



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

APEXIFICAÇÃO EM DENTES IMATUROS – REVISÃO NARRATIVA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por: Fabio Raimondi Mathias

Viscu, 2020



CATOLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

APEXIFICAÇÃO EM DENTES IMATUROS – REVISÃO NARRATIVA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por: Fabio Raimondi Mathias

Orientador: Prof. Doutor Miguel Cardoso
Co-orientador: Prof. Doutora Rita Noites

Viseu, 2020

Epígrafe

“I have no idols. I have admiration for work, dedication and competence”.
(Ayrton Senna)

Dedicatória

Trilhar este caminho só foi possível com o apoio, energia e força de Deus, familiares e esposa, a quem dedico especialmente este projeto de vida. Mestrado é uma longa viagem, que inclui uma trajetória permeada por inúmeros desafios, tristezas, incertezas, alegrias e muitos percalços pelo caminho, mas assim vivendo, acreditando nas próximas e novas conquistas.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Católica Portuguesa pela oportunidade de vivenciar novas oportunidades. Especialmente ao meu Professor Doutor Miguel Cardoso, que sempre acreditou em mim, agradeço a orientação exemplar pautada por um elevado e rigoroso nível científico, um interesse permanente.

A Professora Maria Jose Correia, que sempre andou ao meu lado me apoiando e incentivando. Agradeço a querida Professora Doutora Rita Noites. E todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

RESUMO

A apexificação é a alternativa não cirúrgica para o tratamento de dentes com rizogénese incompleta, com necrose pulpar devida a lesões cárias ou traumatismos . Este procedimento tem suma importância nos casos onde a formação apical está incompleta , para viabilizar a obturação futura, e manter os tecidos perirradiculares saudáveis. Cabe destacar que a apexogénese é efetuada apenas em dentes com a polpa vital, o que permite o desenvolvimento fisiológico da raiz e a sua completa formação, enquanto que a apexificação trata de dentes permanentes jovens com ápice incompleto e polpa necrosada. O presente estudo demonstrou que existem diversos materiais que podem ser empregados na apexificação como o hidróxido de cálcio, o agregado trióxido mineral e o Biodentine sendo que os dois primeiros são os mais utilizados pelos médicos dentistas. O tratamento com hidróxido de cálcio mostra-se, mas requer tempo, entre 9 e 24 meses, dependendo do estadio de desenvolvimento radicular, com trocas constantes do medicamento intracanal. Já o MTA é um material mais recente e que requer um tempo menor de tratamento. Ambas as técnicas apresentam uma execução simples, mas têm como desvantagem a não continuação da formação da raiz, pelo que, apesar do encerramento apical da raiz, a mesma permanece frágil e sujeita a fraturas. Atualmente, como alternativa à apexificação surgiu o procedimento de revascularização, que permite a formação de tecido dentro do canal, que restabelece a vitalidade e, permite a continuação do processo de formação radicular, o que torna a raiz mais resistente a fraturas e com maior possibilidade de manutenção do dente.

Palavras chave: apexificação; MTA; necrose; regeneração pulpar; rizogénese.

ABSTRACT

Apexification is the non-surgical alternative for treating teeth with incomplete, with pulp necrosis due to carious lesions or trauma. This procedure is extremely important in cases where the apical formation is incomplete, as it can make future filling possible, in addition to preserving periradicular Tissues health. It should be noted that apexogenesis is performed only in teeth with vital pulp, which allows the physiological development of the root and its complete formation, while the apexification deals with young permanent teeth with incomplete apex and necrotic pulp. The present study demonstrated that there are several materials that can be used in apexification, such as calcium hydroxide, mineral trioxide aggregate and biodentine, the first two are the most used by dentists. Treatment with the use of calcium hydroxide is effective, but requires time, between 9 and 24 months, depending on the stage of root development, with constant changes of the intracanal medication. MTA is a more recent material and requires less treatment time. Both techniques have a simple execution, but have the disadvantage of not continuing the formation of the root, so, despite the apical closure of the root, it remains fragile and subject to fractures. Currently, as an alternative to apexification, the revascularization procedure has emerged, which allows the formation of tissue within the canal, restoring vitality and allowing the continuation of the root formation process, which makes the root more resistant to fractures and with greater possibility of maintenance of the tooth.

Keywords: apexification; MTA necrotic; pulp regeneration rhizogenesis.

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	3
II.	OBJETIVOS	8
III.	MATERIAIS E MÉTODOS	11
IV.	DISCUSSÃO SOBRE O ESTADO DA ARTE ATUAL	16
	IV.I Agentes etiológicos.....	16
	IV.II Tratamento de dentes com rizogénese incompleta.....	18
	IV.II.I Apexogénese.....	20
	IV.II.II Revascularização.....	20
	IV.II.III Apexificação.....	24
	IV.III Materiais utilizados na apexificação.....	25
	IV.III.I Hidróxido de Cálcio.....	26
	IV.III.II Materiais derivados de Silicato de Cálcio.....	28
	IV.III.II.I Agregado de Trióxido de Mineral (MTA)	29
	IV.III.II.II Biodentine.....	30
V.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
VI.	BIBLIOGRAFIA	36

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Artigos encontrados através de pesquisa	8
Tabela 2. Elementos da Estratégia CHIP e seus descritores	9
Tabela 3. Estratégias de busca de acordo com as bases de dados utilizadas	12
Figura 1. Estratégia de regeneração pulpar	13

ÍNDICE DE SIGLAS

MTA	Agregado de trióxido mineral
CHIP	Context How Issues People
CINAHL	Índice Cumulativo em Literatura de Enfermagem e Saúde Aliada
HERS	Bainha Epitelial de Hertwig
DeCs	Descritores em Ciência e Saúde
MeSH	Medical Subject Heading
MedLine	Medical Literature Analysis and Retrieval System Online
Ca(OH)₂	Hidróxido de Cálcio
Ca(Cl)₂	Cloreto de Cálcio
CaSiO₄	Tetra Óxido de Silício
CaCO₃	Carbonato de Cálcio
CaO₃	Trióxido de Cálcio
SiO₂	Dióxido de Silício
C-S-H	Calcium Silicate Hydrate
PER	Procedimentos Endodônticos Regenerativos
PRP	Plasma Rico em Plaquetas
EDTA	Ácido Etilenoamino Tetra-Acético
NaClO	Hipoclorito de Sódio
PRF	Fibrina Rica em Plaquetas
TGF	Fator de Crescimento Transformador
BMP	Proteína Óssea Morfogenética
PTA	Pasta Tri-Antibiótica
MIC	Medicação Intracanal
IRM	Material restaurador Intermediário

PMCC Paramonoclorofenol Canforado
pH Potencial Hidrogeniónico
DNA Ácido Desoxirribonucléico
BCS Biblioteca de Ciências da Saúde
BBO Biblioteca Brasileira de Odontologia

INTRODUÇÃO

I. INTRODUÇÃO

Localizada na região interna da cavidade pulpar, a polpa dentária é um tecido rico em terminações nervosas, vasos sanguíneos, células e vasos linfáticos. Ao estudarmos o seu comportamento diante de agressões provocadas por agentes externos, é possível observar a ocorrência de fenômenos vasculares que atuam na exsudação de fluidos relacionados com os processos inflamatórios. Isso explica-se pela sua alta intensidade metabólica que conduz a uma capacidade de reparação que pode ser considerada muito eficiente, característica presente em tecidos conjuntivos.

Nos processos inflamatórios que envolvem a polpa dentária, a dor quase sempre está presente. Dois motivos contribuem para isso, o primeiro, é o fato de a polpa dentária reagir aumentando o seu volume durante os processos inflamatórios, o segundo é que este aumento encontra como obstáculo as paredes dentinárias da cavidade pulpar que são rígidas. Este processo leva à compressão das suas fibras nervosas, o que explica a dor. A circulação do sangue no seu interior é reduzida, dado que os vasos sanguíneos são igualmente comprimidos comprometendo o retorno de sangue venoso pelo forâmen localizado no ápice da raiz. Estes fatores, tanto sistêmicos quanto locais, contribuem portanto para uma diminuição da capacidade do tecido pulpar em responder bem diante de uma agressão. Assim, o fator sistêmico representa a resposta imune do paciente, e quando os agentes etiológicos excedem o limiar de tolerância pulpar, desencadeiam patologias pulpares.

Os agentes agressores do tecido pulpar podem ser químicos, físicos e biológicos. Entre os químicos podemos mencionar os materiais odontológicos, que sabidamente, são compostos por substâncias químicas com potencial de provocar efeitos indesejados se utilizados incorretamente. Sem a devida proteção do complexo dentinopulpar, quando aplicados em cavidades profundas, podem causar irritação no tecido pulpar, levando à sua inflamação. No que concerne aos fatores físicos, são exemplos os casos de galvanismo devido à presença de restaurações metálicas, o efeito dos desgastes mecânicos causados por interferências de ordem oclusal, nomeadamente, atrição, erosão, abrasão e bruxismo, bem como o uso indevido de brocas utilizadas em alta rotação desprovidas de refrigeração apropriada.

Finalmente, dentre os fatores biológicos podemos eleger os microrganismos responsáveis pelas principais patologias tratadas pela odontologia, nomeadamente as patologias periodontais e a cárie, como o principal fator envolvido nas agressões ao tecido

pulpar. Nas periodontopatias a agressão da polpa ocorre quando bactérias estão presentes nas vias de comunicação existentes entre a polpa e o periodonto. Na cárie dentária os túbulos dentinários servem de via de acesso das bactérias ao tecido pulpar. No que se refere às fraturas dentárias, podemos classificá-las como uma causa física que por consequência passa a biológica, pela presença de microorganismos.

Em seres humanos, três anos após a erupção de um dente permanente, pode-se considerar finalizado tanto o desenvolvimento radicular como apical. Após a formação da coroa, durante a odontogénese, composta por esmalte e dentina, segue-se o processo de formação da bainha epitelial de Hertwig (HERS). Este processo resulta da união dos epitélios externos e internos que têm a sua origem no gérmen dentário formando duas camadas de parede epitelial. A HERS exerce influência nos odontoblastos no que se refere à sua diferenciação. Os odontoblastos formam a dentina, que é uma das camadas mineralizadas do dente sob o esmalte. Após o estabelecimento da primeira camada, a HERS desintegra-se, e os restos celulares que permanecem no sítio, chamados “Restos Epiteliais de Malassez”, podem manter-se no ligamento periodontal mesmo após a erupção dentária¹.

A formação radicular tem como responsável a progressão da bainha epitelial durante a odontogénese, que além de ser sensível a vários tipos de estímulos, nomeadamente, biológicos, químicos e físicos, é também responsável pela formação das raízes, num processo que culmina na finalização radicular, com a deposição final de tecido duro².

Concomitantemente, temos a formação de outro tecido mineralizado por ação de células encontradas na região apical chamadas cementoblastos. O tecido formado por estas células, cuja função é recobrir as raízes, é o cimento. As estruturas que se tornam células produtoras de cimento, denominam-se fibroblastos e estão presentes na região do folículo dentário e ligamento periodontal.

O processo de formação radicular pode ter o seu desenvolvimento interrompido quando estruturas como a polpa dentária e a bainha epitelial de Hertwig são atingidas. A causa dessa estagnação pode estar relacionada com um trauma dentário ou mesmo por um processo infeccioso como cárie que poderá, se não tratada, levar à necrose do tecido pulpar, o que atua como fator de interrupção do processo de formação radicular. Nestas situações o ápice da raiz pode permanecer aberto e incompleto bem como o canal radicular apresentar amplitude superior ao normal. Nesse sentido, torna-se essencial uma abordagem terapêutica diferenciada com o intuito de induzir a formação do ápice radicular aumentando a possibilidade de o dente permanecer na cavidade oral³.

A complexidade é uma das características das terapias endodônticas em dentes com ápice incompleto e necrose pulpar, pois a abertura presente no ápice apresenta-se como um obstáculo à realização de uma preparação canalar adequada. Em situações como estas, a preparação canalar apresenta riscos relacionados com a baixa resistência das paredes circundantes, aumentando assim o risco de fratura. Além disso, é mais difícil obter um selamento apical adequado num ápice demasiadamente aberto, e portanto a apexificação figura como um dos procedimentos de escolha para a solução do problema supramencionado.

O termo apexificação relaciona-se com um procedimento que visa induzir uma barreira calcificada em dentes que apresentam características como necrose pulpar e onde não houve uma formação completa do ápice radicular⁴. Este procedimento requer uma preparação endodôntica químico-mecânica, e subsequente administração de um medicamento intracanal com a finalidade de promover o processo de cicatrização dos tecidos ao redor do ápice e constituição de uma barreira apical mineralizada⁵.

Dentre os materiais utilizados com maior frequência na indução deste processo, o hidróxido de cálcio desempenha uma função muito importante no tratamento do complexo dentino-pulpar e periodonto apical, por causa das suas propriedades próprias, destacando-se a capacidade de estimular a mineralização e a ação antibacteriana⁶.

OBJETIVOS:

II. Objetivos

O presente estudo tem o intuito de realizar uma análise do estado da arte relativamente ao processo de apexificação, demonstrando a sua importância no âmbito da medicina dentária. Os objetivos específicos deste estudo são: relatar os agentes etiológicos; analisar a utilização da apexificação no tratamento da rizogénese incompleta.

Esta pesquisa tem o intuito de facilitar a compreensão de futuros dentistas endodontistas sobre o procedimento em questão.

O presente estudo vem realizar uma revisão da literatura para reunir informações passíveis de melhorar o tratamento de dentes imaturos, necrosados com o ápice aberto.

MATERIAIS E MÉTODOS

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste estudo descritivo de abordagem qualitativa utilizou-se a pesquisa bibliográfica que, de acordo com Gil⁷ deve-se realizar a partir de material elaborado previamente, constituído por livros e artigos científicos. Realizou-se a revisão da literatura utilizando-se artigos, monografias, teses, dissertações e obras literárias publicadas desde 2010, com a finalidade de esclarecer os aspetos inerentes à apexificação no âmbito da odontologia, em especial na endodontia. O estudo foi realizado privilegiando a análise do conteúdo de artigos com resultados evidentes na literatura.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados: PUBMED que contém a *Medical Literature Analysis and Retrieval System* on-line (Medline), BBO-Odontologia, LILACS, e biblioteca das ciências da saúde da Universidade de Coimbra. A pesquisa incluiu os casos, práticas clínicas; revisões sistemáticas; estudos de coorte e estudos de casos e controlos. A divisão está escrita na Tabela 1.

Tabela 1: artigos encontrados através de pesquisa:

Assunto	Bases de Dados	Quantidade de artigos encontrados
Apexificação	BBO - Odontologia	12
	LILACS	11
	MEDLINE	52
	PUBmed	59
	BCS – U. de Coimbra	3
	Total	137

Fonte: Elaborado pelo autor

A estratégia de busca utilizou o acrónimo CHIP para a construção da questão norteadora e a estratégia de busca, utilizando como base os Medical Subject Heading (MeSH), Títulos CINAHL e descritores do DeCS conforme apresentado na Tabela 2. Ressalta-se que o elemento C refere-se a uma pesquisa qualitativa.

Tabela 2: Elementos da Estratégia CHIP e seus descritores

Componentes	Definição	Descritores
C - Context (contexto)	Apexificação	Apexification; apexogenesis
H - How (Como)	-	-
I - Issues (Problema/ Questão)	Endodontia	Endodontics
P - People (Pessoas)	Humanos	Human; adult; children, middle-aged

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos ensinamentos de Pantoja⁸

A estratégia de busca desta pesquisa incluiu os seguintes descritivos: “apexificação”; “endodontia”; “humanos”. As pesquisas foram realizadas utilizando a junção dos MeSH Terms com os operadores booleanos OR e AND compondo a estratégia de busca. Esta foi adaptada plataformas utilizadas, como exemplificado na Tabela 3.

Tabela 3: Estratégias de busca de acordo com as bases de dados utilizadas

Base de Dados	Estratégia de Busca
PUBMED	(((apexification) OR (endodontics) OR (apexification)) AND ((endodontics) OR (humans)) AND (apexification, AND endodontics AND humans)) Filtros: Acesso Livre; Texto Completo; Data de publicação: entre 2010 e 2019. Modo de Busca: Avançado * Busca realizada pela aba do Gerenciador de Pesquisa
BBO	(((apexification) OR (endodontics) OR (apexification)) AND ((endodontics) OR (humans)) AND (apexification, AND endodontics AND humans)) Filtros: Acesso Livre; Texto Completo; Data de publicação: entre 2010 e 2019. Modo de Busca: Avançado *Utilizado os Modos de Busca: Avançado e Booleano/Frase
MEDLINE	(((apexification) OR (endodontics) OR (apexification)) AND ((endodontics) OR (humans)) AND (apexification, AND endodontics AND humans)) Filtros: Acesso Livre; Data de publicação: entre 2010 e 2019 Modo de Busca: Avançado
LILACS	(((apexification) OR (endodontics) OR (apexification)) AND ((endodontics) OR (humans)) AND (apexification, AND endodontics AND humans)) Filtros: Acesso Livre; Data de publicação: entre 2010 e 2019 Modo de Busca: Avançado
BCS – U. de Coimbra	(((apexificação) OR (endodontia) OR (apexificação)) AND ((endodontia) OR (humanos)) AND (apexificação, AND endodontia AND humanos)) Filtros: Acesso Livre; Data de publicação: entre 2010 e 2019. Modo de Busca: Avançado

Fonte: Elaborado pelo autor

A escolha dos artigos foi efetuada, inicialmente a partir da análise dos títulos e resumos para identificar se contemplavam o tema em estudo. Foram utilizados como critérios de inclusão artigos científicos com disponibilidade do texto completo, sem

restrições de idioma, entre 2010 e 2019, com a finalidade de suportar a análise com dados mais atuais.

Foram excluídos da análise os artigos duplicados, aqueles que não tinham texto completo disponível e aqueles que se mostraram incongruentes com a temática.

Por fim, os artigos foram selecionados para apoiar a elaboração desta dissertação. De acordo com Minayo⁷, justifica-se a elaboração de uma pesquisa científica na área da saúde com vista a discutir os desafios na esfera científica.

DISCUSSÃO SOBRE O ESTADO ATUAL DA ARTE

IV. DISCUSSÃO SOBRE O ESTADO ATUAL DA ARTE

IV.I - Agentes etiológicos

IV.I.I - Pulpite

Num dente com cárie, a inflamação pulpar inicia-se com uma resposta de baixo grau e de natureza crónica, e a sua evolução resulta numa resposta aguda sobreposta aos elementos crónicos⁸.

A preparação correta da cavidade dentária torna-se possível quando as reações biológicas são identificadas perante a perda tecidual que envolve o complexo dentina/polpa. Cabe ressaltar que o tecido conjuntivo pulpar atua de forma semelhante a outros tecidos conjuntivos quando afetado.

Independentemente da natureza do agente agressor, as reações de defesa do tecido conjuntivo fazem-se através da instalação de uma reação inflamatória cuja severidade é proporcional à intensidade do agente agressor. A inflamação tem como objetivo restringir e expulsar o agente agressor, de modo que, quando este atinge a polpa, causa reações na defesa que variam, de acordo com a sua intensidade, desde hiperemia até a necrose.

Não é raro o médico dentista ter de lidar com o atingimento da câmara pulpar em dentes permanentes jovens com formação radicular incompleta, quer pela presença de cárie, quer por traumatismos ou restaurações realizadas de forma inadequada. Nesses casos, o objetivo principal é garantir o desenvolvimento completo das raízes assim como o encerramento do ápice. O diagnóstico deve ser bem executado, para avaliar se a polpa se encontra vital ou necrosada, uma vez que toda a abordagem terapêutica subsequente depende da vitalidade da polpa⁹.

IV.I.II - Trauma

Consideram-se como lesões traumáticas dentárias, danos causados ao dente e/ou estruturas de suporte do mesmo, desde uma simples fratura do esmalte até à perda definitiva do dente. Existe uma predominância de traumatismos dentários em indivíduos do sexo masculino, sendo que esses traumas podem ser resultado de acidentes domésticos, ciclísticos, automobilísticos, atividades desportivas e violência. Os traumas dentários comprometem a estética, além de gerar problemas psicológicos e sociais ao indivíduo. O

médico dentista deve implementar a conduta imediata do trauma, com o intuito de preservar o dente, dado que a severidade do trauma pode gerar um processo degenerativo, uma lesão irreversível até à necrose pulpar. Também deve observar o estadio de desenvolvimento do dente para implementar a correta terapêutica diante de uma rizogénese completa ou incompleta¹⁰.

Considera-se um dente permanente com rizogénese incompleta, aquele cujo ápice radicular não apresenta, histologicamente, dentina apical revestida por cemento e radiograficamente, quando o extremo apical da raiz não atinge o estadio dez de Nolla, isto é, quando há formação e encerramento do ápice radicular. O tratamento endodôntico em dentes com rizogénese incompleta mostra-se complexo pela não formação do ápice radicular¹¹.

As lesões que envolvem os dentes anteriores (incisivos centrais, incisivos laterais e caninos) podem causar efeitos deletérios na função e sintomatologia dolorosa, afetando diretamente a autoestima, o comportamento e o sucesso pessoal, especialmente se há perda dentária permanente.

Mostra-se relevante o conhecimento dos traumas dentários para que o diagnóstico seja o mais preciso, visto que a identificação do tipo de lesão e das estruturas atingidas permite a orientação para o tratamento adequado. A experiência do profissional mostra-se fundamental para o bom acompanhamento do tratamento após o traumatismo. O diagnóstico obtém-se através da correta anamnese e análise radiográfica.

O tratamento endodôntico é indicado quando há ocorrência de dor espontânea, resposta anormal aos testes pulpares, desenvolvimento incompleto radicular ou comprometimento do tecido de suporte perirradicular. O prognóstico de um dente traumatizado depende do grau de envolvimento das estruturas acometidas, do seu estadio de desenvolvimento e do tempo decorrido desde o acidente até ao atendimento. Dentes com rizogénese incompleta com ápice aberto com necrose pulpar que necessitam de apexificação têm um prognóstico reservado¹².

A rizogénese incompleta em dentes jovens, onde há o comprometimento da câmara pulpar, devem ser efetuadas todas as diligências para a manutenção da vitalidade pulpar. O tratamento pulpar durante o período de rizogénese incompleta apresenta-se como um desafio, especialmente quando há necrose pulpar, o que poderá causar a interrupção do processo de formação radicular.

IV.II - Tratamento de dentes com rizogénese incompleta

Um dente com rizogénese incompleta dificulta o tratamento endodôntico, porque o canal radicular tem uma amplitude maior e geralmente apresenta um diâmetro ampliado do forâmen visto que a raiz ainda está em formação. Normalmente apresenta as paredes delgadas e divergentes para apical, o que dificulta a preparação biomecânica e a subsequente manutenção do material obturador no canal, tornando a obturação tridimensional um procedimento complexo¹².

O tratamento endodôntico dos dentes com rizogénese incompleta depende da vitalidade pulpar. Nos dentes com vitalidade pulpar é indicada a técnica de apexogénese, uma abordagem terapêutica efetuada apenas em dentes com polpa vital que possibilita o desenvolvimento fisiológico da raiz e a sua formação completa. Preconiza a manutenção da vitalidade pulpar, quer por proteção pulpar direta ou pulpotomia seguida da aplicação de um material indutor da reparação da dentina como o hidróxido de cálcio ou o MTA com o objetivo de manter a bainha epitelial de Hertwig viável, possibilitando a diferenciação de odontoblastos e a produção de dentina, criando paredes radiculares espessas e promovendo o encerramento radicular, criando a constrição apical natural e conferindo maior resistência e menor risco de fratura da raiz do dente. Dependendo do estadió de desenvolvimento do dente é preconizada a apexificação.

Existem duas vertentes quanto ao processo biológico que envolve a apexificação, como esclarece Gründling et al.³: A primeira vertente sugere que não requer a introdução de qualquer agente externo no canal para estimular a produção de cimento. A limpeza, com a eliminação de resíduos e bactérias seria suficiente para causar uma reação das células saudáveis e complementar a formação radicular. Já a segunda vertente considera que a apexificação é um processo natural que precisa de estímulo de um ativador biológico. Gründling et. al.³ parafraseando Whittle relatou um caso onde a apexificação ocorreu sem o tratamento com hidróxido de cálcio, resultando no encerramento apical de um incisivo imaturo necrosado. Estudos indicam que o caso ocorreu devido às células odontogénicas residuais que mantiveram a sua vitalidade na porção apical da polpa e remanescentes da bainha epitelial de Hertwig. Outro aspeto considerado refere-se à boa vascularização, característica de um dente permanente jovem, a qual pode ter sido responsável pela manutenção dessas estruturas. Foi levantada a hipótese de que a apexificação é um processo natural, mas que precisa de estímulo de um ativador biológico, comumente o hidróxido de cálcio.

Nos casos de necrose pulpar, a apexificação e a revascularização são os tratamentos indicados. A apexificação visa induzir o encerramento apical pela estimulação de formação de um tecido mineralizado no ápice, através de um ativador biológico como o hidróxido de cálcio ou MTA, enquanto na revascularização se preconiza a continuação do processo de formação radicular geneticamente programado¹³.

A obturação endodôntica nos casos de rizogénese incompleta mostra-se complexa, pois o cone de guta percha não trava satisfatoriamente a nível apical. Além disso, há o extravasamento do material obturador, o que pode gerar uma inflamação crónica na região periapical. A utilização de substâncias que induzam a formação de uma barreira apical que impeça o extravasamento do material obturador e a sua perfeita acomodação é imprescindível para o sucesso no tratamento.

Torabinejad et al.¹⁴ relata o tratamento de dentes necróticos com rizogénese incompleta com o uso de células estaminais, recomendando técnicas que tenham como objetivo a completa formação da raiz e o restabelecimento da vitalidade pulpar.

A revascularização promove a formação de um novo tecido no interior do canal que execute as funções comuns à polpa dentária, estimulando o crescimento programado da raiz e o restabelecimento da vitalidade do dente.

O processo de apexificação engloba a criação de um ambiente adequado, através do esvaziamento do canal radicular, para a remoção de resíduos e bactérias com a utilização de soluções irrigadoras e preparação canal endodôntica para a remoção do conteúdo orgânico do canal radicular. Procede-se a sucessivas trocas de medicação intracanal para estimular a formação de uma área calcificada.

O encerramento apical irá permitir, posteriormente, uma correta obturação do canal radicular, a etapa final do tratamento endodôntico. A completa formação radicular é importante, pois proporcionará uma melhor compactação do material obturador promovendo uma melhor cicatrização.

A apexificação pode necessitar de várias consultas para a colocação do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dentro do canal radicular, com vista a eliminar a infeção intracanal, estimular a calcificação e produzir o encerramento apical. Após essas consultas, as paredes do canal radicular do dente devem mostrar-se mais espessas e com um ápice arredondado, o que permite que os canais radiculares sejam selados com técnicas convencionais usando guta-percha.

IV.II.I - Apexogénese

A apexogénese refere-se à remoção da polpa inflamada e à aplicação de materiais sobre o tecido pulpar saudável remanescente com o intuito de manter a bainha epitelial de Hertwig viável, para que seja possível dar continuidade ao desenvolvimento radicular, proporcionando o encerramento e a constrição apical natural, favorecendo a futura obturação radicular. O sucesso deste tipo de tratamento depende de vários fatores e a sua duração pode atingir dois anos, devendo o paciente ser observado a cada 3 meses para determinação da viabilidade e vitalidade da polpa. Caso se verifique inflamação irreversível ou necrose da polpa, dependendo do estadió de desenvolvimento do dente deve-se proceder à revascularização ou apexificação.

Segundo Caliskan⁶⁰, terapia da polpa viva consiste em capeamento pulpar e pulpotomia. O objetivo deste método de tratamento é preservar a vitalidade e função do tecido coronal ou remanescente pulpar radicular. O hidróxido de cálcio tem sido o medicamento de escolha para uso deste tratamento. A pulpotomia é ainda o tratamento preferido para ápice aberto, é considerado um tratamento temporário que poderia ser seguido pela pulpectomia, quando o desenvolvimento radicular estiver completo. De qualquer modo, a pulpotomia é utilizada para o tratamento de polpas inflamadas, expostas por traumas ou cáries, se o ápice estiver aberto.

IV.II.II – Revascularização

A necrose pulpar em dentes imaturos devido a cárie, traumatismo dentário ou aberrações no desenvolvimento apresenta sérios desafios ao médico dentista. Raízes curtas, paredes finas de dentina propensas a fraturas e canais e ápices radiculares amplos não apresentam condições ideais para o tratamento convencional do canal radicular

Os procedimentos de revitalização em dentes imaturos após a necrose pulpar tornaram-se parte do espectro do tratamento endodôntico e devem ser considerados como uma alternativa à apexificação.

A revitalização pode induzir um aumento no comprimento e espessura da raiz o que pode melhorar a resistência da raiz^{21,22}.

Como o procedimento é relativamente novo, faltam dados sobre sobrevivência a longo prazo e estabilidade dentária. Um primeiro estudo de resultado a curto prazo

documenta uma taxa de sobrevivência mais alta após a revitalização em comparação com a apexificação com MTA ou hidróxido de cálcio⁷¹.

De acordo com Barbosa, há controvérsias sobre o termo mais adequado para a definição de regeneração pulpar. Inicialmente, utilizou-se o termo revascularização, considerou-se mais adequada a denominação de regeneração endodôntica e, atualmente aplica-se também o termo revitalização. Os procedimentos endodônticos regenerativos (PER) fundamentam-se na substituição de células e tecidos duros danificados da raiz. A revitalização refere-se ao crescimento do tecido pulpar com recurso a células-tronco da papila apical¹⁶.

Esta temática começou a ser estudada na década de 50, mas o foco era voltado para a revascularização pulpar de dentes reimplantados ou transplantados e não de dentes necrosados. Somente a partir do ano 2000 a revascularização passou a ser abordada como uma alternativa ao tratamento de apexificação em casos de necrose pulpar, devido à crença da inviabilidade da técnica, visto que para muitos, nos casos de necrose pulpar, haveria a ausência de células-tronco vitais e a presença de bactérias, fatores que influenciavam os índices de insucesso^{2,22}.

Pesquisas recentes recomendam procedimentos de revascularização para dentes permanentes imaturos com necrose pulpar e/ou periodontite ou abscesso periapical, visando restaurar a funcionalidade da polpa através de células-tronco indiferenciadas provenientes da papila apical, células progenitoras remanescentes no canal radicular ou região periapical e por fim, a presença de fatores de crescimento derivados de plaquetas e dentina que irão direcionar a diferenciação celular^{19,20,21}

Os três elementos que contribuem para o sucesso do processo de revascularização, são a presença de células-tronco capazes de formar um tecido duro, moléculas de sinalização para estimulação, proliferação e diferenciação celular, e matriz tridimensional que possa suportar o crescimento e diferenciação celular²³.

Alguns autores recomendam a realização do tratamento de revascularização pulpar em apenas uma sessão. Quando o tratamento é dividido em duas sessões, na primeira ocorre a limpeza do sistema de canais radiculares, seguida pela introdução de medicação intracanal que permanece por aproximadamente três semanas. Na segunda sessão há indução do sangramento para o interior do canal radicular, e subsequente selamento com MTA e compostos resinosos. Recentemente, a etapa de estimulação ao sangramento tem sido substituída pelo uso do plasma rico em plaquetas (PRP)¹⁴.

A etapa de desinfecção dos canais radiculares é feita com uso do hipoclorito de sódio e da clorexidina. A fase de irrigação é relevante visto que o novo tecido em formação no interior do canal no processo de revascularização cessa seu desenvolvimento quando encontrar bactérias^{17,21,24}.

Os agentes quelantes também são usados para a remoção da *smear layer* sendo o mais comum o EDTA, capaz de fazer com que os vários fatores de crescimento presentes na matriz dentinária humana sejam libertados. Sobre o EDTA, Mafra et al.²⁶ esclarece que a remoção da *smear layer* tem promovido o estudo de diversas soluções irrigadoras, de modo que o hipoclorito de sódio (NaOCl) é o mais utilizado para a dissolução orgânica, mas sua atuação não incide sobre a parte inorgânica, tornando-se necessária a complementação com uma solução de ação quelante. O ácido etilenodiaminotetraacético é o quelante mais utilizado na Odontologia, pois dissolve o material inorgânico, formando quelatos de cálcio solúveis e promovendo a descalcificação.

Apesar do uso de soluções irrigadoras, devido a infecção presente nos sistemas de canais radiculares ser polimicrobiana, há necessidade do uso de medicação intracanal, sendo esta considerada um passo importante para o sucesso da técnica. Alguns estudos foram feitos buscando avaliar a ação de antibióticos sozinhos e associados sobre microrganismos presentes em dentina radicular, polpa dentária e lesões periapicais, com a associação de três antibióticos: Metronidazol, Ciprofloxacina e Minociclina, conseguiu-se eliminar as bactérias presentes nas superfícies de dentina, bem como estudos subsequentes mostraram que estes eram capazes também de eliminar os microrganismos mesmo das camadas mais profundas da dentina, esta pasta poliantibiótica passou a ser o padrão ouro. Embora seja mais eficiente, a pasta poliantibiótica apresentou como efeito colateral o escurecimento da coroa dentária devido à presença da minociclina que é um derivado semissintético da tetraciclina, eficaz contra bactérias gram-positivas e negativas. Para mitigar o efeito colateral do escurecimento alguns estudos sugerem a redução do tempo de aplicação da pasta, levando em consideração que a ação antimicrobiana ocorre de 24 a 48 horas, outras pesquisas substituíram a minociclina pelo ceflacor para diminuir este efeito colateral²⁷.

Em relação ao hidróxido de cálcio como medicação intracanal nos casos de revascularização existem autores que contra indicam devido ao seu pH alto, o que pode causar danos às células de reparação, além de formar uma barreira no interior do canal não deixando espaço suficiente para a proliferação de tecido vivo que é uma das finalidades

da técnica descrita, mas Cehreli et. al.²⁸ descreve casos de sucesso de revascularização usando como medicação intracanal o hidróxido de cálcio.

Após a etapa de desinfecção, deve proporcionar a ligação celular, fornecer fatores de crescimento e deve ser biodegradável para permitir nova formação de tecido no interior do canal, visando restabelecer as funções pulpares. Na revascularização tradicional há a estimulação do sangramento periapical para preencher o canal. Na maioria das vezes a indução de sangramento é feita sem anestesia ou com anestésico sem vasoconstritor o que se torna desconfortável para o paciente. Estudos recentes apontam outros materiais capazes de funcionar como uma matriz de neoformação de tecido: o plasma rico em fibrina (PRF) e plasma rico em plaquetas (PRP)^{14,28}.

Apesar do coágulo sanguíneo do sangramento induzido figurar como um bom suporte, este tem menos fatores de crescimento em comparação com o PRP e com PRF. O plasma rico em fibrina é um concentrado de plaquetas de segunda geração, de fácil preparação e não requer manipulação bioquímica, além de ser rico em leucócitos e fatores de crescimento que estimulam o desenvolvimento ósseo e de tecidos moles. Também possui a capacidade de proliferação e migração celular, bem como de angiogénese, já o plasma rico em plaqueta possui cinco vezes mais do que a contagem normal de plaquetas, pois em relação ao coágulo normal é superior a 1 milhão / ml, apresentando uma suspensão concentrada de diferentes fatores de crescimento, figurando como um suporte ideal para procedimentos endodônticos regenerativos^{14,28}.

O uso do plasma rico em fibrina na odontologia é recente, sendo que este foi desenvolvido inicialmente por Choukroun et. al.²⁹ para utilização em cirurgia oral e maxilofacial. Tal concentrado plaquetário é uma malha de fibrina autóloga não trombozada que atua como um reservatório para libertação contínua e gradual de fatores de crescimento. O PRF é obtido através da centrifugação específica de uma amostra de sangue do próprio paciente, produzindo o produto bioativo mais natural disponível atualmente.

De um modo geral, o sucesso no tratamento de revascularização dá-se com a observação dos seguintes fatores de regressão de fístulas ou abscessos, regressão da lesão periapical, resposta positiva aos testes de vitalidade pulpar e continuação da formação radicular e da espessura da parede.

Em relação as células-tronco, estas são classificadas em dois grupos: as multipotentes e as pluripotentes. As primeiras são células com capacidade de se transformarem em qualquer célula originária do mesmo tecido embrionário, enquanto as

segundas possuem a capacidade de se especializar em qualquer outra linha celular independente do tecido original. As células-tronco são encontradas no tecido embrionário de origem mesenquimal ou ectomesenquimal³¹ e têm como finalidade a substituição, reparação e otimização de órgãos e tecidos danificados.

A cavidade oral é um grande reservatório para células multipotentes, as também denominadas células-tronco mesenquimais¹⁷.

Os fatores de crescimento são proteínas que se vinculam aos recetores nas células agindo como sinalizadores para estimular a proliferação e/ou diferenciação celular. Os elementos mais frequentes no processo de regeneração são o fator de crescimento transformador (TFG) e a proteína morfogénica óssea (BMPs)²³.

A dentina atua como um reservatório para esses elementos, pois uma vez estimulada a sua desmineralização, por agentes quelantes ácidos ou mesmo cáries, esses elementos são libertados exercendo um papel importante na dentinogénese terciária³³.

A revascularização do tecido pulpar mostra-se como uma alternativa viável em casos de dentes com necrose pulpar. A endodontia regenerativa sugere o controlo da infeção dos canais radiculares, com o mínimo de intervenção. O procedimento estimula a formação tecidual intracanal e tem como vantagens em comparação à apexificação a continuidade da formação da raiz e possível devolução da vitalidade pulpar³⁸.

De acordo com Fernandes et al.³⁸ o acompanhamento dos casos clínicos tratados com a revascularização pulpar mostra-se essencial para analisar o sucesso clínico. Para verificar esse progresso mostra-se necessário o tempo mínimo de 6 meses. Estudos indicaram que a formação completa da raiz de dentes imaturos portadores de necrose pulpar e lesão periapical completou seu desenvolvimento após um período de 10 a 13 meses do início do tratamento.

IV.II.II – Apexificação

A primeira referência a apexificação foi feita em 1960, sendo a utilização de hidróxido de cálcio o método mais aceite da época para tratamento de dentes com canal radicular incompleto e polpa necrótica. Apresenta uma técnica simples, sem grandes complicações para o paciente, e é uma boa alternativa a procedimentos cirúrgicos.

De acordo com Moro, Kozlowski Jr. e Alves⁵ a apexificação refere-se ao processo de formação de uma barreira apical calcificada promovendo a continuada formação radicular de dentes com rizogénese incompleta e polpa necrosada .

A barreira calcificada pode ser formada por osteocemento, osteodentina, osso ou mesmo pela combinação dos três, variando pela espessura.

O encerramento apical pode ser estimulado, promovendo condições ideais para uma obturação adequada do canal radicular. O processo biológico da apexificação pode ser justificado de duas maneiras. Uma corrobora a ideia de que não é necessário o uso de ativadores químicos para estimulação genética do dente, apenas a eliminação de bactérias e resíduos será estimulante para as células responsáveis completarem a sua formação⁴⁵. A segunda vertente considera que a apexificação é um processo natural, mas que precisa de um estímulo externo biológico, geralmente hidróxido de cálcio⁴⁵.

Para proceder à apexificação deve-se obter um meio alcalino dentro do sistema de canais radiculares, para propiciar a formação de uma barreira apical de tecido mineralizado, mesmo após a polpa ter sido danificada. Assim, o elevado pH do hidróxido de cálcio mostra-se como um dos aspetos essenciais para que o tratamento tenha sucesso.

Marques et al.² relatam que, embora existam altas taxas de sucesso com a formação de barreira de tecido mineralizado através do uso da pasta de hidróxido de cálcio, o período de tratamento, aliado à possibilidade de reinfeção e enfraquecimento radicular, motivaram a procura por outros materiais biocompatíveis e com um tempo de tratamento menor. Nesse contexto, o MTA tem sido sugerido como opção de tratamento mais apropriada.

IV.III Materiais utilizados na apexificação

Após o término da limpeza canal, alguns trabalhos indicam a necessidade de medicação intracanal entre as sessões, visando potencializar a desinfecção do sistema de túbulos dentinários e favorecer o processo de reparação tecidual. As bactérias presentes no interior dos canais radiculares possuem um papel determinante no desenvolvimento e na persistência de periodontites apicais. A eliminação desses microrganismos tornou-se uma constante preocupação e um dos principais objetivos no tratamento endodôntico. O estudo clínico tem demonstrado a eficácia da preparação canal, a influência da irrigação e a importância da medicação intracanal e sistémica no tratamento antimicrobiano desta patologia⁴⁷.

A seleção de um medicamento intracanalar fundamenta-se nas suas propriedades microbianas e biológicas, devendo ter amplo espectro de ação, atividade prolongada, não causar manchas nas estruturas dentárias, não causar alergia ou ser citotóxico, e apresentar fácil remoção.

Siqueira Jr et al.⁶¹ indicam que 40 a 60% dos canais após a preparação canalar realizada com diferentes concentrações de hipoclorito de sódio ainda contêm bactérias. Com o objetivo de eliminar ou reduzir ao máximo os microrganismos que se mantêm após a preparação canalar é indicada a utilização de hidróxido de cálcio associado a um veículo biologicamente ativo, como é o caso do PMCC, devido ao maior espectro de atividade antimicrobiana e ao amplo raio de atuação em comparação com as pastas de hidróxido de cálcio em veículos inertes.

IV.III.I - Hidróxido de cálcio

O sucesso dos tratamentos de dentes imaturos necrosados tem como seu principal elemento, substâncias que induzam a formação da barreira apical, permitindo o não extravasamento do material obturador e promovendo a sua melhor adaptação. O hidróxido de cálcio tem sido utilizado com sucesso nessas condições¹⁸.

Pastas de hidróxido de cálcio têm sido utilizadas para a desinfecção canalar e a indução da formação de uma barreira de tecido calcificado na região apical dos dentes que se apresentam necrosados e com rizogênese incompleta. A utilização desse fármaco para o tratamento de dentes com ápices incompletos apresenta grandes índices de sucesso, independente do veículo usado na sua manipulação⁴¹

O hidróxido de cálcio tem sido indicado para apexificação, devido ao seu pH alcalino. A sua presença física dentro do canal resulta num potente efeito antibacteriano que inibe a atividade osteoclástica e previne a entrada de exsudato e tecido de granulação, favorecendo assim a formação de tecido mineralizado junto ao ápice radicular³⁹.

O hidróxido de cálcio pode ser associado a diversas substâncias para potenciar as suas propriedades. Diversas associações foram testadas ao longo dos anos, mas sem evidências de diferenças significativas sobre seu potencial curativo. Entretanto, a associação com diferentes substâncias pode alterar as propriedades físico-químicas do medicamento e causar alterações na sua viscosidade, hidrossolubilidade e, conseqüentemente, na velocidade de libertação de iões hidroxila e cálcio. Os veículos podem ser hidrossolúveis (viscosos) ou oleosos. Dentre os aquosos, destacam-se a água

destilada ou estéril, o soro fisiológico, a solução anestésica e a solução de metilcelulose, os quais permitem uma dissociação iónica rápida e efetiva, resultando numa ação bactericida mais imediata. Quando o hidróxido de cálcio é associado a um veículo aquoso sugere-se que a pasta seja renovada com frequência, para alcançar os resultados desejados¹⁰.

A glicerina, a cresatina, o polietileno glicol e o propileno glicol, são os veículos hidrossolúveis viscosos mais usados, embora sejam solúveis em água atrasam a dissociação iónica do hidróxido de cálcio, provavelmente devido aos seus elevados pesos moleculares. O propileno glicol é um derivado do propano que, além de inibir a fermentação e o crescimento de fungos, apresenta ação higroscópica e antimicrobiana. Em 1962, Laws sugeriu a sua utilização como veículo para formar a pasta de hidróxido de cálcio, podendo o seu uso para esse fim potenciar a ação antisséptica da pasta⁴⁰.

Nos tratamentos de dentes não vitais com rizogénese incompleta e canais contaminados, a utilização da pasta de hidróxido de cálcio é justificada, principalmente, pelas suas propriedades antissépticas e a capacidade de indução da calcificação. Sabe-se que a atuação dos iões hidroxila e cálcio sobre as bactérias e sobre os tecidos com os quais o medicamento entra em contato ajudam a explicar seus efeitos terapêuticos. Quanto à propriedade bactericida, os estudos demonstram que se baseia na alcalinidade promovida por esse fármaco como resultado da libertação de iões hidroxila e da sua difusão através da dentina e do sistema de canais radiculares⁴⁰.

A capacidade de o hidróxido de cálcio estimular a deposição de tecido calcificado pode ser explicada por várias teorias.

Quando a permeabilidade capilar é reduzida, a alta concentração de cálcio diminui a quantidade de líquido plasmático extravasado e propicia a calcificação do tecido envolvido. Os iões cálcio também podem estar associados às reações enzimáticas necessárias para a síntese de colagénio. A pirofosfatase é uma enzima cálcio-dependente que se encontra envolvida no processo de formação energética. Se a presença de alta concentração de iões cálcio aumenta a ação da pirofosfatase, há maior utilização de energia, o que favorece os mecanismos de defesa e reparação⁴².

Entretanto, o hidróxido de cálcio não é efetivo contra todos os tipos de bactérias, como por exemplo, o *Enterococcus faecalis*, uma das bactérias resistentes mais implicada em casos de periodontite periapical crónica. O teste de difusão em Agar não demonstrou atividade do hidróxido de cálcio sobre *Enterococcus faecalis*, no entanto, quando empregado o método da diluição em caldo, o mesmo parece ser efetivo⁴².

Na apexificação tradicional com o uso do hidróxido de cálcio, o encerramento apical ocorre devido à capacidade de estimular a formação de tecido mineralizado. Devido ao pH elevado, o hidróxido de cálcio impede a atividade dos osteoclastos, bem como ativa a enzima fosfatase alcalina para promover liberação dos íons fosfato a partir dos ésteres de fosfato do organismo estes íons ao reagirem com os íons cálcio, precipitam na forma de hidroxiapatite, levando à formação de tecido mineralizado⁴³.

Nos casos de necrose pulpar, o hidróxido de cálcio, se usado como medicação intracanal, tem ação efetiva contra bactérias que sobrevivem à preparação químico-mecânica do canal radicular, além de controlar o exsudato persistente e a ação destrutiva dos osteoclastos na ocorrência de reabsorção radicular externa. Alguns autores postulam que a ação reparadora do hidróxido de cálcio é realizada indiretamente por desencadear uma zona de necrose superficial, estimulando a migração e proliferação celular no combate aos agentes irritantes, seguida de migração vascular, proliferação de células mesenquimais, formação de colagénio e deposição de tecido duro⁴³.

IV.III.II - Materiais derivados de Silicato de Cálcio

Os cimentos de silicato de cálcio (CaSiO_4) são materiais hidrofílicos resistentes à humidade e capazes de polimerizar e endurecer, na presença de fluidos biológicos como sangue, plasma e saliva⁴⁶.

As suas propriedades promovem a liberação de íons de cálcio e hidróxido nos fluidos circundantes, com atividade alcalinizante, gerando condições para a formação de apatite⁴⁹.

Os materiais à base de silicato tricálcico são reconhecidos como materiais bioativos devido à sua capacidade de induzir a formação de tecido duro, tanto na polpa dentária quanto no osso. O selamento do ápice implica que o material de preenchimento do canal radicular interaja com os tecidos periapicais⁴⁹.

As propriedades físico-químicas dos cimentos obturadores podem ser caracterizadas através de testes como tempo de presa, escoamento e solubilidade. A radiopacidade que permite a observação do cimento endodôntico em relação, às estruturas anatómicas em radiografia e a citotoxicidade são outras características relevantes⁴⁸.

IV.III.II.I - Agregado de Trióxido de Mineral (MTA)

Este material biocompatível não possui um potencial carcinogénico ou mutagénico pois estimula a neoformação dentinária e promove selamento adequado, prevenindo microinfiltração. O MTA supera as principais deficiências do hidróxido de cálcio, tais como: a solubilidade e a falta de resistência mecânica. Este material é um pó de coloração cinza ou branca, com finas partículas hidrofílicas, composto de silicato tricálcio, silicato de cálcio, aluminato tricálcio, alumino-ferrítico tetracálcio, sulfato de cálcio di-hidratado e óxido de bismuto. Além de ser resistente à compressão, tem um tempo de presa de 2 horas e 45 minutos. A composição de depósitos de apatite, durante o processo de maturação, gera o preenchimento de lacunas durante a fase de contração do material, melhorando a resistência à fricção em relação às paredes do canal radicular².

O MTA branco, quando utilizado sem hidróxido de cálcio apresentou extravasamento na região apical com maior frequência do que dentes que tratados previamente com hidróxido de cálcio intracanal⁴⁵.

Além de suas propriedades físicas e químicas, o MTA tem propriedades biológicas satisfatórias, pois apresenta boa biocompatibilidade com os tecidos periapicais e estimula a reparação tecidual. Tal substância induz a apexificação e sela o forâmen apical aberto quando utilizado na forma de um *plug* apical o que o torna uma opção ao uso do hidróxido de cálcio⁴⁴.

O MTA além de ser bacteriostático apresenta também propriedades bactericidas. Quando há a libertação de iões hidroxila, o pH torna-se alto e estes iões associados à formação de uma camada mineralizada intersticial propiciam um ambiente desfavorável para a sobrevivência de bactérias como *Enterococcus faecalis*, além de atuar como antifúngico em relação à *Candida albicans*, dois dos microrganismos mais comumente presentes na doença endodôntica refratária⁴⁴.

Somando-se a estas propriedades, o MTA impede o fornecimento de nutrientes e subsequentemente dificulta novas colonizações bacterianas, favorecendo reparação biológica e a regeneração do ligamento periodontal⁴⁴.

Torabinejad e Parirokh⁴⁵ salientam que o MTA não é mutagénico e neurotóxico e também não causa efeitos colaterais na microcirculação, apesar de poder influenciar a contração dos vasos.

Um estudo comparativo entre o uso do hidróxido de cálcio e MTA em casos de rizogénese incompleta mostrou melhores resultados clínicos e radiográficos nas amostras

tratadas com MTA, onde alguns dentes tratados com hidróxido de cálcio apresentaram inflamação perirradicular persistente e dor à percussão. Em relação à reparação periapical de dentes tratados com ambas as substâncias, verificou-se que os grupos que fizeram o uso de MTA apresentaram um período médio de quatro meses a menos para formação da barreira periapical que o grupo tratado com hidróxido de cálcio⁶⁴.

Centenaro et. al.⁵¹ destaca que a técnica do uso do MTA na apexificação deve ser precedida por uma medicação intracanal de hidróxido de cálcio para eliminação de infecções bacterianas, e posteriormente realizar o *plug* de MTA. Altos índices de sucesso podem ser alcançados com o uso do *plug* de MTA independentemente do número de sessões durante o tratamento endodôntico. A pesquisa de Patil et al.⁵² indicou que o *plug* de MTA é superior em comparação ao hidróxido de cálcio, devido às suas características. Ainda há a necessidade de mais estudos sobre o papel do MTA no processo de reparação na apexificação, mediante a avaliação radiográfica, que permita ver a formação de uma substância radiopaca selando a região apical. Esse selamento pode ocorrer na forma de semicírculo ou como calcificação tênue. Contudo, nem sempre se pode visualizar a camada de tecido duro calcificado formada no processo de apexificação⁵⁴.

Desta forma, procedimentos de apexificação com uso de agregado trióxido mineral estão a tornar-se cada vez mais comuns. Essa terapêutica endodôntica reduziu o número de sessões e aumentou os índices de sucesso. No entanto é necessário que o médico dentista acompanhe e realize controlo a longo prazo do dente para avaliar o selamento apical⁴⁴.

IV.III.II.II – Biodentine

A apexificação com hidróxido de cálcio tem sido uma abordagem comprovada e foi realizada com sucesso por um longo tempo. No entanto, esse método requer várias sessões de tratamento e, devido à presença de raízes finas ou exposição prolongada da dentina radicular ao hidróxido de cálcio, o dente será mais suscetível à fratura radicular⁸⁴. A apexificação de uma visita tem uma popularidade crescente com o uso de agregado de trióxido mineral (MTA) como uma barreira apical osteocondutora⁶⁴.

A capacidade de selamento e a espessura do tampão apical do MTA foram demonstradas principalmente como um desempenho bem-sucedido⁶⁵.

O MTA é atualmente usado como material de preenchimento da raiz em dentes com ápices abertos⁶⁶. Por outro lado, o MTA demonstrou ter algumas desvantagens, incluindo

um longo tempo de endurecimento, alto custo e potencial de descoloração. Não possui boas características de manuseio e suas propriedades antibacterianas são imprevisíveis⁶⁷.

Para superar esses problemas, um novo biomaterial, o Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, França), foi introduzido. Biodentine é um novo cimento restaurador à base de silicato de cálcio com propriedades mecânicas semelhantes à dentina. Biodentine consiste em pó e líquido. O pó contém principalmente silicato tricálcico e dicálcico (3CaO SiO_2 e 2CaO SiO_2), que é o principal componente do cimento Portland, além de carbonato de cálcio (CaCO_3) e óxido de zircônio. O líquido consiste em uma solução de cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) com uma mistura de policarboxilato⁶⁸.

O Biodentine tem uma boa capacidade de selamento e mostrou resposta biológica favorável. Também possui boas propriedades mecânicas. Tal como o tempo de presa reduzido (12 minutos) e o não provocar descoloração⁶³.

Biodentine é um material restaurador com propriedades mecânicas semelhantes à dentina, segundo o fabricante, pode ser usado como substituto da dentina nas coroas e raízes, com aplicações semelhantes ao MTA. Tem um efeito positivo nas células pulpares vitais e estimula a formação de dentina terciária. Em contato direto com o tecido pulpar vital, também promove a formação de dentina reparadora⁵⁴.

O carbonato de cálcio foi utilizado como componente do pó (15%). Uma característica importante deste é que atua como um local de nucleação para *calcium silicate hydrate* (C-S-H) reduzindo assim a duração do período de presa⁵⁴.

Segundo Reis⁵⁴ o Biodentine apresenta diversas vantagens, tais como, capacidade de absorção e concentração de íons de cálcio na dentina, o tempo reduzido de presa, a resistência à compressão e a manutenção da estabilidade da coloração da estrutura dentária. Referências realizadas sobre sua citotoxicidade, atividade antimicrobiana e genotoxicidade apresentam resultados favoráveis.

De acordo com Faraoni et. al.⁵⁵ o tempo de endurecimento é uma prioridade para um cimento protetor, pois indica o intervalo de tempo disponível para a utilização do material após a manipulação do mesmo. Essa propriedade pode sofrer interferência de fatores como temperatura, relação entre pó e líquido, granulometria, pH e ambiente. O Biodentine apresenta um tempo menor de endurecimento em relação ao MTA.

Rajasekharan et. al.⁵⁶ referem que o Biodentine apresentou maior resistência à compressão do que o MTA, mesmo após alterações de pH. Alsubait et. al. (78) recomendaram o adiamento do condicionamento ácido até uma semana depois da

colocação do Biodentine para reduzir casos de redução das propriedades dos materiais, especialmente a resistência à compressão.

A força de adesão refere-se à vedação adequada e adesão à dentina. Kaur et al.⁵⁹ compararam a força de adesão do Biodentine e do MTA em intervalos de 2, 7 e 14 dias. A força de adesão do Biodentine foi superior à do MTA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O hidróxido de cálcio puro ou associado a outros medicamentos ainda é o material mais escolhido pelos Médicos Dentistas nos casos de rizogénese incompleta e necrose pulpar, pois induz o encerramento apical da raiz, apresenta facilidade de execução da técnica e o índice de sucesso é alto, com base na vasta literatura sobre casos clínicos de sucesso.

Pode-se verificar que a apexificação é um tema muito abordado no campo da odontologia e esta revisão sistematizou sobre os principais achados que envolvem esse procedimento.

Relataram-se os agentes etiológicos que levam à necessidade do referido tratamento, além da análise da apexificação para o tratamento da rizogénese incompleta, ressaltando as principais técnicas utilizadas.

Acredita-se que estudos futuros devem conceber pesquisas sobre o sucesso da apexificação em crianças e adultos, comparando as técnicas e o tempo de tratamento, além da diferença de custo e eventuais problemas, relacionando também as taxas de sucesso. Deste modo, o médico dentista pode conhecer as técnicas para aplicação do melhor procedimento em cada caso.

BIBLIOGRAFIA

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Ribeiro I. L. A., de Melo R. T. C., Trigueiro D. A., dos Santos Ferreira G.; Conduta clínica de cirurgiões-dentistas de João Pessoa-PB no tratamento endodôntico de dentes com rizogênese incompleta. Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo, 2017; 26(3), 212-218.
2. Marques E. F., Dantas W. C. F., Lins R. X., Marceliano-Alves M. F. V.; Apicificação com MTA para obturação de dente traumatizado: relato de caso. Dent. press endod, 2018; 8(1), 17-22.
3. Gründling G. S. L., Gruendling Á., Gründling C. A., Santos R. B.; Apicificação em dente com fratura coronorradicular: relato de caso clínico. RFO UPF, 2010; 15(1), 77-82.
4. Massunari L., Mendes C. C., Lodi C. S., Danelon M., Nery M. J., Gomes-Filho, J. E.; Apicificação: uma alternativa de tratamento para dentes traumatizados e com rizogênese incompleta. Revista de Odontologia da UNESP, 2013; 41(Especial), 0-0.
5. Moro E. D. P., Kozlowski Junior V. A., Alves F. B. T.; Apexificação com hidróxido de cálcio ou agregado trióxido mineral: revisão sistemática. Revista de Odontologia da UNESP, 2013; 42(4), 310-316.
6. de Lavôr M. L. T., da Silva E. L., Vasconcelos M. G., Vasconcelos, R. G.; Uso de hidróxido de cálcio e MTA na odontologia: conceitos, fundamentos e aplicação clínica, 2017.
7. Minayo M. D. S., de Souza C.; O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 8ª Edição. São Paulo: Hucitec, 2004; 201-219
8. Limoeiro A.G.S.; Revascularização pulpar: relato de caso clínico. Dent. press endod, v. 5, n. 2, p. 74-84, 2015.
9. Gomes Filho J. E., Mendes C. C., Watanabe S., Lodi C. S., Danelon M., Nery M. J., Júnior E.D.; Tratamento tardio de traumatismo dentário anterior pela técnica de apicificação. Dentária Press Endodontics, 2013; 78-83.
10. Vale M. S. D., Silva P. M. F. D.; Endodontic conduct post trauma in teeth with incomplete root formation. Revista de Odontologia da UNESP, 2013; 40(1), 47-52.

11. Trabinejad M., Abu- Tahun I.; Manejo dos dentes com polpas necróticas e ápices abertos. *Tópicos endodônticos*, 2010; v. 23, n. 1, p. 105-130.
12. Keswani D., Pandey R. K.; Revascularization of an immature tooth with a necrotic pulp using platelet-rich fibrin: a case report. *International endodontic journal*, 2013; 46(11), 1096-1104.
13. Toledo R., Britto M. L. B., Pallotta R. C., Nabeshima C. K.; Hidróxido de cálcio e iodofórmio no tratamento endodôntico de dentes com rizogênese incompleta. *IJD. International Journal of Dentistry*, 2010; 9(1), 28-37.
14. Torabinejad, M., & Turman, M. (2011). Revitalization of tooth with necrotic pulp and open apex by using platelet-rich plasma: a case report. *Journal of endodontics*, 37(2), 265-268.
15. Torres, J.C.M.; Técnicas de regeneração endodôntica. Tese de Doutorado. Universidade Fernando Pessoa. Faculdade de Ciências da Saúde – Porto, 2011.
16. Barbosa C. R. M.; Tratamento de Dentes com Rizogênese Incompleta: Regeneração Endodôntica, 2017.
17. Fouad A. F., Nosrat A.; Pulp regeneration in previously infected root canal space. *Endodontic Topics*, 2013; 28(1), 24-37.
18. Iwaya SI, Ikawa M., Kubota M.; Revascularização de um dente permanente imaturo com periodontite apical e trato sinusal. *Dental Traumatology*, 2001; 17 (4), 185-187.
19. Lovelace T. W., Henry M. A., Hargreaves K. M., Diogenes A.; Evaluation of the delivery of mesenchymal stem cells into the root canal space of necrotic immature teeth after clinical regenerative endodontic procedure. *Journal of endodontics*, 2011; 37(2), 133-138.
20. Chen M. H., Chen K. L., Chen C. A., Tayebaty F., Rosenberg P. A., Lin L. M.; Responses of immature permanent teeth with infected necrotic pulp tissue and apical periodontitis/abscess to revascularization procedures. *International endodontic journal*, 2012; 45(3), 294-305.
21. Wigler R., Kaufman A. Y., Lin S., Steinbock N., Hazan-Molina H., Torneck C. D.; Revascularization: a treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development. *Journal of endodontics*, 2013; 39(3), 319-326.

22. Hargreaves K. M., Giesler T., Henry M., Wang Y.; Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *Pediatric dentistry*, 2008; 30(3), 253-260.
23. Bansal R., Bansal R.; Regenerative endodontics: a state of the art. *Indian Journal of Dentária Research*, 2011; 22(1), 122.
24. Petrino J. A., Boda K. K., Shambarger S., Bowles W. R., McClanahan S. B.; Challenges in regenerative endodontics: a case series. *Journal of endodontics*, 2010; 36(3), 536-541.
25. dos Santos T. L., Dall'Magro E., Kuhn-Dall'Magro A., Corrêa B., Fronza B. M., Colla F.; Ação antimicrobiana do hipoclorito de sódio a 2, 5% e clorexidina gel 2% em raízes contaminadas com *Enterococcus faecalis*. *Revista da Faculdade de Odontologia-UPF*, 2012; 17(2).
26. Mafra S. C., Girelli C. F. M., Xavier V. F. G., Lacerda M. F. L., Lacerda G. P., Coelho R. G.; A eficácia da solução de EDTA na remoção de smear layer e sua relação com o tempo de uso: uma revisão integrativa. *Revista da Faculdade de Odontologia-UPF*, 2017; 22(1).
27. Kim J. H., Kim Y., Shin S. J., Park J. W., Jung I. Y.; Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *Journal of endodontics*, 2010; 36(6), 1086-1091.
28. Cehreli Z. C., Isbitiren B., Sara S., Erbas G.; Regenerative endodontic treatment (revascularization) of immature necrotic molars medicated with calcium hydroxide: a case series. *Journal of endodontics*, 2011; 37(9), 1327-1330.
29. Huang G. T. J., Sonoyama W., Liu Y., Liu H., Wang S., Shi S.; The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *Journal of endodontics*, 2008; 34(6), 645-651.
30. Choukroun, J.; Uma oportunidade em paro-implantologia: a PRF, 2001.
31. Shivashankar V.Y.; Comparação do efeito de PRP, PRF e sangramento induzido na revascularização de dentes com polpa necrótica e ápice aberto: um ensaio clínico randomizado, triplamente cego. *Jornal de pesquisa clínica e de diagnóstico: JCDR 11.6* (2017): ZC34.

32. Jadhav G., Shah N., Logani A.; Revascularization with and without platelet-rich plasma in nonvital, immature, anterior teeth: a pilot clinical study. *Journal of endodontics*, 2012; 38(12), 1581-1587.
33. Smith A. J., Scheven B. A., Takahashi Y., Ferracane J. L., Shelton R. M., Cooper, P. R.; Dentine as a bioactive extracellular matrix. *Archives of oral biology*, 2012; 57(2), 109-121.
34. Endodontists A. A. O.; *Glossary of Endodontic Terms*. Chicago: American Association of Endodontists, 2003.
35. Banchs F., Trope M.; Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *Journal of endodontics*, 2004; 30(4), 196-200.
36. Chueh L.H., Huang G.T.J.; Dentes imaturos com periodontite ou abscesso perirradicular em apexogênese: uma mudança de paradigma. *Journal of endodontics*, 2006; 32 (12), 1205-1213.
37. Cabral C. S. L., Genizelli L. O., Cruz R. G. Z., Pereira A. C., Moreira E. J. L., Silva E. J. N. L. D.; Treatment of immature permanent teeth with regenerative procedures or apicification: a systematic literature review. *Revista Brasileira de Odontologia*, 2016; 73(4), 336-339.
38. Fernandes K. G. C., Seki N. M. A., Moreti L. C. T., Simonato L. E., Cruz M. C. C., Boer N. C. P.; Regeneração endodôntica em dente permanente jovem portador de necrose pulpar e rizogênese incompleta: relato de caso clínico. *Archives of Health Investigation*, 2017; 6(7).
39. Valera M. C., Albuquerque M. T. P., Yamasaki M. C., Vassallo F. N. S., da Silva D. A. E. S. A., Nagata J. Y.; Fracture resistance of weakened bovine teeth after long-term use of calcium hydroxide. *Dentária Traumatology*, 2015; 31(5), 385-389.
40. Cosme-Silva L., Sakai V. T., Lopes C. S., Silveira A. P. P. D., Moretti Neto R. T., Gomes-Filho J. E., Moretti, A. B. D. S.; Comparison between calcium hydroxide mixtures and mineral trioxide aggregate in primary teeth pulpotomy: a randomized controlled trial. *Journal of Applied Oral Science*, 2019; 27.

41. Zenkner C. L., Pagliarin C. M. L., Barletta F. B.; Apicificação de incisivos centrais superiores usando hidróxido de cálcio: relato de caso. *Saúde (Santa Maria)*, 2009; 35(1), 16-20.
42. Maniglia-Ferreira C., Gomes F. D. A., Guimarães N. L. S. D. L., Vitoriano M. D. M., Ximenes T. A., Sousa B. C. D., Santos R. A. D.; Endodontic treatment for necrotic immature permanent teeth using MTA and calcium hydroxide: A retrospective study. *RSBO (Online)*, 2013; 10(2), 116-121.
43. Toledo R., Britto M. L. B., Pallotta R. C., Nabeshima C. K.; Hidróxido de cálcio e iodofórmio no tratamento endodôntico de dentes com rizogênese incompleta. *IJD. International Journal of Dentistry*, 2010; 9(1), 28-37.
44. de Castro A. N., de Oliveira D. C. R. S., Diniz L. N., Eulalia A. S., Paulillo L. A. M. S., da Silveira Pereira G. D.; Avaliação da utilização de MTA como plug apical em dentes com ápices abertos. *Revista Brasileira de Odontologia*, 2011; 68(1), 59.
45. Parirokh M., Torabinejad M.; Agregado de trióxido mineral: uma revisão abrangente da literatura - parte III: aplicações clínicas, desvantagens e mecanismo de ação. *Journal of endodontics*, 2010; 36 (3), 400-413.
46. Cardoso, Miguel Agostinho B. P.; Bioceramics in Tissue Regeneration in Furcation Perforations in a Canine Model. Tese de Doutoramento em Ciências Veterinárias – Ciências Biomédicas. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2017.
47. Meshram P., Meshram V., Palve D., Patil S., Gade V., Raut, A.; Comparative evaluation of microleakage around Class V cavities restored with alkasite restorative material with and without bonding agent and flowable composite resin: An in vitro study. *Indian Journal of Dentária Research*, 2019; 30(3), 403.
48. Siqueira Jr J. F., Rôças I. N., Lopes H. P., Alves F. R., Oliveira J. C. M., Armada L., Provenzano J. C.; Princípios biológicos do tratamento endodôntico de dentes com polpa necrosada e lesão perirradicular. *Revista Brasileira de Odontologia*, 2012; 69(1), 08.
49. Han L., & Okiji T.; Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate–based endodontic materials into root canal dentine. *International endodontic journal*, 2011; 44(12), 1081-1087.

50. Damle S., Bhattal H., Loomba A.; Apexification of anterior teeth: a comparative evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide paste. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2012; 36(3), 263-268.
51. Centenaro W., Palma L., Anziliero L.; Apicificação em dentes permanentes com rizogénese incompleta: relato de caso e revisão de literatura, 2014.
52. Patil S. A., Patil A. A., & Dodwad P. K.; Management of non-vital teeth with open apices using MTA as an apical plug: two case reports. *World Journal of Dentistry*, 2011; 2, 45-48.
53. Calaça P.; Estudo clínico retrospectivo de Apexificação com ProRoot® MTA. Dissertação de Mestrado, 2014.
54. REIS, M.S.; Efeito biológico do Biodentine® e do MTA sobre exposição de tecido pulpar e periodontal da furca: estudo em ratos. 2015.
55. Grech L., Mallia B., Camilleri J.; Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dentária Materials*, 2013; 29(2), e20-e28.
56. Camilleri J., Sorrentino F., & Damidot D.; Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dentária Materials*, 2013; 29(5), 580-593.
57. Butt N., Talwar S., Chaudhry S., Nawal R. R., Yadav S., & Bali, A.; Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian journal of dental research*, 2014; 25(6), 692.
58. Rajasekharan S., Martens L. C., Cauwels R. G. E. C., Verbeeck R. M. H.; Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a review of the literature. *European archives of paediatric dentistry*, 2015; 15(3), 147-158.
59. Kaur M., Singh H., Dhillon J. S., Batra M., & Saini M.; MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 2017; 11(8), ZG01.
60. Çaliskan, M.K.; Pulpotomy of carious vital teeth with periapical involvement. *Internacional Endodontic Journal*, 1995; 28: 172- 6

61. Shabahng, S.; Treatment options: apexogenesis and apexification. *Pediatr Dent*, Chicago, v.35, n. 2, p. 125-128, Mar./Apr. 2013.
62. Rafter M; Apexification: a review; *Dent Traumatol* 21:1-8, 2005.
63. Shabahang S.; Treatment options: apexogenesis and apexification. *Journal of Endodontics*. 2013;39(3): S26–S29
64. Martin R. L., Monticelli F., Brackett W. W.; Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *Journal of Endodontics*. 2007;33(3):272–275
65. Torabinejad M., Pairokh M.; Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. *Journal of Endodontics*. 2010;36(2):190–202
66. Mohammadi Z; Strategies to manage permanent non-vital teeth with open apices: a clinical update. *International Dental Journal*. 2011;61(1):25–30
67. Mooney G. C., North S. The current opinions and use of MTA for apical barrier formation of non-vital immature permanent incisors by consultants in paediatric dentistry in the UK. *Dental Traumatology*. 2008;24(1):65–69
68. Nowicka A., Lipski M., Parafiniuk M.; Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*. 2013;39(6):743–747
69. Pérard M., Le Clerc J., Meary F., Pérez F., Tricot-Doleux S., Pellen-Mussi P.; Spheroid model study comparing the biocompatibility of Biodentine and MTA. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2013;24(6):1527–1534
70. Han L., Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *International Endodontic Journal*. 2013;46(9):808–814
71. Jeeruphan T., Jantarat J., Yanpiset K., Suwannapan L., Khewsawaim P., Hargreaves K. M.; Estudo Mahidol 1: Comparação dos resultados radiográficos e de sobrevivência de dentes imaturos tratados com métodos endodônticos regenerativos ou apexificação: um estudo retrospectivo; *Journal Endodontic*, 2012; 38(10):1330-6