrimento pulpar direto e indireto (Piva et al., 2004).

Este trabalho pretende esclarecer as definições e indicações de recobrimentos pulpaes em odontopediatria e mostrar as técnicas e materiais usadas hoje em dia, dar uma perspectiva histórica da evolução bem como do futuro destas.

## **Desenvolvimento**

### **Materiais e métodos**

Para a realização desta revisão bibliográfica foi realizada uma pesquisa utilizando os motores de busca *online*: *Pubmed*, *ScienceDirect*, *Google Académico*, *B-on* e *Google* usando as palavras-chave: “vital pulp therapy”, “direct pulp capping”, “indirect pulp capping”, “primary teeth”, “immature permanente teeth”, “dentin-pulp complex” e “caries removal” tendo sido combinadas entre si.

Como critérios de inclusão foram aceites artigos publicados entre 1999 e 2015 nos idiomas português, inglês e espanhol. Os critérios de exclusão foram artigos que não estivessem disponíveis a texto completo, que não abordassem diretamente o tema em estudo e artigos escritos noutros idiomas. Foram analisados 52 artigos no total tendo sido selecionados 36 artigos. Como complemento foi também consultado e incluído 1 livro.

A pesquisa foi realizada na Biblioteca Ricardo Reis da Universidade Fernando Pessoa no período de 1 de Março de 2015 até 30 de Abril de 2015.

## **I. Complexo dentina-polpa**

De forma a realizar o melhor diagnóstico e respetivo plano de tratamento é necessário um conhecimento prévio das estruturas a tratar e seu comportamento. Torna-se então fundamental a revisão de conceitos anátomo-fisiológicos do complexo dentina-polpa, para os vários tipos de dentição, bem como de tudo o que o envolve.

A polpa e a dentina formam um complexo funcional que atua em conjunto e que se complementa. A polpa seria um órgão altamente sensível e vulnerável sem a dentina e esta teria limitada a sua capacidade de defesa sem a polpa (Cohen and Hargreaves, 2011).

A dentina representa a interface entre polpa e esmalte, na superfície coronária. Trata-se de um tecido conjuntivo calcificado que possui cerca de 40 a 70 mil túbulos dentinários dependendo da distância a que se encontra em relação à polpa, sendo que quanto maior a proximidade maior a concentração destes túbulos (Delfino et al., 2010).

A polpa dentária é um tecido conjuntivo laxo envolvido por paredes de dentina rígidas com odontoblastos dispostos na pré-dentina (Ricucci et al., 2014). Histologicamente e funcionalmente, as polpas dos dentes decíduos e permanentes são similares (Cohen and Hargreaves, 2011).

A polpa é revestida na sua periferia por odontoblastos, células que formam a dentina, que estendem os seus processos citoplasmáticos na sua estrutura tubular (Cohen and Hargreaves, 2011). Estes são derivados da papila dentária a qual consiste numa população de células ectomesenquimais condensadas (Fuks, 2002). Semelhantes aos miócitos cardíacos e neurónios, os odontoblastos são células pós-mitóticas bem diferenciadas de longa duração que não são substituídas ao longo da vida (Ricucci et al., 2014). Estes possuem várias junções que fornecem meios para a comunicação intercelular e ajudam a manter a posição relativa de uma célula para a outra (Fuks et al., 2012).

Imediatamente abaixo desta camada odontoblástica, existe um extenso plexo de nervos (plexo de Raschkow) e capilares sanguíneos que proporcionam inervação sensorial à polpa e que podem auxiliar e regular a atividade dos odontoblastos (Cohen and Hargreaves, 2011).

Embora esta descrição seja correta aquando da dentinogénese ativa, é aceite que o tamanho dos odontoblastos e o conteúdo dos seus organelos citoplasmáticos varie durante o seu ciclo de vida e seja extremamente relacionado com a sua atividade funcional. A relação entre o tamanho dos odontoblastos e a sua atividade secretora pode ser demonstrada por diferenças do seu tamanho na coroa e na raiz e diferentes taxas dentinogénicas que se expressam nestes dois locais (Fuks et al., 2012).

O plexo de Raschkow, não amadurece por completo até aos estágios avançados da formação da raiz, o que pode tornar os testes de sensibilidade pulpar inconclusivos em dentes permanentes imaturos (Cohen and Hargreaves, 2011).

Abaixo destes, existe uma área rica em células chamada área de Höhl, que consiste numa faixa de tecido que contém células não comprometidas capazes de se diferenciar em células odontoblastóides, no caso de ocorrer perda de odontoblastos primários (Cohen and Hargreaves, 2011).

## II. Dentinogênese

Além das suas recentes funções reconhecidas como células sensoriais e de defesa, os odontoblastos são células secretoras que são responsáveis pela síntese e deposição extracelular de uma matriz rica em colagénio tipo I, denominada de pré-dentina; a subsequente biomineralização da matriz transforma-a em dentina mineralizada (Ricucci et al., 2014).

Ao contrário dos osteoblastos que são envolvidos pelo osteoide para formar osteócitos, o corpo celular do odontoblasto nunca está englobado pela matriz de colagénio que secreta sendo que os seus processos citoplasmáticos projetam-se para a matriz dentinária depositando proteínas específicas não colagénicas como glicoproteínas, proteoglicanos e fosfoproteínas que são responsáveis pela biomineralização da matriz. Os processos citoplasmáticos produzem túbulos dentinários que são característicos de dentina circumpulpar e radicular (Ricucci et al., 2014).

Durante a fase pós-mitótica, os odontoblastos alinham-se na superfície da matriz e começam a formar dentina primária. As células presentes na camada sub-odontoblástica, apesar de suportarem a dentinogênese não desempenham uma função direta na secreção de dentina primária. Após a dentinogênese primária é depositada ao longo da “vida” do dente dentina secundária a uma velocidade muito menor que a primeira, levando a uma redução de tamanho da câmara pulpar. Os odontoblastos pós-mitóticos responsáveis pela deposição da dentina primária mantêm-se no dente, se não forem sujeitos a agressão (Fuks, 2002).

Dentina primária corresponde à dentina tubular que é formada pela ativa secreção dos odontoblastos durante a formação da coroa. Dentina secundária apresenta-se como dentina fisiológica que é depositada continuamente após a formação da raiz (Ricucci et al., 2014).

Após a erupção dentária, a função secretora dos odontoblastos é modificada por autofagia, um processo que degrada alguns componentes intracelulares secretores para preservar a função e sobrevivência destes (Ricucci et al., 2014).

### **III. Resposta à Agressão Pulpar**

As polpas jovens apresentam uma grande capacidade reparadora face à lesão. Esta é sustentada pelo volume de perfusão considerável proveniente dos ápices incompletos dos dentes imaturos (Cohen and Hargreaves, 2011).

As polpas dos dentes decíduos e permanentes jovens têm maior risco para lesões de cáries e cavidades profundas e lesões traumáticas. Tal deve-se ao facto da dentina profunda ser mais porosa do que a dentina superficial e, nestes tipos de dentição, a dentina é mais delgada e porosa que na dentição definitiva correspondente (Cohen and Hargreaves, 2011).

Ao contrário do osso que se remodela continuamente ao longo da vida, a dentina não se corrige e uma vez perdida não pode ser reposta (Ricucci et al., 2014).

A dentinogénese terciária representa a manifestação da polpa em resposta à lesão causada por cárie ou por procedimentos operatórios (Ricucci et al., 2014).

Face às agressões pulpares, o complexo dentina-polpa responde através da deposição de dentina terciária, de forma a aumentar a distância entre o agente agressor e a polpa e reduzir a permeabilidade da dentina (Fuks, 2002).

Estes agentes agressores podem apresentar-se em forma de (Ricucci et al., 2014):

- Calor
- Stress
- Preparação cavitária
- Invasão de microrganismos
- Difusão intratubular de produtos derivados destes microrganismos

Vários estudos demonstram que a presença de bactérias e seus produtos são responsáveis pela indução de severas inflamações pulpares. O papel das bactérias na reação inflamatória foi demonstrado pela cura espontânea de exposições pulpares em animais livres de contaminações e por cavidades seladas superficialmente com cimento de óxido de zinco-eugenol para prevenir contaminações bacterianas. A capacidade de manter um selamento efetivo para proteger a polpa de microinfiltrações bacterianas é um fator decisivo para o sucesso clínico dos produtos restauradores (Fuks et al., 2012).

A natureza e qualidade da dentina terciária depende da sua estrutura tubular, influenciando a permeabilidade dentinária no local (Fuks, 2002).

Conceptualmente, dois tipos de dentina terciária podem ser produzidos mediante o tipo de agressão (Ricucci et al., 2014).

Quando o complexo sofre uma agressão leve, os odontoblastos podem sobreviver à agressão e ser estimulados a depositar dentina terciária abaixo do local da agressão. Estes mantêm a continuidade e a comunicação tubular com a matriz dentinária (Cohen and Hargreaves, 2011). A irritação da polpa pode ser resolvida após a remoção dos agentes agressores/estimulantes e um breve período de inflamação. Este processo leva à formação de dentina reacionária (Ricucci et al., 2014).

No caso de uma agressão grave, numa exposição pulpar por exemplo, os odontoblastos afetados podem morrer. Sendo estas células diferenciadas sem capacidade de renovação, a sua substituição deve ser proveniente de outra fonte. Havendo condições adequadas na polpa, pode haver secreção de dentina terciária reparadora, proveniente de células semelhantes aos odontoblastos, originárias da área de Höhl. Desta forma, deixa de haver continuidade na estrutura tubular visto que esta dentina reparadora é proveniente de outras células que não os odontoblastos originais. Este processo origina uma redução da permeabilidade do tecido (Cohen and Hargreaves, 2011).

A dentinogénese reparadora representa uma complexa sequência de processos biológicos. A migração e diferenciação de células pulpaes progenitoras ocorre criando uma nova geração de células semelhantes a odontoblastos, antes da secreção da matriz. Ocorre uma série de reações reparadoras no tecido conjuntivo pulpar, incluindo reações inflamatórias celulares e vasculares (Fuks, 2002).

Estudos demonstram que a polpa não inflamada proporciona um meio ambiente adequado onde as células pulpaes competentes (pré-odontoblastos potenciais) podem se diferenciar em novas células semelhantes a odontoblastos, originando a dentina reparadora (Cohen and Hargreaves, 2011).

A espessura de dentina remanescente é considerada como um fator importante na atividade pulpar inflamatória, modificando significativamente a resposta pulpar: quanto menor a espessura, menor a reação pulpar. Três diferentes situações podem ser levadas

em consideração, tendo em conta a espessura de dentina remanescente (Fuks et al., 2012):

- Lesões cáries iniciais ou preparo cavitário raso (espessura de dentina remanescente  $>500 \mu\text{m}$ ). É depositada dentina reacionária perto do local da restauração e ocorre mineralização intratubular, resultando numa significativa diminuição da permeabilidade dentinária e proteção pulpar. Esta estimulação pensa-se derivar de moléculas de sinalização (TGF- $\beta$ 1, BMP-2) resultantes da desmineralização da dentina.
- Lesões cáries progressivas implicando uma preparação profunda (espessura de dentina remanescente  $<500 \mu\text{m}$ ). Estas lesões podem levar à desintegração parcial dos odontoblastos. Dependendo do estado inflamatório pulpar, poderá haver migração e diferenciação de células para o local originando odontoblastóides que vão dar origem a dentina terciária reparadora)
- Durante o processo restaurador, preparos cavitários profundos com espessura de dentina remanescente entre 250 e 40  $\mu\text{m}$  levam a uma pobre atividade de dentina terciária reparadora. Isto deve-se a uma deficiente atividade secretora dos odontoblastos devido à agressão celular.

Em condições clínicas, a matriz formada no complexo polpa-dentina frequentemente compreende a formação de dentina reacionária, dentina reparadora e fibrodentina. É impossível distinguir estes processos clinicamente e muitas vezes a nível bioquímico e molecular (Fuks et al., 2012).

Apesar do tempo de vida útil dos dentes decíduos ser mais curto e da sua dentina ser mais fina quando comparada com dentes permanentes, o complexo dentino-pulpar responde à cárie de forma semelhante nas duas dentições com redução de odontoblastos e aumento do número de células inflamatórias. Estas encontram-se sobre lesões muito profundas e são muito menos numerosas em regiões mais distantes sendo quase ausentes na polpa apical. A dentição decídua está frequentemente associada a estímulos como trauma ou cárie com inflamação pulpar associada (Fuks et al., 2012).

A permeabilidade da dentina que resiste a difusão interior do ácido altera com a idade. Dentes recém erupcionados são mais permeáveis e menos mineralizados permitindo rápida difusão dos ácidos, o que os torna mais suscetíveis à progressão da cárie. As

reações do complexo dentina-polpa têm como objetivo a redução da permeabilidade da dentina (Ricketts, 2001).

Quando o processo cariioso atinge a dentina, há aposição de minerais nos túbulos dentinários formando-se desta forma dentina terciária. Quando este avança a uma velocidade maior do que a aposição de dentina terciária, os vasos sanguíneos da polpa dilatam-se e as células inflamatórias dispersas tornam-se evidentes, especialmente na área subjacente à dos túbulos dentinários envolvidos. Se a cárie continuar a progredir sem tratamento, teremos uma exposição da polpa. A polpa reage a esta agressão com células inflamatórias agudas, causando uma pulpíte aguda. À medida que o processo cariioso se desenvolve há maior exposição da polpa podendo evoluir para uma pulpíte crónica e em seguida para necrose. Consequentemente, com a maior exposição da polpa pode existir necrose parcial ou total (Cohen and Hargreaves, 2011).

Os fatores de ativação dos odontoblastos são um alvo de estudo por haver muita informação por descobrir ao nível do controlo molecular de células, em geral, e pela própria atividade dos odontoblastos. Apesar disto, uma família de fatores de crescimento, TGF- $\beta$ , mostra ter bastantes efeitos nas células mesenquimais de muitos tecidos conjuntivos. Durante o desenvolvimento dentário, os odontoblastos libertam TGF- $\beta$  e alguns deles permanecem na matriz dentinária. Estes podem ser libertados durante qualquer processo e levar à decomposição do tecido. Um exemplo destes processos é a cárie dentária. Assim, a matriz dentinária não deve ser considerada um tecido duro inerte mas um tecido rico em moléculas bioativas, especialmente fatores de crescimento, à espera de serem libertadas caso se mantenham apropriadas as condições do tecido (Fuks, 2002).

Estes fatores são libertados após a desmineralização da dentina induzida pela cárie e parecem estar envolvidos na proliferação e diferenciação das células pulpaes, fornecendo sinais quimiotáticos para sinalizar as células progenitoras pulpaes para o local da agressão e iniciar a reparação do tecido (Franzon et al., 2007).

Os fatores de crescimento são capazes de afetar as funções biológicas das células como ativação ou supressão da transcrição genética ou mudar a expressão do gene das células progenitoras (Ricucci et al., 2014).

A libertação destas biomoléculas pode ser causada por ácidos bacterianos, adesivos acídicos usados em dentisteria ou por dissoluções alcalinas originadas por hidróxido de cálcio ou cimentos à base de silicato de cálcio (Ricucci et al., 2014).

#### **IV. Diagnóstico pulpar**

O diagnóstico clínico e radiográfico desempenham um papel fundamental na decisão do tratamento apropriado e conseqüentemente no prognóstico. Determinar o estado histológico da polpa clinicamente é um processo difícil se não impossível daí que se torna fundamental obter diversas fontes de informação através da história médica, características da dor, exames clínicos e radiográficos (Fuks et al., 2012).

Uma boa história clínica, complementada por um cuidado exame clínico e radiográfico não pode ser desvalorizado quando se tenta atingir um diagnóstico preciso. No entanto, às vezes este não pode ser alcançado e o prognóstico do dente é afetado (Fuks et al., 2012).

De forma a caracterizar a dor e relacioná-la com a condição pulpar, o médico dentista deve ser capaz de distinguir entre dois tipos de dor (Cohen and Hargreaves, 2011):

- Dor provocada
- Dor espontânea

A dor provocada é estimulada pelo calor, frio, irritantes químicos ou mecânicos e é reduzida ou eliminada quando o estímulo nocivo é removido. Frequentemente este sinal indica sensibilidade dentinária devido a lesões cariosas profundas ou restaurações infiltradas. Na maior parte dos casos a polpa encontra-se num estado transitório e a sua condição é reversível (Cohen and Hargreaves, 2011).

A dor espontânea é latejante, constante podendo até manter o paciente acordado à noite. Este tipo de dor geralmente aponta para um dano pulpar avançado e a condição pulpar é irreversível. No entanto, devem ser conjugados testes clínicos com radiográficos para obter o diagnóstico final (Cohen and Hargreaves, 2011).

A história médica é também fundamental. Uma criança com uma doença sistémica pode necessitar de um tratamento alternativo em relação a uma criança saudável (Fuks et al., 2012).

Os exames intra e extra orais poderão ser igualmente auxiliares no diagnóstico da condição pulpar de um dente. Alguns sinais devem ser tidos em conta aquando destes exames podendo indicar patologia pulpar (Fuks et al., 2012):

- Rubor
- Edema
- Cáries extensas
- Presença de abcessos ou fístulas
- Restaurações fraturadas ou ausentes
- Fraturas marginais

Ao longo do exame intra e extra oral, alguns procedimentos são úteis na realização do diagnóstico, tais como (Fuks et al., 2012):

- Palpação
- Verificação de mobilidade dentária
- Verificação da sensibilidade à percussão

A fluidez sentida pela palpação de um edema mucobucal pode significar a presença de um abscesso dentoalveolar apical. Reabsorção óssea seguida de um abscesso dentoalveolar crónico pode também ser detetado pela palpação (Cohen and Hargreaves, 2011).

Comparar a mobilidade de um dente com o seu contralateral poderá ser também importante especialmente se uma diferença significativa for observada. No entanto, é importante existir uma correta interpretação e não confundir a mobilidade do dente durante o seu tempo normal de esfoliação como patológica (Cohen and Hargreaves, 2011).

A sensibilidade à percussão pode revelar um dente doloroso com uma inflamação que envolve o ligamento periodontal (periodontite apical aguda). A percussão deve ser feita

com bastante cuidado com a ponta do dedo e não com o cabo do espelho para prevenir a exposição da criança ao estímulo desconfortável desnecessário (Fuks et al., 2012).

Outros testes de vitalidade como frio, calor ou testes pulpares elétricos são de pouco valor porque raramente fornecem informação fidedigna em dentes decíduos. Falsos positivos podem ser obtidos por estimulação da gengiva e do ligamento periodontal. Além disso, o uso deste tipo de estimulação pode resultar na perda de confiança da criança causando mau comportamento (Fuks et al., 2012).

O diagnóstico pulpar em dentição decídua torna-se bastante difícil devido às informações subjetivas e geralmente imprecisas dadas pela criança ou pais. Assim, o exame radiográfico e o exame clínico são fundamentais para determinar a condição pulpar e a escolha de tratamento adequado (Piva et al., 2004).

Seguido do exame clínico, deve ser obtida uma radiografia bitewing. Achados normais em dentes com patologia pulpar como radiolucências interradiculares podem ser melhor observados com radiografias bitewing. Se a área apical do dente não for bem visível deve ser obtida uma radiografia periapical. A integridade da lâmina dura do dente deve ser comparada com o seu adjacente ou o contralateral. Os exames radiográficos são importantes auxiliares em visualizar a presença ou ausência de vários fatores (Fuks et al., 2012):

- Lesões cariosas profundas com envolvimento pulpar possível ou provável;
- Restaurações profundas junto ao corno pulpar;
- Sucesso/insucesso em pulpotomia, pulpectomia e/ou recobrimentos pulpares;
- Alterações pulpares como calcificações;
- Reabsorção patológica da raiz que poderá ser interna (dentro do canal radicular) ou externa (afetando a raiz ou o osso envolvente). Reabsorção interna indica inflamação da polpa vital e reabsorção externa indica uma polpa não vital com extensa inflamação incluindo reabsorção do osso adjacente;
- Radiolucências periapicais e interradiculares do osso. Na dentição decídua qualquer radiolucidez associada com um dente não vital é normalmente localizada na zona de furca e não nos ápices. A radiografia bitewing é frequentemente um auxiliar de diagnóstico útil, particularmente nos molares

maxilares onde os pré-molares em desenvolvimento tornam incompreensível a zona de furca numa radiografia periapical;

- Grau de formação radicular em dentes permanentes jovens.

É também importante conhecer fatores normais que podem complicar a interpretação das radiografias em crianças, que passam por (Cohen and Hargreaves, 2011):

- Espaços medulares mais amplos;
- Imposição dos gérmenes de dentes em desenvolvimento;
- Padrões normais de reabsorção dos dentes.

Nalguns casos, o diagnóstico final e, conseqüentemente, o plano de tratamento, só podem ser obtidos por avaliação direta do tecido pulpar. A qualidade (cor) e a quantidade de hemorragia da exposição direta da polpa devem ser avaliadas (Fuks et al., 2012).

## **V. Recobrimento Pulpar Indireto**

### **1. Definição**

O recobrimento pulpar indireto é um procedimento que pode ser realizado num dente com uma lesão cariosa profunda que se aproxime da polpa sem sinais nem sintomas de degeneração pulpar. A cárie que envolve a polpa é deixada de forma a evitar a exposição pulpar e é coberta com um material biocompatível (AAPD, 2014/15).

Este tratamento resulta na deposição de dentina terciária, aumentando a distância entre a dentina afetada e a polpa, e na deposição de dentina intratubular e peritubular, o que leva à redução da permeabilidade dentinária. De forma a prevenir a microinfiltração, é importante remover o tecido cariado completamente da junção amelo-dentinária e das paredes laterais de forma a conseguir uma interface selada entre o dente e o material restaurador (Fuks et al., 2012).

A deposição da matriz de dentina terciária após o recobrimento pulpar indireto pode ser observada radiograficamente. Acredita-se que o recobrimento pulpar indireto pode causar uma lesão leve e que os odontoblastos e as outras células pulpaes são estimuladas a produzir dentina terciária reacionária. Este fenómeno biológico faz com que o recobrimento pulpar indireto tenha mais tendência para o sucesso quando comparado com outras alternativas para tratamento pulpar como recobrimento pulpar direto ou pulpotomia (Franzon et al., 2007).

O objetivo principal do recobrimento pulpar indireto é manter a vitalidade pulpar, evitando a progressão da cárie, promovendo a esclerose dentinária (que reduz a sua permeabilidade), estimulando a formação de dentina terciária, remineralizando assim a dentina cariada (Fuks, 2002).

### **2. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Decídua**

Na dentição decídua, está indicado o recobrimento pulpar indireto num dente sem pulpíte ou com pulpíte reversível quando a camada mais profunda de dentina cariada não é removida de forma a evitar uma exposição pulpar. A polpa será avaliada clínica e radiograficamente como vital e capaz de se curar do estímulo cariado (AAPD, 2014/15).

Os objetivos deste tratamento na dentição decídua passam pelo selamento completo da cavidade, através do material restaurador, para não haver contacto entre a cavidade oral e a dentina. A vitalidade do dente deverá ser preservada e não deverão existir sinais ou sintomas como sensibilidade, dor ou edema no pós-operatório. Não deverão existir evidências radiográficas de reabsorção interna, patologia externa ou outras alterações patológicas. O dente sucessor não deverá sofrer danos (AAPD, 2014/15).

A dentição decídua apresenta características próprias que devem ser consideradas. Nesta dentição, o risco de exposição pulpar está aumentado, visto as menores dimensões de esmalte e dentina em relação ao dente permanente (Mosele et al., 2012).

### **3. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Definitiva**

Na dentição permanente jovem, o recobrimento pulpar indireto está indicado num dente diagnosticado com uma polpa normal sem sintomas de pulpite ou com uma pulpite reversível (AAPD, 2014/15).

Os objetivos na dentição permanente jovem envolvem o selamento completo da dentina, através da restauração intermédia e/ou final. A vitalidade do dente deverá ser mantida e não deverão existir sinais ou sintomas como sensibilidade, dor ou edema no pós-operatório. Não deverão existir evidências radiográficas de reabsorção interna, patologia externa ou alterações patológicas. O dente com raízes imaturas deverá mostrar continuidade no desenvolvimento radicular e a sua apexogénese (AAPD, 2014/15).

### **4. Contraindicações**

Fístulas, edema dos tecidos periodontais e mobilidade que não possam ser explicadas pelo processo de exfoliação contraindicam o recobrimento pulpar indireto. O diagnóstico radiográfico de radiolucências interradiculares ou periapicais e reabsorções radiculares internas e/ou externas que não sejam relacionadas com o processo de exfoliação também contraindicam este tipo de tratamento (Falster et al., 2002).

### **5. Protocolo**

O protocolo para o recobrimento pulpar indireto inclui as seguintes fases (Rodd et al., 2006):

- Anestesia local;
- Isolamento com dique de borracha;
- Remoção da cárie ao nível da junção amelodentinária;
- Remoção da dentina cariada profunda (usando escavador ou com broca em instrumento de baixa rotação) diretamente sobre a região pulpar cuidadosamente de forma a evitar a exposição pulpar;
- Colocação do material para recobrimento como ionómero de vidro, hidróxido de cálcio ou óxido de zinco e eugenol;
- Restauração definitiva de forma a obter um ótimo selamento coronal (idealmente, restauração adesiva ou coroa pré-fabricada).

## **6. Avaliação e Métodos de Remoção de Cárie**

Existe um grande dilema na avaliação clínica sobre a quantidade de cárie que deve ser deixada na parede pulpar ou axial. É aceite que o tecido cariado que deve permanecer no final da preparação da cavidade corresponda à quantidade que, se removida, resultaria na exposição pulpar (Fuks et al., 2012).

A remoção completa do tecido cariado das paredes laterais do preparo cavitário é um requerimento absoluto para a melhoria do selamento da interface restauradora do material com o dente e controlo adequado da microinfiltração (Falster et al., 2002).

Nenhum método determina exatamente quanto da cárie o médico dentista deve retirar. Esta avaliação é baseada no julgamento clínico (Rodd et al., 2006), que sugere remover dentina que é obviamente necrótica e amórfica e deixar dentina mais firme e ainda com a aparência de estar intacta. A camada superficial de dentina que tem de ser removida é chamada dentina infetada. Esta camada contém a maior parte dos microrganismos e respetivos produtos tóxicos que são também a origem da agressão pulpar. A camada de dentina infetada tem de ser removida para que haja a recuperação pulpar. A camada mais profunda ou de dentina descalcificada é denominada de dentina afetada. Esta pode não ser removida sem qualquer efeito adverso para a polpa (Al-Zayer et al., 2003).

A avaliação clínica do tecido cariado durante a sua remoção é importante pois o estado da dentina que não é removida pode ter impacto no sucesso do recobrimento pulpar indireto (Falster et al., 2002).

É difícil determinar se uma área está infetada por lesão cariada ou se é uma zona desmineralizada livre de bactérias. O melhor marcador clínico é a qualidade da dentina (Fuks et al., 2012):

- Dentina suave e mole deve ser removida
- Dentina dura e descolorada pode ser alvo de recobrimento pulpar

O uso de brocas esféricas, nr. 6 ou 8 (Fuks et al., 2012) de contra-ângulo (Mosele et al., 2012), pode fornecer melhores resultados do que os escavadores de dentina (Fuks et al., 2012)

Vários métodos para remoção da dentina cariada foram utilizados até hoje, destacando-se dois: “one-appointment caries excavation” e “two-stages excavation” ou “stepwise excavation technique” (Bjorndal, 2008, AAPD, 2014/15). A “one-appointment caries excavation” centra-se na remoção quase completa da dentina cariada, deixando apenas uma fina camada o mais próximo possível da polpa colocando um material para recobrir essa zona seguido da restauração do dente. Nesta técnica não é feita uma reentrada na cavidade de forma a remover algum resto de dentina afetada. O risco da remoção da cárie através desta técnica está na exposição pulpar ou numa pulpíte irreversível. A “two-stages excavation” ou “stepwise excavation technique” consiste na remoção da cárie em dois passos. No primeiro passo é removida a dentina cariada ao longo da junção amelodentinária e a maior parte da dentina afetada, deixando um aglomerado de cárie sobre a polpa. O objetivo é mudar o ambiente cariogénico de forma a diminuir o número de bactérias, selando o restante da cárie do biofilme da cavidade oral e abrandar ou parar o desenvolvimento da cárie. O segundo passo é remover a dentina cariada restante e colocar a restauração final (Bjorndal, 2008). Vários estudos mostram uma redução de 70-100% do número de colónias bacterianas na restante dentina cariada após a reentrada posterior ao recobrimento pulpar indireto (Al-Zayer et al., 2003). O intervalo entre os dois passos tem mudado com os estudos mais recentes (Bjorndal, 2008). Em 1997, Bjorndal examinou o efeito do hidróxido de cálcio na dentina cariada residual após 6 a 12 meses. Bjorndal avaliou a associação entre o estado microbiano e a alteração clínica da dentina, o qual mostrou não existir evidência de exposição pulpar e poucos microrganismos após a remoção da dentina cariada residual. Além disso, a consistência da dentina cariada residual alterou-se de mole (antes do tratamento) para média a dura (após a reentrada vários meses mais tarde) (Al-Zayer et al., 2003).

Literatura recente indica um intervalo de 6 a 8 meses entre os dois passos mas segundo as guidelines da American Academy of Pediatric Dentistry de 2014/15, um intervalo de 3 a 6 meses é suficiente para haver formação de dentina terciária e um diagnóstico pulpar definitivo (Bjorndal, 2008).

Existe um método químico-mecânico chamado de Carisolv<sup>®</sup> que consiste num gel composto por três aminoácidos e uma baixa concentração de hipoclorito e que é colocado na dentina cariada com instrumentos de mão especificamente desenhados. Neste método, a dentina cariada e a saudável são clinicamente separadas e apenas a dentina cariada é removida resultando numa preparação mais conservadora. Quando usamos uma broca frequentemente removemos tecido são. A principal desvantagem da técnica Carisolv<sup>®</sup> é o tempo necessário para completar o procedimento, sendo muito mais lento do que quando realizado com broca (Fuks et al., 2012).

## **7. Fatores e Taxas de Sucesso/Insucesso**

Alguns fatores têm sido associados ao insucesso deste tratamento. Um deles prende-se com a localização do dente na arcada. Os primeiros molares decíduos tratados com recobrimento pulpar indireto são mais suscetíveis ao insucesso que os segundos molares decíduos. Provavelmente, esta diferença estará relacionada com a anatomia das raízes, o tamanho e a restaurabilidade dos primeiros molares decíduos. O outro fator que se relaciona com o insucesso é o tipo de restauração usada após o recobrimento pulpar indireto. O uso de amálgama após o tratamento tem uma taxa de sucesso inferior ao uso de coroas metálicas pré-fabricadas. A seleção apropriada do material restaurador afeta significativamente o sucesso da terapia, visto que as infiltrações e/ou fraturas podem levar a que o dente perca a sua vitalidade (Al-Zayer et al., 2003).

É mais provável que o insucesso do recobrimento pulpar indireto se deva a um diagnóstico incorreto da condição pulpar (Casagrande et al., 2010).

O objetivo do recobrimento pulpar indireto é que poucas bactérias cariogénicas permaneçam nas camadas mais profundas da dentina e que após o selamento da cavidade estas sejam inativas. Estes factos vão contra o procedimento em dois passos, em que o dente é reaberto com o propósito de confirmar a formação de dentina reacionária. Este procedimento tem como principal risco a exposição pulpar e consequente agressão à polpa (Fuks et al., 2012).

Contrariamente ao que se acreditava no passado, o recobrimento pulpar indireto é aceitável como tratamento para dentição decídua com pulpite reversível desde que o seu diagnóstico seja baseado numa boa história e exame clínico, exames radiográficos e que o dente seja restaurado sem infiltrações (Fuks et al., 2012).

Em 2003, foi realizado um estudo para verificar o sucesso clínico do recobrimento pulpar indireto em dentes decíduos posteriores, e para comparar a influência do risco de cárie, habilidade do operador e o sucesso do material restaurador neste tipo de tratamento. A proporção de dentes que sobreviveram após a terapia foi de 95% (178 em 187 dentes) e verificou-se que, neste estudo, o risco de cárie, a habilidade do operador, bem como a idade e o género dos pacientes, não tiveram efeito significativo no sucesso do tratamento (Al-Zayer et al., 2003).

As taxas de sucesso do recobrimento pulpar indireto têm sido superiores a 90% para dentes decíduos. O seu uso é recomendado em pacientes cujo diagnóstico pré-operatório sugira não haver sinais de degeneração pulpar (Fuks et al., 2012).

Comparativamente com as outras alternativas para tratamento pulpar em molares decíduos com cáries profundas, o recobrimento pulpar indireto apresenta maiores taxas de sucesso. Com as descobertas biológicas e com o aumento de evidências de sucesso, o recobrimento pulpar indireto pode ser recomendado como o tratamento mais apropriado para dentes decíduos com cáries profundas e sem sintomatologia, com a colocação duma restauração resistente à infiltração (Fuks et al., 2012).

## **8. Materiais**

### **i. Perspetiva Histórica**

O recobrimento pulpar indireto apresenta-se como um tipo de terapia pulpar com mais de 200 anos. Em 1746, Fauchard apresentou um tipo de tratamento conservador para cáries dentárias profundas. Fauchard recomendou a conservação de algum aglomerado cariado argumentando que, se a cárie fosse completamente removida, a exposição pulpar iria ocorrer. Outros acreditavam que deixar algum resto de cárie era uma fonte de infeção e portanto, o tratamento era inaceitável. Em 1908, Black era contra o recobrimento pulpar afirmando que qualquer recobrimento apenas funcionava em crianças, cujos canais dentários eram ainda amplos. Black acreditava que era

injustificável deixar qualquer tipo de cárie no dente. A impossibilidade de obter uma completa esterilização da dentina cariada restante levou os investigadores a utilizar vários materiais que pretendiam esterilizar a dentina cariada residual. Alguns exemplos são o tricloreto de iodo, dicloreto de mercúrio, peróxido de hidrogénio, óleo de cravo e nitrato de prata. Devido à natureza corrosiva destes materiais e a sua capacidade de danificar a vitalidade e o tecido pulpar, o seu uso foi fortemente questionado e atualmente já não são utilizados (Al-Zayer et al., 2003).

Mais tarde, os materiais mais utilizados para realizar este tratamento eram o hidróxido de cálcio, óxido de zinco e eugenol e o ionómero de vidro (Fuks, 2002).

Hoje em dia utilizam-se vários materiais neste tipo de terapia pulpar como agregado trióxido mineral (MTA), cimento de Portland médico (PC), hidróxido de cálcio, ionómero de vidro modificado por resina, agentes adesivos dentinários e moléculas bioativas tais como proteínas derivadas da matriz de esmalte ou membros do grupo das proteínas morfogenéticas ósseas do qual é exemplo o fator de crescimento TGF- $\beta$  (Parisay et al., 2015). Óxido de zinco e eugenol e ionómero de vidro também podem ser utilizados sobre a restante dentina cariada de forma a estimular a reparação e cicatrização (AAPD, 2014/15). De acordo com as guidelines da American Academy of Pediatric Dentistry, se for utilizado hidróxido de cálcio como recobrimento pulpar indireto, devemos de colocar sobre este ionómero de vidro ou óxido de zinco e eugenol reforçado, para desta forma selar o dente (impedindo as microinfiltrações). Tal deve-se ao facto do hidróxido de cálcio possuir alta solubilidade, baixo selamento e pouca resistência a tensões compressivas. Além disso, o uso de ionómero de vidro ou óxido de zinco e eugenol reforçado, tem a vantagem de inibir a atividade das bactérias cariogénicas (AAPD, 2014/15).

## **ii. Hidróxido de Cálcio**

O hidróxido de cálcio apresenta ação desinfetante, bacteriostática e bactericida, é biocompatível e estimula a esclerose dentinária (Kiertsman et al., 2009).

A técnica tradicional utiliza o hidróxido de cálcio em recobrimento pulpar indireto sobre a dentina cariada para induzir a inativação da lesão e proteção da polpa (Mosele et al., 2012). Ao atuar diretamente sobre o tecido pulpar e promovendo a necrose superficial é criada uma “capa” que atua de forma semelhante à membrana basal existente entre os

ameloblastos e odontoblastos primários na fase de diferenciação aquando da criação do esmalte e dentina. Ao produzir a necrose superficial na polpa, o hidróxido de cálcio transforma-se em grânulos de carbonato de cálcio atuando como núcleos de calcificação distrófica imediatamente abaixo da zona de demarcação, a partir da qual as células odontoblastóides se diferenciam para formar a ponte de dentina. A nível molecular, a necrose de coagulação serve de suporte à fibronectina, tenascina e fatores de crescimento que regulam a diferenciação e adesão das células odontoblastóides. O aparecimento de uma barreira mineralizada pode ser observada 21 dias depois do tratamento, com alguns túbulos dentinários e uma interface com o tecido subjacente bastante semelhante a uma polpa intacta. As fibras de colagénio interodontoblásticas induzem e suportam a formação da estrutura inicial da barreira dentinária (Valencia, 2013).

Por estas razões, o hidróxido de cálcio é o material de eleição para recobrimento pulpar indireto em cavidades profundas ou muito profundas (Valencia, 2013).

### **iii. MTA**

Existem vários estudos histológicos que avaliam a interação entre os tecidos dentários e o hidróxido de cálcio e, mais recentemente, o MTA. A resposta do dente a ambos os materiais baseia-se num mecanismo comparável envolvendo a dissolução do hidróxido de cálcio e libertação de iões de cálcio e hidroxilos, aumentando o pH do ambiente bem acima dos 7,0. Como a dentina é um grande armazém de moléculas bioativas potenciais, tem sido especulado que a interação com um material com um pH alto como o hidróxido de cálcio ou o MTA, pode causar a libertação destas moléculas. Esta atividade é semelhante quando o dente é sujeito a cárie causando uma desmineralização da dentina e a libertação de moléculas bioativas (Fuks et al., 2012).

### **iv. Ionómero de Vidro**

Por outro lado, os cimentos de hidróxido de cálcio apresentam alta solubilidade e baixa resistência mecânica principalmente com o uso de ácido fosfórico e sistemas adesivos à base de acetona ou álcool. Além disso, estes cimentos não são materiais adesivos pelo que a contração de polimerização, ao colocar restaurações de resina composta, pode levar à desadaptação formando uma falha na interface com a dentina. Com o objetivo de melhorar as propriedades físico-mecânicas dos cimentos de hidróxido de cálcio foram

adicionadas fórmulas fotoativadas, porém necessitam de comprovação científica da sua efetividade (Valencia, 2013).

O cimento de ionómero de vidro (CIV) é um material restaurador com propriedades específicas que melhoraram a dentisteria. Os cimentos de ionómero de vidro foram apresentados em 1972 por Wilson e Kent, criando novas expectativas em relação aos materiais dentários. A evolução do material tem sido constante, respeitando sempre as suas características biológicas próprias. A troca iônica com a estrutura dentária que se obtém do ácido polialquenoico e a liberação de flúor para melhorar a remineralização é uma delas. Os cimentos de ionómero de vidro são cimentos polielectrolíticos com capacidade de adesão a diversos materiais como esmalte, dentina, cimento, aço inoxidável, estanho, platina ou ouro (Valencia, 2013).

Após a correta colocação e respetivo polimento do cimento, é aumentada a liberação de flúor durante um período de 12 a 18 semanas localizando-se na estrutura dentária (Valencia, 2013). O ionómero de vidro apresenta adesão química à estrutura dentária, possibilita bom selamento da cavidade e menor microinfiltração, o que lhe confere características antimicrobianas (Kiertsman et al., 2009). Também possui biocompatibilidade pulpar e periodontal aceitável bem como uma boa resposta do tecido gengival sobretudo em restaurações classe V. A resistência à compressão e tensão assim como ao desgaste e à erosão têm valores aceitáveis tendo em conta que a durabilidade do material pode ser influenciada pela má preparação do cimento, proteção inadequada da restauração e pelas constantes variações do meio oral. A sua principal característica físico-química é a adesão à estrutura dentária. A sua força de união é influenciada pelo material que se use como condicionador de superfície. Dentro das principais propriedades físico-químicas está o crítico equilíbrio hídrico dos ionómeros, que é o problema mais importante e menos conhecido deste grupo de cimentos. Durante a reação de polimerização inicial, a restauração final afeta negativamente o recobrimento pulpar indireto com ionómero de vidro devido à contaminação pela humidade e desidratação. Para prevenir este problema é necessária a utilização de um verniz resistente à água evitando a formação de mosaicos e fissuras por desidratação. Atualmente recomenda-se o uso de ácido poliacrílico a 10 ou 40% durante 20 a 10 segundos, respetivamente. Graças à união química do ionómero de vidro com a estrutura dentária subjacente, a microinfiltração marginal pode ser reduzida com a utilização da técnica sandwich (ionómero-compósito) em restaurações situadas abaixo

da união esmalte-cimento, obtendo resultados baixos de microinfiltração. Uma modificação inovadora na fórmula do ionómero de vidro, é a incorporação de vidro bioativo (BAG) cuja presença aumenta a capacidade de remineralização. Porém, a incorporação destes elementos ao ionómero de vidro ainda precisa de ser mais clara. Outra recente e valiosa informação sobre o poder de remineralização dos ionómeros de vidro é a verificação da associação dos íons estrôncio e flúor capacitando a formação de apatite, inclusive quando aplicado diretamente sobre a dentina cariada (Valencia, 2013).

O cimento ionómero de vidro convencional não possui resistência para suportar traumas mastigatórios, o que pode levar à fratura ou até mesmo perda do material restaurador (Mosele et al., 2012).

O cimento de ionómero de vidro modificado por resina mantém uma tolerância da polpa similar ao convencional mas confere mais durabilidade e resistência do que o convencional (Mosele et al., 2012).

Quando usamos o cimento de ionómero de vidro modificado por resina no preparo cavitário ou na polpa exposta, o seu pH inicial nas primeiras 24 horas é de aproximadamente 4,0-5,5. Após esta fase, o material desmineraliza a dentina adjacente, libertando íons e potencialmente as moléculas bioativas presentes na dentina. A resposta pulpar ao ionómero de vidro é especialmente favorável neste tipo de tratamento tendo sido demonstrado que este cria condições que levam à remineralização e que funciona particularmente bem quando uma camada de dentina está entre o material e a polpa (Fuks et al., 2012).

Por serem naturalmente bactericidas e menos agressivos biologicamente, os cimentos de ionómero de vidro constituem uma importante opção para o recobrimento pulpar indireto (Valencia, 2013).

#### **v. Agentes Adesivos Dentinários**

Um dos aspetos que mais se desenvolveu em medicina dentária nos últimos anos foi a adesão dos materiais às estruturas dentárias. O aparecimento da adesão dentária provocou uma mudança enorme do ponto de vista conservador em vários tratamentos. Os métodos tradicionais de retenção foram substituídos por procedimentos adesivos que conservam e preservam a estrutura dentária. Apesar da complexidade de fenómenos que

envolvem o processo de hibridação da dentina, não existiu antes dos adesivos nenhum material que interagisse tão intimamente com os substratos dentinários. Porém, o sucesso com a hibridização levou ao uso indiscriminado dos sistemas adesivos (Valencia, 2013).

O acondicionamento ácido na dentina foi introduzido por Fusayama e colaboradores em 1979 e posteriormente, em 1982, Nakabayashi demonstrou a infiltração de monómeros de resina na interface do adesivo. Em 1997, Pashley e Carvalho afirmaram que o acondicionamento ácido clássico provoca alguns efeitos na dentina (Valencia, 2013):

- Remove a smearlayer;
- Elimina o conteúdo mineral da dentina intertubular na profundidade de 2-7  $\mu\text{m}$ ;
- Expõe um quadro com microporos de fibras de colagénio.

Os agentes adesivos apresentam adesão diretamente proporcional à resistência e durabilidade das restaurações, independentemente da quantidade de dentina afetada sobre a parede pulpar (Mosele et al., 2012).

A aplicação de adesivos dentinários em esmalte e dentina não levam a patologias pulpares irreversíveis se a espessura dentinária remanescente for de, pelo menos, 0,5 mm e se não existir exposição pulpar. Além disso, o uso de adesivos com pH ácido levam a uma diminuição significativa de contaminação bacteriana da estrutura dentária remanescente (Falster et al., 2002).

Por apresentar menor quantidade de minerais peri e intertubulares, a força de adesão do sistema adesivo e resina composta sobre a dentina desmineralizada, não apresenta valores altos (Kiertsman et al., 2009).

Com o conceito de camada híbrida, foi lançada a hipótese de que os sistemas adesivos atuam como agentes de proteção. Porém depois do acondicionamento ácido, a permeabilidade da dentina aumenta devido à remoção da smearlayer e resíduos (smearplugs), assim como a desmineralização da dentina peritubular originando o aumento do diâmetro dos túbulos dentinários. A presença da humidade pode prejudicar a qualidade da camada híbrida devido à interação entre a pressão do fluido dentinário, assim como a capacidade de difusão do sistema adesivo em toda a extensão da dentina desmineralizada. Em consequência, permanece uma camada de fibras de colagénio sem

proteção pelo adesivo. Por outro lado o aumento de permeabilidade rápido e imediato da dentina acondicionada pode também causar a aspiração dos núcleos dos odontoblastos, ocorrer a lise destes e a desorganização da camada. A presença de fluído pulpo-dentinário leva à incompleta polimerização do primer resultando no selamento imperfeito da cavidade. Além disso, porções não polimerizadas de sistemas adesivos podem deslocar-se até ao limite da periferia pulpar, afetando a integridade do tecido principalmente em cavidades muito profundas. Quando aplicados como agentes recobridores indiretos da polpa, os monómeros resinosos são considerados citotóxicos (Valencia, 2013).

Hebling e a sua equipa, seguindo essa linha de investigação, observaram uma resposta inflamatória muito mais evidente quando o sistema adesivo foi aplicado em cavidades profundas em comparação com o uso do cimento de hidróxido de cálcio, observando que a intensidade da reação aumentava à medida que o remanescente dentário se tornava mais fino, provando que a resposta inflamatória depende da quantidade da estrutura dentária remanescente (Valencia, 2013).

Segundo Bargenholtz, o potencial de toxicidade dos materiais restauradores não será responsável pelo dano pulpar mas sim a presença de microrganismos e o efeito das suas toxinas. Com base neste raciocínio, discutiu-se a possibilidade de que os materiais resinosos, naturalmente citotóxicos, não pudessem ser usados como agentes protetores do complexo dentino-pulpar. Outros estudos comprovaram que a citotoxicidade dos sistemas adesivos é suficiente para causar alterações irreversíveis na polpa. Da mesma forma, os sistemas adesivos autocondicionantes, que teoricamente não necessitam da remoção da smearlayer, podem provocar respostas inflamatórias no tecido pulpar de moderadas a severas (Valencia, 2013).

Os agentes adesivos dentinários têm sido recomendados para uso em recobrimento direto e indireto. No entanto, existem algumas dúvidas no recobrimento pulpar indireto. Foi descoberta uma significativa perda de força de ligação à dentina cariada quando comparada com dentina sã. Este facto questiona a integridade da ligação e consequente capacidade para impedir a invasão bacteriana do substrato cariado (Fuks et al., 2012). Desta forma, em cavidades profundas ou com exposição pulpar, a técnica adesiva deve ser usada subsequentemente à aplicação de materiais mais biocompatíveis (Valencia, 2013).

## **vi. Outros Materiais**

Novas estratégias utilizando moléculas bioativas, como proteínas da matriz de esmalte ou TGF- $\beta$ , têm sido experimentadas para tentar estimular a formação de dentina terciária e diminuir a permeabilidade dentinária. No entanto, estas ainda não têm uso clínico (Fuks et al., 2012).

## **VI. Recobrimento Pulpar Direto**

### **1. Definição**

O recobrimento pulpar direto é uma técnica que se pode utilizar quando, durante um procedimento invasivo, ocorre uma exposição de polpa saudável (Fuks, 2008). Neste procedimento, um fármaco é colocado diretamente sobre a polpa dentária, com o objetivo de manter a vitalidade e a saúde pulpar (Hilton et al., 2013).

Esta técnica consiste em tapar exposições pulpaes superficiais, de forma a isolar a polpa do exterior e conservar as suas condições de saúde, com um material que favoreça a formação de pontes dentinárias (Silva et al., 2010).

O recobrimento pulpar direto envolve a aplicação de um material dentário que sele as comunicações entre a polpa exposta e a cavidade oral (exposições pulpaes mecânicas e cariosas) de forma a atuar como uma barreira, proteger o complexo pulpar e preservar a sua vitalidade (Poggio et al., 2014).

O princípio do recobrimento pulpar direto é a estimulação da formação de dentina terciária reparadora por parte da polpa no local da exposição (Tuna and Olmez, 2008).

Apesar de comparativamente ser um tipo de tratamento mais limitado nos dentes decíduos do que na dentição definitiva, o recobrimento pulpar direto é um tipo de terapia menos invasiva do que pulpotomia, pulpectomia (Ghajari et al., 2010) ou extração (Hilton et al., 2013).

Segundo a American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD) (2014/15), quando é feita uma pequena exposição mecânica da polpa durante o preparo cavitário ou no tratamento de uma lesão traumática, é aplicada uma base radiopaca e biocompatível como o MTA ou o hidróxido de cálcio, em contacto com a polpa exposta. O dente é depois restaurado com um material que o sela evitando assim que ocorram microinfiltrações.

O recobrimento pulpar direto é um tipo de terapia pulpar mais comum para dentes permanentes do que dentes decíduos. Apesar de ser um protocolo aceite para tratamento

em dentes permanentes imaturos, em dentição decídua é atualmente controverso (Ghajari et al., 2013).

## **2. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Decídua**

De acordo com as guidelines da American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD), o recobrimento direto da polpa de dentes decíduos está indicado quando ocorrer uma pequena exposição mecânica ou exposição traumática de polpa saudável, quando as condições para uma resposta favorável são ótimas (AAPD, 2014/15).

Os objetivos deste tipo de tratamento pulpar, na dentição decídua, passam pela preservação da vitalidade do dente; não devem de existir sinais nem sintomas como sensibilidade, dor ou edema; deverá ocorrer recuperação pulpar e a formação de dentina terciária. Na dentição decídua não deverão existir sinais radiográficos de reabsorção interna contínua da raiz, patologia externa nem radiolucidez na zona de furca ou em apical. O dente permanente que substituirá o decíduo não deverá sofrer nenhum tipo de dano (AAPD, 2014/15).

## **3. Indicações e Objetivos do Tratamento em Dentição Definitiva**

Para dentes definitivos imaturos, este método está indicado quando o dente apresenta uma polpa normal e a exposição é originada por uma ação mecânica ou por uma pequena cárie (AAPD, 2014/15).

Os objetivos na dentição permanente imatura são: manter a vitalidade pulpar, não deverão existir sinais ou sintomas de dor, sensibilidade ou edema no pós-operatório, a “cura” pulpar e formação de dentina terciária deverá ocorrer e não devem existir sinais radiográficos de reabsorção interna nem externa da raiz, radiolucidez periapical, calcificação anormal ou alterações patológicas. As raízes imaturas do dente devem continuar o seu desenvolvimento e apexogénese (AAPD, 2014/15).

## **4. Contraindicações**

O aspeto macroscópico da polpa exposta não deve apresenta sinais de inflamação sendo que na presença destes a técnica está contraindicada. A ausência ou o excesso de sangramento, sangue muito claro ou com aspeto liquefeito, que caracterizam a degeneração pulpar, também inviabilizam a técnica (Piva et al., 2004).

Na dentição decídua, este procedimento não é recomendado quando a exposição pulpar é proveniente de cárie (AAPD, 2014/15).

## **5. Protocolo**

Segundo a UK National Clinical Guidelines of Pediatric Dentistry, o protocolo para execução do recobrimento pulpar direto divide-se nas seguintes etapas (Rodd et al., 2006):

- Anestesia local;
- Isolamento com dique de borracha;
- Aplicação de bola de algodão embebida em água/solução salina para parar alguma eventual hemorragia pulpar;
- Aplicação do material para recobrimento pulpar direto como pasta de hidróxido de cálcio ou MTA;
- Restauração definitiva de forma a obter um ótimo isolamento coronal (idealmente, restauração adesiva ou coroa pré-formada).

## **6. Fatores e Taxas de Sucesso/Insucesso**

Em 1985, Cox et al., concluíram que a infiltração bacteriana após a restauração final no uso de uma técnica de recobrimento pulpar é mais prejudicial para o sucesso do que a contaminação bacteriana no final do tratamento. Este facto mostra a necessidade de um bom selamento por parte da restauração final no fim do recobrimento (Tuna and Olmez, 2008).

Em 1992, Kopel num trabalho de revisão de literatura concluiu que a seleção de casos utilizando critérios rígidos aumentava significativamente as taxas de sucesso desta terapia. Em 1995, Schroderet el., afirmaram que quando são respeitados os critérios, a técnica apresenta resultados favoráveis em 80% dos casos. Quanto à exposição pulpar foi observado que grandes exposições estão sujeitas ao fracasso. A polpa exposta por cárie está acompanhada por inflamação cujo grau está diretamente relacionado com o tamanho da exposição. Exposições pequenas causadas durante a remoção do tecido cariado poderão atingir uma taxa de sucesso semelhante ao recobrimento pulpar indireto (Piva et al., 2004). Apesar disto, a literatura não define exatamente exposição pulpar

sendo que poderá tratar-se de um grande volume hemorrágico ou um pequeno ponto vermelho junto a um corno pulpar (Kotsanos et al., 2014).

Em 2009, Garrocho-Rangel et al. fizeram algumas recomendações no sentido de melhorar o prognóstico em recobrimento pulpar direto usado em molares decíduos (Garrocho-Rangel et al., 2009):

- Seleção apropriada de casos com diagnósticos clínicos e radiográficos precisos;
- Procedimentos operatórios sob condições absolutamente assépticas;
- Tamanho de exposição adequado;
- Desinfecção da área exposta com clorexidina e soluções salinas;
- Controlo da microinfiltração com a colocação de adesivos dentinários, ionómero de vidro ou coroa metálica pré-formada.

Fatores como a escolha do material e a habilidade do médico dentista podem influenciar o sucesso do tratamento (Kotsanos et al., 2014). A remoção da irritação, o controlo da infeção e da contaminação no local da exposição, são também aspetos importantes no resultado terapêutico (Bal et al., 2011).

A escolha do material para realizar a técnica de recobrimento pulpar assume bastante relevância dentro dos fatores que afetam o bom prognóstico (Fidalgo et al., 2009).

Alguns autores como Glass e Zander afirmam que a formação de pontes dentinárias é um requisito obrigatório para que haja uma resposta favorável à terapia pulpar conservadora. No entanto, este assunto é algo controverso. Na prática clínica, não é possível determinar se a ponte dentinária se formou sem remover a restauração e visualizar o local da antiga exposição. Esta abordagem é desnecessariamente invasiva, especialmente em crianças. Além disso, o conhecimento da formação de ponte dentinária ou não, não muda a decisão do médico dentista em relação à terapia a usar no dente sendo que é improvável que seja realizado algum tratamento mais radical como extração ou pulpectomia se a ponte não existir nem existirem outros sinais ou sintomas. No estudo realizado por Caicedo et al., mostraram que a presença de ponte dentinária não pode ser determinada radiograficamente. Neste estudo, nenhum dos dentes mostrou sinais radiográficos da presença de pontes dentinárias mas histologicamente foram observadas em 13 dentes. Este estudo também demonstrou que o sucesso clínico, isto é,

a manutenção do dente, pode ser alcançado sem a formação da dentina. Os casos presentes neste estudo sugerem que as pontes dentinárias se formam como resultado da irritação e/ou inflamação pulpar ou alternativamente devido ao estímulo do material colocado na polpa exposta (Caicedo et al., 2006). A presença de pontes dentinárias não indica necessariamente um tecido pulpar saudável nem o protege de microinfiltrações bacterianas, contudo pode ser um sinal de cicatrização ou de reação à irritação (Haghgoo et al., 2015).

O insucesso deste tratamento, para a dentição decídua, pode resultar em reabsorção interna ou abscessos agudos dento-alveolares. Acredita-se que o elevado conteúdo celular do tecido pulpar primário seja responsável pelo insucesso do recobrimento pulpar direto nos dentes decíduos. Também se pensa que as células mesenquimais indiferenciadas possam diferenciar-se em odontoclastos, levando à reabsorção interna que se apresenta como o principal sinal de insucesso (Fuks et al., 2012). Existe também a tendência para ocorrer calcificação pulpar e necrose e lesão dos tecidos envolventes (Ghajari et al., 2010).

As taxas de sucesso do recobrimento pulpar direto não são particularmente altas, em dentes decíduos (Fuks et al., 2012) tendo, assim, aplicações limitadas nesta dentição (Tuna and Olmez, 2008).

O recobrimento pulpar direto tem tido menores taxas de sucesso quando comparado com a pulpotomia, apesar da capacidade de cicatrização da polpa dos dentes decíduos sem o uso de terapias pulpares mais radicais (Fidalgo et al., 2009).

Apesar da American Academy of Pediatric Dentistry não recomendar o recobrimento pulpar direto em dentes decíduos com exposição pulpar por cárie, vários estudos têm demonstrado resultados prometedores (mais de 90% de sucesso) o que poderá trazer uma mudança da política num futuro próximo. Agregado de trióxido mineral (MTA), agentes adesivos e proteínas derivadas do esmalte com ou sem utilização prévia de solução salina ou antibacteriana (como hipoclorito de sódio ou clorexidina) na polpa exposta foram comparados com o hidróxido de cálcio como materiais para recobrimento pulpar direto. Foram utilizados critérios muito específicos para todos os dentes testados: ausência de sinais e sintomas clínicos ou radiográficos como edema, mobilidade anormal, presença de fístula, dor espontânea, sensibilidade à percussão e envolvimento

da furca, bem como todas as exposições estavam limitadas a 1mm ou menos. As taxas de sucesso mais altas foram apenas obtidas quando o ácido fosfórico e os condicionadores “não-rinse” não entraram em contacto direto com a polpa (Fuks et al., 2012).

Hoje em dia, o recobrimento pulpar direto deve ser considerado, com algumas reservas, nos dentes decíduos. Apesar disso, este tipo de terapia pulpar pode ser recomendada para polpas expostas em crianças mais velhas, um a dois anos antes do tempo de exfoliação normal do dente. O insucesso de tratamento nestas crianças não implicaria o uso de um mantenedor de espaço após a extração como aconteceria em crianças mais jovens (Fuks et al., 2012).

A introdução de novos biomateriais tem mudado a ideia de que o recobrimento pulpar direto em polpas expostas por cárie em dentição decídua não deva ser recomendado (Ghajari et al., 2013).

## **7. Controlo hemorrágico e Desinfecção do Local da Exposição**

Vários investigadores concluíram que a desinfecção do local da exposição pulpar e a remoção do coágulo antes do recobrimento pulpar direto tem efeito benéfico na cicatrização pulpar. Soluções salinas são agentes tradicionais usados no controlo hemorrágico em terapias pulpres apesar de terem efeitos limitados na cicatrização. Num estudo realizado por Garcia-Godoy e Murray foi demonstrado que o tratamento hemostático tem pouco efeito sistémico na fisiologia e cicatrização pulpar. O estudo mostrou também que o tratamento pulpar local com vários agentes hemostáticos não altera a pressão sanguínea nem o batimento cardíaco durante a aplicação local. O controlo da hemorragia pulpar em recobrimento pulpar direto com hidróxido de cálcio é um passo importante que afeta o processo de cicatrização. A prática tradicional usada em terapias pulpres diretas é a aplicação de pressão no local com uma bola de algodão estéril e seca durante 3 a 5 minutos. Com o tempo, a prática mudou e a hemorragia era controlada com bola de algodão embebida numa solução salina estéril. Hoje são discutidas alternativas a estas ideias com o uso de agentes antissépticos com funções hemostáticas e reações pulpres conhecidas para aumentar o sucesso em terapias vitais com hidróxido de cálcio. Um dos agentes mais conhecidos, que é biocompatível com tecidos pulpres expostos, é o hipoclorito de sódio. Quando usado em exposições

pulpaes, o hipoclorito atua como hemostático bem como bacteriostático e/ou bactericida (Bal et al., 2011). O hipoclorito de sódio é a solução ideal para a hemóstase, pois ao mesmo tempo controla a hemorragia e desinfeta a cavidade (Valencia, 2013). Pameijer e Stanley afirmaram que clorexidina a 2% é um agente hemostático eficiente e recomendam-no como agente desinfetante na exposição pulpar. Em 2011, Bal et al., estudaram os efeitos de um novo possível agente antisséptico chamado OCT que foi desenvolvido como agente anti-placa para colutórios. Devido às suas características antimicrobianas e baixa citotoxicidade tem sido sugerido como irrigante endodôntico. O OCT mostrou ser um agente aceitável e alternativo ao hipoclorito e clorexidina para uso em futuras abordagens terapêuticas no recobrimento pulpar direto com hidróxido de cálcio (Bal et al., 2011).

## **8. Materiais**

### **i. Perspetiva histórica**

Vários materiais têm sido propostos para utilização no recobrimento pulpar direto incluindo hidróxido de cálcio, óxido de zinco eugenol, formocresol, policarboxilato, resinas adesivas, proteínas derivadas da matriz de esmalte fosfato beta-tricálcico, cloreto de sódio e agregado trióxido mineral (MTA) (Ghajari et al., 2013).

### **ii. Hidróxido de Cálcio**

O hidróxido de cálcio foi introduzido em 1930 por Herman como agente para recobrimentos pulpaes (Ghajari et al., 2010). A sua aplicação no local da exposição resulta na libertação de iões hidroxilo com ação antibacteriana seguida da lise e da necrose de coagulação. A utilização do hidróxido de cálcio induz apoptose, que consiste num mecanismo de morte celular programada na polpa subjacente, de maneira a que a apoptose e a resposta pro-inflamatória incutida pela necrose estejam em equilíbrio sendo um fator importante no prognóstico (Bal et al., 2011). O seu efeito antibacteriano é uma propriedade bastante desejável como material para este tipo de terapia pulpar (Ghajari et al., 2010). A sua ação é importante na proteção da polpa aos estímulos térmicos, mecânicos e microbiológicos e na estimulação da formação de dentina reparadora. Na prática clínica, a presença de uma barreira de tecido duro depois do recobrimento pode ser uma mais-valia no sentido em que fornece uma proteção natural contra a infiltração de bactérias e produtos químicos (Poggio et al., 2014). Esta barreira

é conseguida pela estimulação da enzima fosfatase alcalina que atua libertando fosfato inorgânico que pode estar relacionado com os processos de mineralização. Além disso esta enzima pode separar os ésteres fosfóricos através da libertação de iões fosfato que reagem com os iões cálcio provenientes da corrente sanguínea, para formar um precipitado de fosfato de cálcio que serve de matriz orgânica. Este precipitado é a unidade molecular da hidroxiapatite que vai formar a reparação calcificada da exposição (Prieto and Pérez, 2001). Vários estudos demonstraram resultados positivos na sua utilização em dentição decídua. No entanto, a lenta estimulação e a sua reabsorção levam à microinfiltração bem como a ocorrência de defeitos em forma de túnel induzindo reabsorções internas e, conseqüentemente, perda do dente (Ghajari et al., 2010). A fraca capacidade de ligação à dentina, a alta solubilidade e a instabilidade mecânica são também fatores inconvenientes do uso deste material. A formação de dentina reparadora poderá não ser devido à sua capacidade bioindutora mas devido a um mecanismo de defesa da polpa em reação à natureza irritante do hidróxido de cálcio. O alto pH deste material (12,5) induz citotoxicidade causando necrose de coagulação na superfície do tecido pulpar com a formação de uma camada necrótica na interface material/polpa (Poggio et al., 2014). Além disso, o hidróxido de cálcio dissolve-se ao longo do tempo, permitindo a microinfiltração e conseqüentemente ocorre inflamação pulpar e necrose no período de 1 a 2 anos (Haghgoo et al., 2015). Por outro lado, devido ao edema provocado pelo trauma da exposição, a sua aplicação diretamente sobre o tecido pulpar exposto pode estar dificultada. A pressão do exsudado pulpar pode causar a deslocação do material, prejudicando o selamento cavitário tendo como possíveis conseqüências a inflamação crónica ou a formação de uma barreira defeituosa (Valencia, 2013).

No recobrimento pulpar direto também se usa o hidróxido de cálcio pro análise (PA) em pó ou pasta, que é potencialmente mais ativo do que os cimentos de hidróxido de cálcio por não ter reação de polimerização e, ao mesmo tempo, ter um pH mais elevado. No entanto, o hidróxido de cálcio PA cria um tecido necrótico espesso, reduzindo o volume do tecido pulpar que, somado ao volume ocupado pela barreira mineralizada, pode resultar na perda significativa de tecido biológico ativo (Valencia, 2013). Este material tem mostrado resultados clínicos e histológicos piores quando comparado com outros materiais. No entanto, um estudo recente revelou que o recobrimento pulpar direto realizado com hidróxido de cálcio ou MTA tem resultados similares (Ghajari et al.,

2013). Por estas razões o hidróxido de cálcio não será o material de eleição em recobrimento pulpar direto quer em dentição decídua quer em permanente (Kotsanos et al., 2014). A aplicação de óxido de zinco eugenol, que tem capacidade de fornecer um bom selamento bacteriano, pode compensar a dissolução do hidróxido de cálcio (Tuna and Olmez, 2008).

### **iii. MTA**

O agregado trióxido mineral (MTA) foi desenvolvido e relatado por Lee, Torabinejad e associados em 1993. Em 1998 recebeu aprovação por parte da Federação de Drogas e Alimentos dos Estados Unidos da América (FDA) e desde então tem tido várias aplicações na medicina dentária tanto cirúrgicas como não cirúrgicas. A sua composição consta de partículas finas hidrofílicas que ganham consistência com a humidade. A hidratação do pó forma um gel coloidal que origina uma estrutura dura (Valencia, 2013). É composto por óxido de cálcio sob a forma de silicato tricálcico, tricálcico de alumínio, silicato dicálcico e óxido de bismuto para lhe conferir a radiopacidade (Hilton et al., 2013). Existem duas formas de MTA, branco e cinzento, sendo que o primeiro se distingue basicamente pela ausência de partículas de aço e pela diminuição da quantidade de alguns óxidos, como óxido de alumínio e de ferro (Valencia, 2013). O MTA branco é também mais estético e não contém alumino-férrico tetracálcico (Chen and Jorden, 2012). Derivado do cimento de Portland, o MTA quando comparado com outros materiais usados nos recobrimentos pulpres, tem mostrado biocompatibilidade e selamento superiores com menor citotoxicidade (Ghajari et al., 2013). Tem a capacidade de estimular a cicatrização da polpa e do periodonto (Ghajari et al., 2013) através das suas propriedades de atividade antimicrobiana relativa, resistência à compressão, baixa contração, ausência de potencial mutagénico e possibilidade de utilização em campo operatório húmido (Fidalgo et al., 2009). Apresenta como principais desvantagens o seu preço, a potencial perda de cor no dente (Ghajari et al., 2013), a difícil manipulação, o longo tempo de presa (Poggio et al., 2014) de aproximadamente 2 horas e 45 minutos e a alta solubilidade (Hilton et al., 2013). O MTA promove a proliferação/diferenciação das células pulpres e ação condutora nos tecidos calcificados com a capacidade para promover a formação de tecido duro ao nível do desenvolvimento das pontes dentinárias na polpa exposta. Estas alterações celulares são conseguidas pela capacidade deste material induzir a secreção de proteínas morfogénicas e fatores de crescimento como BMP-2 e TGF- $\beta$ 1 (Ghajari et al., 2010). O MTA promove um pH alcalino através

da libertação dos íons de cálcio, o que lhe confere capacidade anti-inflamatória. A base físico-química para as capacidades biológicas do MTA tem sido atribuída à formação de hidroxiapatite por meio da libertação dos íons de cálcio quando o material entra em contato com fluidos (Fidalgo et al., 2009). Vários estudos demonstram que o uso de MTA como recobridor pulpar em dentição decídua em exposições mecânicas forma pontes dentinárias mais espessas e menor inflamação quando comparado com o hidróxido de cálcio (Ghajari et al., 2010). Ao contrário do hidróxido de cálcio, o MTA fornece algum selamento à estrutura do dente parecendo ser uma característica importante que confere ao MTA superioridade em relação ao hidróxido de cálcio (Hilton et al., 2013).

#### **iv. Agentes Adesivos Dentinários**

Alguns investigadores defendem o uso de agentes adesivos dentinários para o recobrimento pulpar direto. O princípio do uso deste material prende-se com a promoção da cicatrização pulpar através de um selamento permanente e efetivo. Estudos em animais mostram boa compatibilidade entre polpas expostas mecanicamente e compósito fotopolimerizável quando as bactérias são excluídas. Por terem sido conseguidos bons resultados clínicos e radiográficos, com dentes decíduos cariados com exposição pulpar usando agentes adesivos dentinários e restaurações com resina composta, foi proposta uma revisão da técnica do recobrimento pulpar direto em dentes decíduos. Apesar disto, estudos demonstraram mais tarde que a técnica realizada com adesivos self-etch levavam a reações inflamatórias, atraso na cicatrização pulpar e falha na formação de pontes dentinárias em dentes humanos recobertos com estes agentes adesivos e que, para terapia pulpar vital, usar agentes acídicos e resinas adesivas parece ser contraindicado (Fuks et al., 2012).

#### **v. Ionómero de Vidro**

Estudos mostraram que o recobrimento pulpar direto com ionómero de vidro não é tão bem tolerado nem tão eficiente como o hidróxido de cálcio. Sugerem também que na ausência de microinfiltrações, o ambiente ácido criado pelo ionómero de vidro é mais desfavorável para a polpa do que o ambiente básico conseguido com o hidróxido de cálcio ou MTA (Fuks et al., 2012).

#### **vi. TGF- $\beta$ e BMP's**

A eficácia de TGF- $\beta$  e de proteínas morfogénicas do osso (BMP's) em induzir dentinogénese reparadora, em estudos *in vivo* como recobrimentos pulpaes, fornece uma boa base para o desenvolvimento de uma possível geração de biomateriais. Como a especificidade destes fatores de crescimento em induzir o processo reparador não é claro, serão precisos mais estudos para explicar a cinética do lançamento do fator de crescimento e a sequência de indução de dentinogénese reparadora pelos fatores de crescimento (Fuks et al., 2012). A possibilidade da existência de efeitos secundários não esperados e o seu custo também podem ser obstáculos na aplicação clínica (Aminabadi et al., 2013).

#### **vii. CEM**

O cimento enriquecido com cálcio (CEM) tem sido introduzido como um novo material endodôntico com composição química diferente do MTA (Ghajari et al., 2013). Na sua composição contém óxido de cálcio que durante o processo de hidratação forma hidróxido de cálcio que induz a formação de pontes dentinárias (Haghgoo et al., 2015). Demonstra boa biocompatibilidade, atividade antimicrobiana, boa capacidade de selamento e funciona rapidamente em meio aquoso (Ghajari et al., 2013). A boa biocompatibilidade do CEM pode ser devida à sua composição química. Tem ainda a capacidade de induzir a formação de cristais de hidroxiapatite e pontes dentinárias sendo estas mais espessas (menos de 0,25 mm) e com um padrão mais tubular na sua constituição. Acredita-se que o sulfato de cálcio e o silicato de cálcio presentes no CEM são os responsáveis pela maturação dos cristais que provém da sua expansão limitada seguida da contínua hidratação após a reação do material (Haghgoo et al., 2015). Foi mostrado num estudo com follow-up de 6 meses que CEM e MTA tinham resultados similares em recobrimentos pulpaes diretos em dentição decídua. Mais tarde, foi feito um novo estudo que indicou os mesmos resultados agora com um follow-up de 20 meses, demonstrando sucesso a nível clínico e radiográfico e apresentando-se como uma boa alternativa ao MTA, pelo facto de ser mais económico (Ghajari et al., 2013). A aplicação de CEM e MTA em recobrimento pulpar direto mostraram formação de pontes dentinárias mais uniformes e num período de tempo mais curto. Em relação ao hidróxido de cálcio, o CEM é superior pois forma pontes dentinárias mais espessas e a

presença de odontoblastóides abaixo das pontes formadas é confirmada (Haghgoo et al., 2015).

### **viii. Matriz Extracelular de Esmalte**

A matriz extracelular do esmalte desempenha um papel importante nas funções biológicas do desenvolvimento do dente e é usada com sucesso em dentisteria sob a forma de proteínas derivadas da matriz de esmalte (EMD). Este material é desenvolvido a partir de germens dentários de origem suína. Contém uma porção rica em amelogenina e ameloblastina e está disponível sob a forma de gel com alginatopropilenoglicol como seu transportador. A amelogenina e ameloblastina são proteínas estruturais na matriz de esmalte que desempenham um papel importante na formação do esmalte. A EMD é usada como iniciadora da cementogênese natural, para restaurar a funcionalidade do ligamento periodontal, cimento e osso alveolar, casos de reimplantação dentária, pulpotomias e como agente de recobrimento pulpar direto. A utilização deste material tem o potencial de induzir o processo regenerativo com a diferenciação dos odontoblastos e subsequente dentina e cicatrização pulpar, sem afetar o funcionamento da restante polpa num processo semelhante à odontogênese. Acredita-se que as proteínas derivadas da matriz de esmalte participam na sinalização recíproca ectomesenquimal que controla este processo através de um sinal de ciclo intracelular de adenosina monofosfato, seguido da secreção de fatores de crescimento autócrinos e aumento da proliferação e maturação das células secretoras da matriz. A expressão das integrinas presentes nos fibroblastos também parece ser induzida por este material, sendo que desempenham funções importantes no desenvolvimento e função das células mesenquimais. Além disto, a EMD participa na sinalização dos odontoblastos e células endoteliais da polpa, de forma a estes produzirem tecido duro que atua como barreira no local da exposição pulpar. Este biomaterial tem mostrado ser resistente clinicamente porque a amelogenina e a ameloblastina são reconhecidas como “auto-proteínas” pelo sistema imunitário e existem estudos com mais de 10 anos que não mostram a ocorrência de reações alérgicas nem imunológicas (Garrocho-Rangel et al., 2009).

### **ix. Biodentina®**

A biodentina® é um material à base de silicato de cálcio e acredita-se ser um material para usar como restaurador de dentina em casos com indicações endodônticas

semelhantes ao MTA. É derivada da bioengenharia e apresenta comportamento anti-inflamatório diferente dos clássicos materiais à base de silicato de cálcio (Poggio et al., 2014). A biodentina® (ou silicato tricálcico purificado) apresenta-se em pó e é composta por silicato tricálcico, carbonato de cálcio, dióxido de zircônio e líquido contendo cloreto de cálcio dihidratado. Os estudos clínicos realizados com o silicato tricálcico mostram que o cimento não é citotóxico e que é um material de uso seguro na clínica. Além disso, demonstra ser biocompatível sem causar dano nas células pulpares e tem a capacidade de estimular a formação de dentina reparadora. A formação de tecido duro tem sido descrita como consequência posterior a tratamentos pulpares realizados com este cimento. A sua difusão nos túbulos dentinários é de 10 a 20  $\mu\text{m}$ , o que faz com que haja retenção micromecânica com a dentina, conferindo-lhe propriedades autoadesivas. Atualmente, os cimentos dentários baseados em silicato de cálcio são conhecidos pela sua biocompatibilidade, além de serem indutores de tecidos mineralizados, mas têm fracas propriedades mecânicas e são difíceis de manipular. A principal melhoria foi orientada para desenvolver um material com propriedades superiores à dos existentes em relação ao tempo de presa, propriedades mecânicas e manipulação (Valencia, 2013). A tecnologia que suporta o processo de produção do biosilicato ativo (principal constituinte da Biodentina®) remove as impurezas metálicas que estão presentes nos outros cimentos. A reação envolve a hidratação de silicato tricálcico, a produção de um gel à base de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio que, em contato com íons de fósforo, criam um precipitado semelhante à hidroxiapatite. Assim, a libertação contínua de hidróxido de cálcio em solução e o contato com os tecidos formam hidroxiapatite. A interface dentina/biodentina® mostrou a criação de uma camada híbrida com uma maior presença de carbonato e a capacidade deste material induzir a diferenciação dos odontoblastos presentes nas células progenitoras da polpa e a formação de matriz mineralizada com características da dentina (Poggio et al., 2014). O estudo clínico realizado por Laurent e colaboradores, mostra que o uso de biodentina® como agente de recobrimento pulpar direto pode induzir o desenvolvimento de dentina reparadora (primeiro sinal de formação de barreira mineralizada), para que desta forma seja conservada a vitalidade pulpar. Os autores concluíram que o cimento é capaz de estimular a mineralização. É possível utilizar este material realizando o tratamento numa só consulta, quer em recobrimentos pulpares indiretos quer diretos. É importante esperar 12 a 15 minutos depois de realizar a mistura e então colocar a resina. Os preenchimentos com a biodentina® mostram a perda de

cimento nas margens cavo-superficiais após 3 meses. Este fato deve-se principalmente à má manipulação do material que leva à perda das suas propriedades. O cimento deve ser colocado na cavidade através de condensadores efetuando ligeira pressão. Pressão excessiva ao condensar pode alterar os cristais do cimento, diminuindo a dureza do material. Quando comparada com o hidróxido de cálcio, a biodentina® oferece mais benefícios contando com propriedades de dureza, baixa solubilidade e produz um forte selamento ultrapassando as desvantagens do hidróxido de cálcio como a falha de união da dentina e resina, solubilidade do cimento e microinfiltração. Este cimento é um excelente substituto de dentina, que mantém a vitalidade pulpar e estimula a formação de tecido duro seja com a formação de dentina terciária reacionária ou reparadora (Valencia, 2013).

#### **x. Silicato de Cálcio**

Com base no silicato de cálcio, criaram-se vários produtos com diferentes características físicas, químicas e mecânicas bem como diferentes aplicações clínicas. Uma nova forma de silicato de cálcio conhecida como silicato de cálcio modificado por resina (SCMR) oferece vantagens clínicas em relação a outros produtos similares. A sua composição consiste em 45% de partículas de silicato tricálcico (cimento de Portland tipo III), 10% de estrôncio que lhe confere radiopacidade, 5% de sílica pirogênica que lhe dá características hidrofílicas completando com um componente de resina. Neste componente encontram-se monómeros hidrofóbicos como dimetacrilato de uretano (UDMA), bisfenol A-Glycidil metacrilato (Bis-GMA), trietilenoglicoldimetacrilato (TEGDMA) e monómeros hidrofílicos como hidroxietil metacrilato (HEMA) e polielienglicol dimetacrilato (PEGDMA). Graças a estes componentes, o SCMR estimula a formação de pontes dentinárias e de hidroxiapatite. Esta formação é também facilitada por outra característica do SCMR que cria um pH alcalino entre 10 e 11 que, num período de 3 dias, começa a regressar a um pH neutro. Outra das suas vantagens clínicas é a sua radiopacidade e a capacidade de ser fotopolimerizável até uma espessura de 1,7 mm. Um dos problemas que mais se encontra nos materiais que contêm hidróxido de cálcio prende-se com a alta solubilidade. Diante deste problema, os criadores das novas gerações de produtos à base de silicatos de cálcio, tentam diminuir a solubilidade e melhorar a adesão aos tecidos dentários. Quando comparado com hidróxido de cálcio e MTA, o SCMR apresentou menor solubilidade (Valencia, 2013). A presença de um componente de resina faz pensar que pode apresentar citotoxicidade,

porém Hebling e o seu grupo compararam a citotoxicidade do SCMR com outros agentes recobridores, nomeadamente ionómero de vidro modificado e hidróxido de cálcio, e o SCMR apresentou menor citotoxicidade (Hebling et al., 1999). Noutro estudo comparativo realizado em animais em laboratório, realizaram-se exposições pulpaes em dentes sãos ou com inflamação e posteriormente dividiram-se em dois grupos realizando recobrimentos pulpaes, sendo o primeiro com SCMR e outro com hidróxido de cálcio fotopolimerizável modificado com resina. Os dentes sãos tratados com SCMR não apresentaram sintomatologia e 75% dos que tinham inflamação cicatrizaram de maneira correta enquanto os tratados com hidróxido de cálcio não mostraram reparação e/ou formação de ponte dentinária (Dickens et al., 2010). Apesar de estar indicado para recobrimentos pulpaes, serão precisos mais estudos que mostrem a sua efetividade a longo prazo. No entanto, os seus resultados até à data são animadores (Valencia, 2013).

## **Conclusão**

O objetivo desta revisão bibliográfica era perceber as terapias pulpares de recobrimento na sua definição, protocolos, objetivos, indicações e contraindicações, técnicas, perspectivas históricas e futuras.

A compreensão da biologia e um correto diagnóstico recorrendo aos vários meios auxiliares que existem são fundamentais na escolha do tratamento. Com a evolução do conhecimento biológico existiu uma evolução na escolha de tratamentos e no funcionamento dos mesmos, o que certamente continuará a evoluir com novas descobertas. Outros métodos de diagnóstico, bem como a melhoria dos existentes, serão também um fator de sucesso nos futuros tratamentos.

O recobrimento pulpar indireto em dentes decíduos apresenta já bastante sucesso em vários estudos. Este sucesso terapêutico pode ser ainda aumentado com a introdução de novos materiais que parecem ser potenciadores do prognóstico como por exemplo proteínas da matriz de esmalte ou TGF- $\beta$ .

O recobrimento pulpar direto em dentes decíduos, apesar da sua aplicação ainda não ser completamente recomendada, apresenta uma evolução muito grande e vários estudos que parecem ser prometedores quanto à sua utilização. Com as descobertas de novos biomateriais e estudos desenvolvidos recentemente, esta técnica pode apresentar mais sucesso que outras terapias mais invasivas ajudando a manter a vitalidade e função dentária.

Cada vez mais as terapias pulpares tendem aos procedimentos mais conservadores, sendo considerados mais desejáveis do que procedimentos mais invasivos. Espera-se que de futuro continue a aumentar o sucesso dos tratamentos conservadores e que gradualmente procedimentos invasivos sejam cada vez mais atrasados.

## Referências Bibliográficas

American Association of Pediatric Dentistry. (2014/15). Guideline on Pulp Therapy for Primary and Immature Permanent Teeth. *Clinical Guidelines*. 36, pp. 242-250.

Al-Zayer, M. A., *et alli*. (2003). Indirect pulp treatment of primary posterior teeth: a retrospective study. *Pediatric Dentistry*. 25, pp. 29-36.

Aminabadi, N. A., *et alli*. (2013). Simvastatin versus Calcium Hydroxide Direct Pulp Capping of Human Primary Molars: A Randomized Clinical Trial. *JODDD*. 7, pp. 8-14.

Bal, C., *et alli*. (2011). Effects of Antiseptics on Pulpal Healing under Calcium Hydroxide Pulp Capping: A Pilot Study. *European Journal of Dentistry*. 5, pp. 265-272.

Bjorndal, L. (2008). Indirect Pulp Therapy and Stepwise Excavation. *Pediatric Dentistry*. 30, pp. 225-229.

Bodem, O., *et alli*. (2004). Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate in a primary molar: a case report. *International Journal of Pediatric Dentistry*. 14, pp. 376-379.

Caicedo, R. *et alli*. (2006) Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomies of primary teeth. *Australian Dental Journal*. 51, pp. 297-305.

Casagrande, L. *et alli*. (2010). Indirect pulp treatment in primary teeth: 4-year results. *American Journal of Dentistry*. 23, pp. 34-38.

Chen, J. W., Jordan, M. (2012). Materials for primary tooth pulp treatment: the present and the future. *Endodontic Topics*. 23, pp. 41-49.

Cohen, S., Hargreaves, K. M. (2011). *Caminhos da Polpa*. Rio de Janeiro, Elsevier.

Delfino, C. S., *et alli*. (2010). Uso de novos materiais para o capeamento pulpar (hidroxiapatita – Hap e fosfato tricálcico –  $\beta$ -TCP). *Cerâmica*. 56, pp. 381-388.

Dickens, S. H., *et alli.* (2010). Preclinical effectiveness of a novel pulp capping material. *Journal of Endodontics*. 36, pp. 1222-1225.

Falster, C. A., *et alli.* (2002). Indirect pulp treatment: in vivo outcomes of an adhesive resin system vs calcium hydroxide for protection of the dentin-pulp complex. *Pediatric Dentistry*. 24, pp. 241-248.

Fidalgo, T. K. D. S., *et alli.* (2009). Proteção pulpar direta com agregado triócido mineral (MTA) em molar decíduo com agenesia do sucessor permanente. *Revista de Odontologia da UNESP*. 38, pp. 383-387.

Franzon, R., *et alli.* (2007). Clinical and radiographic evaluation of indirect pulp treatment in primary molars: 36 months follow-up. *American Journal of Dentistry*. 20, pp. 189-192.

Fuks, A. B. (2002). Current concepts in vital primary pulp therapy. *European Journal of Paediatric Dentistry*. 3, pp. 115-120.

Fuks, A. B. (2008). Vital Pulp Therapy with New Materials for Primary Teeth: New Directions and Treatment Perspectives. *Pediatric Dentistry*. 30, pp. 211-219.

Fuks, A. B., Guelmann, M., Kupietzky, A. (2012). Current developments in pulp therapy for primary teeth. *Endodontic Topics*. 23, pp. 50-72.

Garrocho-Rangel, A., *et alli.* (2009). Efficacy of EMD versus calcium hydroxide in direct pulp capping of primary molars: a randomized controlled clinical trial. *OOOOE*. 107, pp. 733-738.

Ghajari, M. F., *et alli.* (2010). Direct Pulp-Capping with Calcium Enriched Mixture in Primary Molar Teeth: A Randomized Clinical Trial. *Iranian Endodontic Journal*. 5, pp. 27-30.

Ghajari, M. F., *et alli.* (2013). Treatment Outcomes of Primary Molars Direct Pulp Capping after 20 Months: A Randomized Controlled Trial. *Iranian Endodontic Journal*. 8, pp. 149-152.

Haghgoo, R., *et alli.* (2015). Nano-Hydroxyapatite and Calcium-Enriched Mixture for Pulp Capping of Sound Primary Teeth: A Randomized Clinical Trial. *Iranian Endodontic Journal*. 10, pp. 107-111.

Hebling, J., Giro, E. M., Costa, C. A. (1999). Human pulp response after an adhesive system application in deep cavities. *Journal of Dentistry*. 27, pp. 557-564.

Hilton, T. J., Ferracane, J. L., Mancl, L. (2013). Comparison of CaOH with MTA for Direct Pulp Capping: A PBRN Randomized Clinical Trial. *JDR Clinical Research Supplement*. 92, pp. 16-22S.

Kiertsman, F., *et alli.* (2009). Tratamento pulpar indireto em molar decíduo com resina composta – importância do diagnóstico e acompanhamento de três anos. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*. 27, pp. 181-184.

Kotsanos, N., *et alli.* (2014). Direct Pulp Capping of Carious Primary Molars. A Specialty Practice Based Study. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 38, pp. 307-312.

Mosele, G. T. N., Imparato, J. C. P., Parizotto, S. P. C. O. L. (2012). Avaliação do capeamento pulpar indireto e tratamento expectante em molares decíduos. *Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas*. 66, pp. 214-219.

Parisay, I., Ghoddusi, J., Forghani, M. (2015). A Review on Vital Pulp Therapy in Primary Teeth. *Iranian Endodontic Journal*. 10, pp. 6-15.

Piva, F., *et alli.* (2004). Avaliação da utilização das técnicas de capeamento pulpar indireto e direto em dentes decíduos nas faculdades de odontologia do Brasil. *Revista da Faculdade de Odontologia Universidade de Passo Fundo*. 9, pp. 60-67.

Poggio, C., *et alli.* (2014). Biocompatibility of a new pulp capping cement. *Annali di Stomatologia*. 2, pp. 69-76.

Prieto, M. P., Pérez, G. G. (2001). Recubrimiento pulpar directo com hidróxido de cálcio en molares primários: Casos Clínicos. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria*. 4, pp. 1-6.

Ricketts, D. (2001). Management of the deep carious lesion and the vital pulp dentine complex. *British Dental Journal*. 191, pp. 606-610.

Ricucci, D., *et alli*. (2014). Is hard tissue formation in the dental pulp after the death of the primary odontoblasts a regenerative or a reparative process? *Journal of Dentistry*. 42, pp. 1156-1170.

Rodd, H. D., *et alli*. (2006). Pulp therapy for primary molars. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 16, pp. 15-23.

Silva, C. C., *et alli*. (2010). Agregado de Trióxido Mineral (MTA) – Aplicações em Odontopediatria. *Revista da Ordem dos Médicos Dentistas*. 7, pp. 14-22.

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

Valencia, J. D. J. C., Félix, J. E. C. (2013). Protocolo clínico actual para restauraciones profundas. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*. 70 pp. 263-275.