

FACULDADE SETE LAGOAS- FACSETE
Graduação em Odontologia

LEONARDO LINCOLN DE MELO AGUIAR

**O USO DE CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA OBTURAÇÃO DE CANAIS
RADICULARES: Revisão Bibliográfica**

Belo Horizonte

2021

BELO HORIZONTE
2021
LEONARDO LINCOLN DE MELO AGUIAR

**O USO DE CIMENTOS BIOCERÂMICOS PARA OBTURAÇÃO DE CANAIS
RADICULARES: Revisão Bibliográfica**

Monografia apresentada ao curso de Pós Graduação da Faculdade de Sete Lagoas - FACSETE - Unidade Belo Horizonte/MG, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Endodontia.

Orientador: Prof. MS. Hector Michel de Sousa Rodrigues

BELO HORIZONTE
2021

Apresentação da Monografia em ____/____/____ ao curso de Especialização em Endodontia.

Monografia intitulada “**O uso de cimentos biocerâmicos para obturação de canais radiculares: Revisão Bibliográfica**”, de autoria do aluno **Leonardo Lincoln de Melo Aguiar**.

Coordenador: Prof. MS. Daniel Sousa Pardini

Orientador: Prof. MS. Hector Michel de Sousa Rodrigues

Dedico este importante momento aos meus queridos familiares,
em especial aos meus pais, por ser minha base, exemplos de força e obstinação,
sem eles eu nada seria.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem tornado este momento possível e tão especial.

A todos os amigos e colegas que se fizeram presentes nessa importante etapa, ajudando a encarar as aulas, seminários e clínicas com jovialidade e alegria.

Ao querido Orientador Daniel Pardini, exemplo de competência e generosidade, sempre muito prestativo e que agregou muito em todo o aprendizado.

Ao querido coordenador e professor Hector, de competência ímpar, que compartilhou tanto conhecimento, ajudando a moldar caráter ético e profissional.

“Cada adversidade, cada fracasso, cada dor de cabeça carrega consigo a semente de um benefício igual ou maior”

(Napoleon Hill)

RESUMO

O sucesso dos procedimentos endodônticos está intimamente ligado à manutenção de um periodonto perirradicular saudável e íntegro, com eliminação ou maior redução possível dos patógenos locais. Um dos procedimentos mais frequentes no contexto da endodontia são as obturações de canais radiculares, dessa forma, é importante que os materiais obturadores apresentem atividades antimicrobianas, como é o caso dos cimentos biocerâmicos. Historicamente, muitos materiais foram utilizados em obturações sendo substituídos à medida que novas opções se mostravam mais toleráveis, até que foi proposta, na década de 1990, a utilização de materiais que não se limitassem a serem tolerados, mas que interagissem ativamente com os tecidos adjacentes de forma positiva para o hospedeiro. Sendo assim, além da preocupação acerca da biocompatibilidade dos materiais, surgiu a demanda pela bioatividade dos mesmos. Nesse contexto, surgiu a primeira geração de cimentos biocerâmicos, constituída por materiais à base de MTA com adição de óxidos de bismuto. Os silicatos de cálcio presentes na composição permitiam que os selantes formassem hidroxiapatita quando hidratados, permitindo a adesão entre o selante e a dentina, bem como entre o selante e os cones de guta percha. A adição dos óxidos de bismuto conferia radiopacidade ao selante, permitindo a avaliação radiológica do tratamento. Estas propriedades iniciais eram vantajosas e foram mantidas na geração mais recente de cimentos biocerâmicos, no entanto, os primeiros biocerâmicos apresentavam desvantagens em relação a suas propriedades físicas e químicas que precisavam ser corrigidas. Os cimentos biocerâmicos atuais são o que há de mais recente no contexto de materiais obturadores. Além de se mostrarem biocompatíveis e bioativos, estimulando o crescimento dos tecidos adjacentes, os cimentos biocerâmicos permitem que os dentes obturados tenham propriedades físicas semelhantes a elementos saudáveis, também apresentam atividade antimicrobiana satisfatória, culminando na redução de cerca de 50% da carga de patógenos após 30 dias. A revisão feita na literatura permite concluir que os cimentos biocerâmicos são superiores aos demais materiais disponíveis, pois, são biocompatíveis e bioativos por definição, vêm demonstrando uma elevada taxa de sucesso terapêutico sem que o elemento tratado tenha perda de função ou defeitos estéticos, além de se mostrarem superiores aos demais materiais disponíveis quando submetidos a testes de suas propriedades físicas e químicas.

Palavras-chave: Cimentos dentários. Endodontia regenerativa. Obturação do canal radicular.

ABSTRACT

The success of endodontic procedures is closely linked to the maintenance of a healthy and intact periradicular periodontal, with elimination or the greatest possible reduction of local pathogens. One of the most frequent procedures in the context of endodontics is root canal fillings, thus, it is important that filling materials have antimicrobial activities, as is the case with bioceramic cements. Historically, many materials were used in fillings, being replaced as new options proved more tolerable, until was proposed, in the 1990s, the use of materials that were not limited to being tolerated, but that actively interact with the adjacent tissues positively to the host. Thus, in addition to the concern about the biocompatibility of materials, there was a demand for their bioactivity. In this context, the first generation of bioceramic cements emerged, consisting of MTA-based materials with the addition of bismuth oxides. The calcium silicates present in the composition allowed the sealants to form hydroxyapatite when hydrated, allowing adhesion between the sealant and dentin, as well as between the sealant and gutta percha cones. The addition of bismuth oxides conferred radiopacity to the sealant, allowing radiological evaluation of the treatment. These initial properties were advantageous and were maintained in the latest generation of bioceramic cements, however, the first bioceramics had disadvantages in relation to their physical and chemical properties that needed to be improved. Current bioceramic cements are the most recent in the context of filling materials. In addition to being biocompatible and bioactive, stimulating the growth of adjacent tissues, bioceramic cements allow filled teeth to have physical properties similar to healthy elements, they also present satisfactory antimicrobial activity, culminating in a reduction of about 50% of the pathogen load after 30 days. The literature review allows us to conclude that bioceramic cements are superior to other available materials, as they are biocompatible and bioactive by definition, they have demonstrated a high rate of therapeutic success without the treated element having loss of function or aesthetic defects, in addition to being shown superior to other materials available when subjected to tests of their physical and chemical properties.

Keywords: Dental resins. Regenerative endodontics. Root canal obturation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ISO	Organização Internacional de Normatização
MTA	Agregado Trióxido Mineral
NBR	Normas Brasileiras
pH	Potencial hidrogeniônico
ADA	American Dental Association
FDA	Food and Drugs Administration

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 PROPOSIÇÃO	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 Aspectos históricos da implementação dos cimentos biocerâmicos	14
3.2 A primeira geração de cimentos biocerâmicos	16
3.3 O que são biocerâmicas e sua classificação quanto a atividade tecidual ...	19
3.4 Propriedades ideais dos cimentos biocerâmicos	20
3.5 Materiais obturadores à base de biocerâmicas disponíveis no mercado	23
3.6 Propriedades físicas e químicas dos cimentos biocerâmicos.....	25
3.7 Prognóstico do tratamento de canais radiculares com cimentos biocerâmicos	27
4 DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O sucesso dos procedimentos endodônticos se reflete na manutenção de um periodonto perirradicular saudável, assim sendo, a erradicação, ou ao menos a redução a níveis insignificantes, dos patógenos infectantes dos canais radiculares, deve ser o objetivo principal do procedimento, uma vez que estes patógenos levam ao desenvolvimento de periodontite apical e perirradicular (Debelian, Trope, 2016; Al-Hiyasat, Alfirjani, 2019).

O controle microbiano dos canais radiculares é, portanto, a fase inicial do tratamento do canal e inclui a instrumentação, irrigação e medicação intracanal, todavia, é necessário fazer um preenchimento do canal radicular de modo a prevenir reinfecções (Debelian, Trope, 2016). Camilleri (2017) apresenta situações em que preenchimento do canal radicular se faz necessário devido a perda da vitalidade e função da polpa, como traumas dentárias, cáries, desgaste excessivo ou até mesmo devido a danos iatrogênicos à polpa durante procedimentos. Nestas circunstâncias, Debelian & Trope (2016) reforçaram a relevância da aplicação de cimentos biocerâmicos, pois além de preencherem o canal radicular, contribuem para a descontaminação (fase de controle microbiano), corroborando para o sucesso do tratamento endodôntico.

A escolha da metodologia a ser utilizada para preenchimento do canal radicular é feita em conformidade com a maturidade da raiz. Para elementos que apresentem rizogênese incompleta o procedimento de escolha é a apexificação (ou apicificação), enquanto para os elementos maduros, já completamente formados, o procedimento de escolha é a obturação, que será objeto de estudo do presente

trabalho, em especial a obturação com utilização de cimentos biocerâmicos, que vem ganhando cada vez mais espaço na Endodontia (Camilleri, 2017).

Para o procedimento de obturação, o canal radicular é preenchido com cone de guta percha, que se apresenta em estado sólido, associado a um selante, que se apresenta em estado plástico. Ao longo dos anos, com a evolução dos conhecimentos em endodontia, as técnicas de obturação vêm sendo aperfeiçoadas. A fixação da guta percha era feita, inicialmente, através de técnicas de condensação lateral que posteriormente foram substituídas por técnicas de compactação vertical a quente. Atualmente, considera-se como melhor opção a utilização de cimentos biocerâmicos, que interagem com a dentina radicular e resultam significativamente em menos porosidade se comparados às técnicas de fixação anteriores (Khalil et al., 2016).

Os cimentos biocerâmicos são formados a partir da combinação entre silicato de cálcio e fosfato de cálcio, que lhes conferem características físicas e químicas desejáveis no contexto da endodontia como pH alcalino, radiopacidade e biocompatibilidade, além de não sofrerem contração e serem quimicamente estáveis em ambiente biológico. A utilização dos cimentos biocerâmicos como selantes nas obturações, além de possibilitar um melhor preenchimento do canal radicular, induz bioatividade quando em contato com os fluidos da superfície dentária, formando hidroxiapatita e, por fim, uma ligação entre a dentina e o material obturador (guta percha). A região de interação entre os materiais biocerâmicos e a dentina é denominada zona de infiltração mineral (Khalil et al., 2016; Candeiro et al., 2012).

Em suma, a utilização de cimentos biocerâmicos como selantes nas obturações torna as raízes mais resistentes e promove melhor adesão entre o material obturador e a dentina radicular através do intertravamento micromecânico e da

penetração do cimento nos túbulos dentinários, além da adesão química proporcionada pela zona de infiltração mineral, possibilitando que a obturação forme um bloco único. A formação do monobloco com propriedades físicas e químicas próximas às da dentina e a resistência à contração, previne reinfecções e promove a manutenção funcional e da resistência à fratura do elemento obturado (Osiri et al., 2018).

2 PROPOSIÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo a realização de uma revisão de literatura quanto à utilização dos cimentos biocerâmicos no processo de obturação de canais radiculares, além de versar sobre suas propriedades e características, comparando-os com outros materiais utilizados em procedimentos endodônticos semelhantes.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Aspectos históricos da implementação dos cimentos biocerâmicos

A história das técnicas utilizadas em cirurgias endodônticas é muito vasta, tendo registros datados de 150 anos atrás, no entanto, a partir da segunda metade do século XX a Endodontia vem experimentando avanços cada vez mais significativos, em especial na Europa e nas Américas, com uma crescente preocupação em aperfeiçoar as técnicas cirúrgicas, os materiais utilizados, o manejo dos tecidos moles e, conseqüentemente, os resultados finais do tratamento (Abusrewil et al., 2018).

Em busca do aperfeiçoamento dos materiais cirúrgicos, diversos materiais restauradores foram testados em obturações de canais radiculares ao longo da história. No final do século XIX e por boa parte do século XX foram utilizados amálgamas como material de obturação, em especial o amálgama de prata, fortemente consagrado e com muitas evidências de sucesso clínico. No entanto, por se tratar de uma mistura de mercúrio, prata, estanho e cobre, podendo conter ainda outros metais, há um risco potencial de intoxicação por metais pesados (como o mercúrio) dos indivíduos que os recebem, ou ainda, contaminação do meio ambiente devido ao uso e/ou descarte inadequados, de modo que as restaurações de amálgamas atualmente são banidas em países como Noruega, Dinamarca e Suécia (Santos et al., 2016).

Com a crescente preocupação acerca dos materiais utilizados em procedimentos endodônticos, uma propriedade de grande destaque tem sido a biocompatibilidade, propriedade esta que é ainda mais relevante no contexto das obturações de canais radiculares, devido ao contato direto do selante com os tecidos

perirradiculares. Dessa forma, os selantes não podem ser tóxicos, corrosivos ou produzirem irritação nos tecidos perirradiculares, assim como não devem causar descoloração tecidual ou estimular regeneração do periodonto (Abusrewil et al., 2018).

Além da biocompatibilidade, o empenho em buscar melhorias nos materiais utilizados nos procedimentos endodônticos, aumentou a lista de características desejáveis aos selantes utilizados, como atividade antimicrobiana; capacidade de formar um selo impermeável ao sistema de canais radiculares, selando todos os portais de comunicação entre os tecidos pulpar e perirradicular; bem como propiciar um ambiente clínico menos estressante, através de características físicas que facilitem o manuseio e facilitem a avaliação posterior de resultados, como um menor tempo de presa e radiopacidade (Abusrewil et al., 2018).

O anseio pelo aperfeiçoamento de materiais cirúrgicos não se restringiu aos profissionais odontologistas. A partir das décadas de 1960 e 1970 médicos e cirurgiões dentistas desenvolveram materiais biocerâmicos, visando aplica-los em articulações, placas ósseas, cimentos ósseos, ligamentos e tendões artificiais, próteses de vasos sanguíneos, válvulas cardíacas, entre outros. Entendemos como biocerâmicas materiais inorgânicos, não metálicos, que se mostrem biocompatíveis, ou seja, sejam tolerados de forma transitória ou permanente pelos tecidos de organismos vivos. Existem diversos exemplos de materiais biocerâmicos amplamente utilizados, como alumina, zircônia, vidro bioativo, hidroxiapatita, fosfatos de cálcio reabsorvíveis, dióxido de titânio entre outros materiais cerâmicos com propriedades semelhantes (Debelian, Trope, 2016).

Neste contexto, os profissionais passaram a buscar materiais que além de não serem rejeitados pelo organismo, extrapolassem essa aceitação e interagissem com o tecido induzindo atividade biológica. Torabinejad propôs então a utilização de

cimentos compostos por silicatos de cálcio, capazes de interagir com a superfície dentinária, formando hidroxiapatita. O primeiro cimento a base de silicato de cálcio desenvolvido e testado em ensaios clínicos foi o Agregado Trióxido Mineral (MTA), em trabalhos propostos por Torabinejad et al. (1993) surgindo como alternativa no preenchimento do canal radicular, por se mostrar superior a outros materiais obturadores tradicionais como amálgama, guta-percha (quando usada isoladamente) e cimento de ionômero de vidro, sendo também indicado no tamponamento direto, apicificação e reparo de perfurações em odontologia. Os estudos realizados pelo autor, bem como as observações feitas pelos profissionais na prática clínica, demonstraram que o MTA apresentava boa capacidade de selamento e biocompatibilidade, estimulando a propagação de seu uso (Tang et al., 2019).

3.2 A primeira geração de cimentos biocerâmicos

Como visto na evolução histórica dos materiais endodônticos, o primeiro cimento biocerâmico a ganhar destaque e ser amplamente utilizado foi o MTA, composto por silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxidos tricálcicos, óxido de silicato e outros materiais, apresentando-se como um pó hidrofílico que ao ser hidratado forma um gel coloidal que se solidifica formando uma estrutura rígida (Solanki et al., 2018).

Ao passo que o MTA cresceu em relevância e utilização na prática clínica, diversos estudos passaram a ser realizados sobre o material comparando-o a outros materiais já amplamente utilizados. Quando analisado em relação à sua composição química, o MTA se mostrou bastante semelhante aos cimentos de Portland, diferenciando-se basicamente pela presença do óxido de bismuto, que era adicionado

ao MTA como material radiopacificador, facilitando a avaliação do sucesso do tratamento através dos exames radiológicos (Camilleri, 2017).

A semelhança estrutural entre o MTA e os cimentos de Portland faz com que estes compartilhem, similarmente, preocupações em relação ao uso clínico. O cimento Portland apresenta oligoelementos como alumínio, arsênio, chumbo e cromo, que, embora apresentem volumes insignificantes de lixiviação em solução, trazem preocupação devido ao contato destes metais com os tecidos humanos duros e moles. Buscando conferir segurança ao uso clínico do MTA, sua fabricação é feita em condições melhor controladas, resultando em maior grau de pureza, com partículas menores e mais regulares, além da radiopacidade adequada, conferida pelo óxido de bisumuto. (Camilleri, 2017).

A presença do alumínio na composição do MTA também foi estudada por Camilleri (2017) que testou algumas apresentações comerciais do material. Em sua pesquisa o autor observou um pico da concentração de alumínio no tecido cerebral de animais testados após 7 dias da implantação do MTA Angelus e 60 dias após a implantação do Theracal e MTA Fillapex. É importante salientarmos que a literatura médica descreve uma associação positiva entre altos níveis de alumínio em contato com tecidos humanos e o desenvolvimento da doença de Alzheimer.

Um dos componentes do MTA é o sulfato de cálcio, que atua retardando o tempo de presa do material, resultando em um período de endurecimento em torno de 2 horas e 45 minutos, devendo haver proteção do material até seu endurecimento completo. Ao longo do período de endurecimento, e até mesmo alguns dias após a aplicação do MTA, o material sofre alterações em suas propriedades. O pH do MTA aumenta de 10,2 logo após sua mistura para 12,5 após 3 horas de sua aplicação e a partir de então permanece inalterado. A resistência à compressão também aumenta

com o tempo, passando de 40 MPa após 24 para 67,3 MPa após 21 dias da aplicação. O tempo de presa do MTA se apresentou como um obstáculo que buscou-se superar com os novos cimentos biocerâmicos, que além de menor tempo de presa apresenta uma resistência a compressão bastante elevada em relação ao MTA (Solanki et al., 2018).

Outra característica que favoreceu a busca por novos cimentos biocerâmicos é a alteração de cor dentária. Inicialmente utilizava-se o MTA cinza, com maior concentração de Ferro em sua composição e acreditava-se que a presença do metal era responsável pelas alterações de cor. Visando minimizar esta desvantagem, surgiu o MTA branco, com concentração de Ferro cerca de 10 vezes menor e, por ser branco, apresentando-se muito mais próximo da coloração do dente. No entanto, a aplicação clínica do MTA branco também levou a alterações na cor dentária, demonstrando que tal alteração não decorria da presença do Ferro. Posteriormente descobriu-se que, na verdade, a descoloração dentária resultava da interação entre óxido de bismuto com hipoclorito de sódio e formaldeído, bem como o contato com o colágeno e, portanto, com a estrutura dentária (Camilleri, 2017).

De maneira geral o MTA apresenta propriedades físicas e biológicas excelentes, no entanto, seu uso sempre foi desafiador por adversidades como a sensibilidade técnica, tempo de presa prolongado, baixa resistência mecânica e alto custo. Visando superar estas desvantagens, surgiram os novos cimentos restauradores a base de silicato de cálcio, como a Biodentina, entre outras biocerâmicas. (Solanki et al., 2018).

3.3 O que são biocerâmicas e sua classificação quanto a atividade tecidual

A biocerâmica ainda é considerada uma novidade em endodontia, sendo um dos materiais mais recentemente introduzidos à prática clínica, ganhando crescente relevância ao longo das três últimas décadas. Cerâmicas são materiais inorgânicos e não metálicos que resultam do aquecimento de minerais brutos a altas temperaturas. Por sua vez, as biocerâmicas são materiais cerâmicos biocompatíveis ou óxidos de metal com boa capacidade de selamento, atividade antibacteriana e antifúngica, que podem ser utilizados com segurança em reparos teciduais, com aplicações na medicina e na odontologia (Al-Haddad, Aziz, 2016; Raghavendra et al., 2017).

Os cimentos biocerâmicos são materiais projetados especificamente para uso médico e odontológico. Estes materiais incluem alumina, zircônia, vidro bioativo, cerâmica de vidro, hidroxiapatita, fosfatos de cálcio, silicatos de cálcio e vidros de radioterapia. Estes materiais são dispostos em diversas classificações, sendo a mais simples dela a classificação feita com base na interação entre o material e o tecido vivo adjacente ao implante, distinguindo-se três classes de materiais: os materiais bioinertes, os bioativos e os biodegradáveis (Al-Haddad, Aziz, 2016; Raghavendra et al., 2017).

Os materiais bioinertes são aqueles que não interagem com sistemas biológicos, produzindo uma resposta insignificante do tecido circundante, não tendo, na prática, nenhum efeito biológico ou fisiológico. São exemplos de materiais bioinertes a alumina e a zircônia. Os materiais bioativos, por sua vez, são aqueles que interagem significativamente com os tecidos vivos circundantes, estimulando o crescimento de tecidos mais duráveis. São exemplos de materiais bioativos os

silicatos de cálcio, hidroxiapatita, vidros bioativos e cerâmicas de vidro bioativas. Por fim, temos os materiais biodegradáveis que, em decorrência de sua interação com os tecidos adjacentes, são eventualmente substituídos ou incorporados por tecidos próprio do hospedeiro. Como exemplos de materiais biodegradáveis podem citar o fosfato tricálcico e alguns vidros bioativos (Al-Haddad, Aziz, 2016; Raghavendra et al., 2017).

3.4 Propriedades ideais dos cimentos biocerâmicos

A segunda geração de cimentos biocerâmicos, visando eliminar os traços de oligoelementos e de alumínio, foi desenvolvida usando cimento de silicato tricálcico puro e não mais o cimento Portland. Ainda no intuito de superar as limitações do MTA, o óxido de bismuto foi substituído por radiopacificadores alternativos, além do acréscimo de aditivos que diminuem o tempo de presa e aumentam a resistência dos novos materiais (Camilleri, 2017).

Tendo em vista a evolução histórica dos materiais endodônticos, os cimentos biocerâmicos surgem no intuito de superar desvantagens apresentadas pelos materiais anteriores. Dessa forma, há uma série de propriedades que esperamos que os cimentos endodônticos apresentem, enquanto selantes do canal radicular, conforme encontrado na literatura pesquisado.

Biocompatibilidade: entendida como a habilidade de um material em propiciar uma resposta adequada e vantajosa ao hospedeiro quando em contato com seus tecidos. Em outras palavras, podemos dizer que os materiais são biocompatíveis quando não desencadeiam reações adversas, como toxicidade, irritação, inflamação, alergia ou carcinogenicidade. A biocompatibilidade é indispensável a qualquer selante

utilizado nos canais radiculares, pois este constitui um implante verdadeiro que fica em contato direto com o tecido vital nos forames apicais e laterais da raiz e indiretamente através da superfície de restauração (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Tempo de endurecimento (ou tempo de presa): apesar das inúmeras vantagens do MTA, a literatura ressalta como uma de suas maiores desvantagens seu longo tempo de presa, dessa forma, esperamos dos novos materiais biocerâmicos uma redução no tempo de trabalho. Ensaios clínicos como o de Raghavendra et al. (2017) evidenciaram menores tempos de presa para os novos biocerâmicos, que se mostraram, de modo geral, inferiores a 1 hora, tempo este significativamente inferior ao do MTA, que era próximo de 3 horas.

Fluxo: é a propriedade que permite aos selantes atingir regiões de difícil acesso do dente, preenchendo os canalículos dentinários, istmo, canais acessórios e espaços vazios entre os cones principais e acessórios. A ISO 6786/2001 define que os selantes de canais radiculares devem ter uma taxa de fluxo não inferior a 20 mm (Al-Haddad, Aziz, 2016; Khalil et al., 2016).

Retratibilidade: espera-se que os selantes possam ser removidos do elemento caso haja necessidade de trata-lo novamente, uma vez que a maior parte do material remanescente no canal após o tratamento é justamente o selante (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Solubilidade: entende-se como a perda de massa de um material quando imerso em solução aquosa. Órgãos internacionais definem que a solubilidade de um cimento utilizado em canal radicular não deve exceder 3% em massa. Esta baixa solubilidade é importante para que não se formem lacunas dentro do material ou entre este e a dentina radicular, pois estas lacunas possibilitariam o vazamento do selante

para a cavidade oral e tecidos periapicais, podendo causar repercussões clínicas e a demanda por um novo tratamento (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Descoloração da estrutura dentária: quando pensamos em procedimentos odontológicos, não podemos desconsiderar o componente estético do tratamento, dessa forma, inclui-se entre as características desejáveis aos selantes que este não gere alterações de cor dentária, ou seja, não manche o elemento obturado (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Radiopacidade: a radiopacidade é a capacidade de um tecido em absorver os raios-x em exames de imagem. É importante que os cimentos utilizados no canal radicular sejam suficientemente radiopacos para se tornarem distinguíveis das estruturas anatômicas adjacentes, permitindo assim a avaliação imaginológica do tratamento. A norma ISSO 6876/2001 define que a radiopacidade mínima para um cimento endodôntico deve se basear em um padrão de referência de 3,00mm de alumínio (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Atividade antimicrobiana: o sucesso do tratamento endodôntico relaciona-se diretamente ao controle da infecção local, dessa forma, o cimento endodôntico ideal deve apresentar atividade antimicrobiana, eliminando infecções intrarradiculares residuais que tenham sobrevivido ao tratamento do canal ou que invadam posteriormente o canal por microinfiltração, aumentando assim a taxa de sucesso dos tratamentos endodônticos (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Adesão: além de ocupar os espaços mais difíceis, onde o cone de guta percha não alcança, é de suma importância que o selante tenha uma boa adesão tanto com a dentina quanto com a guta percha. Vale ressaltar que alguns autores como Tagger et al. (apud Al-Haddad, Aziz, 2016) argumentaram que o termo mais

preciso seria colagem, visto que a fixação entre as substâncias se dá por intertravamento mecânico ao invés de adesão molecular (Al-Haddad, Aziz, 2016).

3.5 Materiais obturadores à base de biocerâmicas disponíveis no mercado

Os materiais biocerâmicos podem ser descritos, em suma, como materiais cerâmicos capazes de interagir e modular a resposta tecidual, estimulando seu crescimento e o retorno das funções teciduais normais. Os primeiros materiais biocerâmicos e uma parcela significativa dos materiais atuais são cimentos à base de silicatos de cálcio. No início da década de 1990 apenas um material, ainda experimental, apresentava tais características, o MTA, persistindo assim até 1998. Atualmente contamos com mais de vinte materiais odontológicos à base de silicatos di ou tricálcicos ao redor do mundo (Primus et al., 2019).

Embora o número de cimentos biocerâmicos tenha crescido significativamente, muitos destes materiais ainda são experimentais e ainda precisarão passar por validação clínica e laboratorial. Al-Haddad & Aziz (2016) dispuseram alguns exemplares já validados, que recorrentemente aparecem na literatura acerca de materiais biocerâmicos, em três categorias: selantes à base de silicato de cálcio; selantes à base de MTA; e selantes à base de fosfato de cálcio.

Dentre as categorias citadas por Al-Haddad & Aziz (2016), os selantes à base de MTA são os que já se apresentam a mais tempo no mercado, incluindo materiais de fabricação nacional como o MTA-Fillapex (Angelus, Londrina, Brasil) - composto por resina de salicilato, resina diluente, resina natural, trióxido de bismuto, sílica nanoparticulada, MTA e pigmentos - e o MTA-Angelus (Angelus, Londrina, Brasil) - composto por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico,

aluminoferrite tetracálcico, óxido de bismuto, óxido de ferro, carbonato de cálcio, óxido de magnésio, sílica cristalina e resíduos (óxido de cálcio, óxido de magnésio livre e compostos de potássio e sulfato de sódio), além de representantes internacionais como o Endo CPM sealer (Egeo, Buenos Aires, Argentina) e o ProRoot Endo Sealer (DENTSPLY Tulsa Dental Specialties, Jhonson City, EUA).

Os cimentos à base de silicato de cálcio apresentam em sua composição óxido de zircônio, silicatos de cálcio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio, materiais de enchimento e materiais espessantes, tendo como exemplos desta categoria o iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canadá), o EndoSequence BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, EUA), entre outros. Por sua vez, os cimentos à base de fosfato de cálcio já validados no mercado, como os cimentos de apatita Sankin para o canal radicular dos tipos I, II e III (Sankin, Tóquio, Japão) se apresentam na forma de pó contendo fosfato alfa-tricálcico e apatita hidroxí-Sankin (com adição de iodofórmio ao pó nos tipos II e III), que durante o preparo deve ser misturado com um líquido fornecido juntamente pelo fabricante, contendo ácido poliacrílico e água (Al-Haddad, Aziz, 2016).

A aprovação para o uso dos cimentos biocerâmicos varia conforme o órgão regulamentador de cada país e a lista de materiais aprovados ao redor do mundo vem crescendo continuamente, fato que, paralelamente, leva ao crescimento da literatura e dos ensaios clínicos disponíveis sobre assunto, dessa forma, diferentes autores propõem diferentes classificações para os materiais biocerâmicos, pois além das diferenças teóricas, a evolução temporal implica na disponibilidade de novos materiais a cada novo trabalho (Primus et al., 2019).

3.6 Propriedades físicas e químicas dos cimentos biocerâmicos

As propriedades físicas dos cimentos biocerâmicos podem variar conforme sua composição e até mesmo de acordo com a quantidade e tipo de líquido utilizado na preparação do selante (Khalil et al., 2016; Koutroulis et al., 2019).

Khalil, et al. (2016) avaliaram algumas propriedades físicas e químicas dos cimentos à base de silicatos tricálcicos. Os autores avaliaram o tempo de presa, fluxo, espessura do filme, radiopacidade e pH (sendo este último avaliado após 1 e 28 dias). A avaliação destas características é de suma importância, pois órgãos regulamentadores como a ADA (American Dental Association) e a ISO (International Organization for Standardization) levam em consideração estas características para avaliação dos cimentos endodônticos.

Para avaliação das propriedades físicas e químicas, Khalil et al. (2016) testaram três cimentos disponíveis no mercado: o BioMM (Saint Joseph University, Beirute, Líbano), BioRoot RCS (Septodont, St Maure de Fosses, França) e AH Plus (Dentsply, Detreyz, Konstanz, Alemanha). O tempo de presa foi cronometrado e os resultados foram apresentados em minutos. O BioMM teve um tempo de presa de $32 \pm 4,4$; o BioRoot RCS $27,4 \pm 2,8$ e o AH Plus $1154 \pm 48,1$. O fluxo dos selantes foi medido em milímetros obtendo os seguintes resultados: BioMM $13 \pm 1,1$; BioRoot RCS $27,4 \pm 2,8$; AH Plus $17 \pm 1,6$; sobre o fluxo destaca-se a recomendação da ISO 6876 para que este seja superior a 17 mm. Em relação à espessura do filme os resultados observou-se (em μm): BioMM 212 ± 32 ; BioRoot RCS 52 ± 17 ; AH Plus 15 ± 5 ; a ISO 6876 recomenda que a espessura do filme seja inferior a 50 μm . A radiopacidade também é uma característica de extrema relevância, por permitir a avaliação radiológica dos resultados do tratamento, com recomendação da ISO 6876

para que os valores sejam superiores a 3 mm Al, tendo sido encontrados os seguintes resultados: BioMM $45 \pm 0,44$; BioRoot RCS $8,3 \pm 0,99$; AH Plus $18,4 \pm 0,39$. Em relação ao pH a ISO 6876 não especifica valores, no entanto esta propriedade também foi avaliada pelos autores que relataram, respectivamente, após 1 e 28 dias: BioMM $10,9 \pm 0,1 - 11,9 \pm 0,2$; BioRoot RCS $12,1 \pm 0,1 - 12,7 \pm 0,1$; AH Plus $8,4 \pm 0 - 8,7 \pm 0,1$.

Primus et al. (2019), por meio de revisão sistemática, também analisaram algumas propriedades físicas e químicas de cimentos endodônticos. Os resultados encontrados variam conforme a composição do selante. Uma das características analisadas pelos autores, com grande relevância para a saúde do paciente e normatizada pela ISO 9917-1, é o teor de metais residuais (mensurado em partes por milhão - ppm), em especial Arsênio e Chumbo, para os quais a norma recomenda valores inferiores a 2 e 100 ppm, respectivamente. Em relação ao Arsênio houveram diferenças significativas entre os materiais. O Bioaggregate® e o EndoBinder® apresentaram lixiviação $<0,01$ e $<0,0007$ ppm, respectivamente, do metal, enquanto o MTA apresentou lixiviação entre 30 e 53 ppm nos estudos de Camilleri (2010) e Schembri et al. (2010).

A resistência à compressão também é uma característica relevante dos novos biocerâmicos, uma vez que a baixa resistência era apontada como uma das desvantagens do MTA. Viapiana et al. (2014) testaram algumas propriedades físicas e químicas de materiais biocerâmicos, incluindo a resistência à compressão. Os autores demonstraram que enquanto o MTA Fillapex apresentava uma resistência à compressão (em MPa) de $5,34 \pm 1,41$ e $3,10 \pm 1,49$ após 24 horas e 21 dias, respectivamente, estes valores eram de $76,33 \pm 7,22$ e $74,08 \pm 5,99$ para o AH Plus. Os autores também analisaram uma nova geração de cimentos endodônticos à base

de cimento Portland com aditivo de micro ou nano partículas de Zircônio ou Nióbio, sendo que, os resultados da resistência à compressão dos cimentos com aditivos de nanopartículas se mostraram superiores aos de micropartículas. Vale ressaltar que embora também tenham se mostrado superiores ao MTA Fillapex, esses cimentos com aditivos de nanopartículas apresentaram resistência à compressão, inferiores ao AH Plus (resistência à compressão após 21 dias: AH Plus $74,08 \pm 5,99$; ES-Zr-nano $50,96 \pm 2,44$; ES-Nb-nano $53,91 \pm 2,91$) além de terem demonstrado piores resultados em outras propriedades como radiopacidade, espessura do filme e solubilidade.

Entre as características desejáveis aos cimentos endodônticos, Al-Haddad & Aziz (2016) destacaram a baixa solubilidade, uma vez que a perda de massa em solução aquosa culmina na formação de lacunas e extravasamento do material obturador. As normas internacionais definem que os cimentos endodônticos devem ter solubilidade inferior a 3%. Viapiana et al. (2014) avaliaram a solubilidade (em %) do AH Plus em comparação a materiais à base de MTA ou cimentos Portland com aditivos de micro ou nano partículas. A solubilidade do AH Plus foi de $-0,25 \pm 0,10$; a solubilidade do MTA Fillapex foi de $14,94 \pm 0,93$; dentre os materiais à base de cimento Portland testados, o melhor resultado de solubilidade foi do ES-Nb-nano $1,92 \pm 0,53$.

3.7 Prognóstico do tratamento de canais radiculares com cimentos biocerâmicos

Um dos fatores determinantes do sucesso terapêutico dos tratamentos endodônticos é o controle antimicrobiano. Dessa forma, visando estudar a contribuição dos cimentos biocerâmicos no controle de infecções, Wang et al. (2014) cultivaram *Enterococcus faecalis*, padronizadas espectrofotometricamente para 3×10^6

unidades formadoras de colônias/mL e então infectou-se amostras de dentina, que foram separadas em grupos para posterior comparação entre os volumes de bactérias mortas presentes no tecido. Dois grupos foram tomados como controle, um deles sendo exposto apenas a água esterilizada e outro recebendo cones de guta percha sem a adição de selante. Os demais grupos receberam intervenção com utilização de cimentos biocerâmicos, cada grupo recebendo um dos seguintes materiais: BC sealer, AH Plus e PCEWT.

As amostras foram analisadas após 1, 7 e 30 dias com o uso de microscopia confocal (CSLM). Os grupos controle apresentaram morte de 5 a 7% das bactérias nos três momentos em que foram examinados. Considerando o período total de exposição, realizando a microscopia após 30 dias, foi constatado que os 3 materiais testados apresentaram aumento do percentual de bactérias mortas, em valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$). A saber, a proporção de bactérias mortas após 30 dias foi de $0,28 \pm 0,11$; $0,45 \pm 0,13$; $0,46 \pm 0,14$ para os cimentos PCEWT, BC sealer e AH Plus, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os cimentos BC sealer e AH Plus (Wang et al., 2014).

Tang et al. (2019) avaliaram a regeneração óssea em cães após cirurgia perirradicular, buscando comparar a contribuição do cimento Biodentine em comparação ao MTA usados para obturação do canal radicular. Para a pesquisa foram utilizados 21 elementos dentários, divididos em 3 grupos de 7. O grupo controle não foi preparado e/ou preenchido com nenhum material obturador, um segundo grupo foi obturado com Biodentine e o terceiro com MTA. Quando observados em Micro-Tomografia Computadorizada, os grupos MTA e Biodentine apresentaram defeitos ósseos com volumes significativamente menores ($p < 0,05$), permitindo afirmar que

ambos promoveram regeneração óssea. Ressalta-se, no entanto, que não houve diferença significativa entre os grupos MTA e Biodentine ($p > 0,05$).

A resistência à fratura e força de adesão de dentes obturados com cimentos endodônticos foi avaliada por Osiri et al. (2018), tendo como amostra pré-molares inferiores extraídos bilateralmente de pacientes com idades entre 17 e 30 anos. Foram selecionados dentes com relação vestibulolingual/mesiodistal entre 1,5 e 2,0. Dentes com espessura de raiz 15% abaixo ou acima da média foram incluídos. A resistência à fratura apresentou diferença estatisticamente relevante ($p < 0,01$) entre os grupos que receberam cimentos biocerâmicos e o grupo que não recebeu obturação. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as raízes intactas e as tratadas com guta percha/AH Plus e BCC/BCS.

Por fim, von Arx et al. (2020) fizeram acompanhamento de 1 ano em 170 elementos dentários de 146 pacientes (59 homens e 87 mulheres), com média de idade de $56,0 \pm 14,1$ anos. Para o estudo 3 profissionais foram designados para avaliar o sucesso terapêutico da obturação do canal radicular com cimentos biocerâmicos. Para efeito de validação estatística foram calculados os valores Kappa para concordância intraobservador, obtendo valor de 0,628 (concordância substancial) e interobservador, obtendo o valor de 0,493 (concordância moderada). Como resultado geral, a terapia do canal radicular foi considerada bem-sucedida em 94,1% dos elementos.

4 DISCUSSÃO

Os cimentos biocerâmicos são os materiais mais recentemente implementados na atuação do endodontista. Seu surgimento no mercado é fruto de uma série de adaptações e aperfeiçoamentos que visaram superar desvantagens apresentadas por materiais anteriores, o que em primeira instância nos leva a acreditar serem os melhores materiais disponíveis, desde que cumpram os escopos de seu desenvolvimento.

Discutiremos no presente trabalho a aplicação dos cimentos biocerâmicos no tratamento do canal radicular. Vale ressaltar, que nos tratamentos de canais o controle antimicrobiano apresenta um papel de destaque, de modo que a primeira etapa do tratamento é justamente a fase de controle microbiano, na qual são realizadas a instrumentação mecânica do canal, a irrigação e a aplicação de medicação intracanal (Debelian, Trope, 2016).

Nesse sentido, Al-Hiyasati & Alfirjani (2019) reforçaram a relevância do controle antimicrobiano para o sucesso terapêutico. Os autores destacam que a instrumentação mecânica, embora resulte na redução significativa da carga microbiana, é insuficiente para o controle de reinfecções, pois uma parte considerável do canal acaba permanecendo intocada. Dessa forma, a utilização dos cimentos biocerâmicos auxilia na prevenção de reinfecções, diminuindo o vazamento coronal e a contaminação bacteriana, além de promover o selamento apical, sepultando os patógenos remanescentes no canal.

Ao longo da revisão de literatura, evidenciou-se nos estudos de Wang et al. (2014) a contribuição dos cimentos biocerâmicos na erradicação de bactérias presentes no canal radicular. No estudo citado, os autores observaram já no primeiro

dia após a obturação do canal uma redução de cerca de 20% da carga microbiana dos canais tratados com os cimentos BC sealer e AH Plus contra 5% dos grupos controle tratados com água esterilizada e com a utilização da guta percha isoladamente, sem adição de selantes. Com a repetição da microscopia confocal após 30 dias, os cimentos biocerâmicos se mostraram ainda mais efetivos no controle dos patógenos, atingindo uma redução de quase 50% da carga microbiana, contra valores de aproximadamente 7% nos grupos controle.

O controle antimicrobiano é indiscutivelmente uma característica de extrema relevância no contexto da endodontia, no entanto, expõe-se a importância de outras características, sobretudo na hora da escolha do material observador. Avaliar, por exemplo, os cimentos de Portland. Tanomaru Filho et al. (2007) compararam o efeito inibitório in vitro de alguns selantes disponíveis no mercado, demonstrando halos de inibição parecidos entre os cimentos de Portland e selantes à base de MTA. Vale ressaltar, no entanto, que os selantes à base de cimentos de Portland podem liberar, quando lixiviados por solução aquosa, liberando oligoelementos como Alumínio, Arsênio e Chumbo, trazendo preocupações relativas ao contato e deposição destes elementos em tecidos duros e moles (Camilleri, 2017).

O processo de produção dos cimentos biocerâmicos, desde sua primeira geração com os cimentos à base de MTA, permitiu que, embora fossem molecularmente semelhantes aos cimentos de Portland, a lixiviação de oligoelementos fosse erradicada ou reduzida a níveis insignificantes (Camilleri, 2017). Os oligoelementos, portanto, não uma preocupação em relação aos cimentos biocerâmicos, de sorte que podemos avançar a discussão para outras de suas propriedades.

Além da liberação de oligoelementos, e também por conta deles, havia uma preocupação em relação à tolerabilidade dos materiais obturadores. Torabinejad (1993) propôs que os selantes não deveriam se ater a serem tolerados pelos tecidos adjacentes, mas deveriam também interagir com eles de maneira vantajosa ao hospedeiro, ou seja, serem biocompatíveis. O conceito de biocompatibilidade pode ser entendido como a habilidade do material em propiciar uma resposta adequada e vantajosa ao hospedeiro, além de não causarem reações adversas, como toxicidade, irritação, alergias ou carcinogenicidade (Al-Haddad, Aziz, 2016).

Os cimentos biocerâmicos são biocompatíveis por definição. Pesquisas que comprovam a biocompatibilidade destes materiais são fartamente encontradas na literatura científica. Primus et al. (2019) realizaram uma revisão sistemática acerca dos cimentos à base de silicatos di e tricálcicos. Os autores incluíram na revisão diversos artigos, abrangendo uma ampla variedade de materiais biocerâmicos disponíveis no mercado. Os artigos incluídos foram consonantes em demonstrar a não citotoxicidade dos selantes em contato com tecidos humanos. A genotoxicidade também foi testada e os materiais biocerâmicos se mostraram não mutagênicos.

Parte da bioatividade dos materiais biocerâmicos se dá pelos produtos de sua reação de hidratação. As biocerâmicas à base de silicatos di ou tricálcicos, por exemplo, ao entrarem em contato com água se solidificam, alcalinizam o meio e liberam íons cálcio que interagem formando uma camada superficial de apatita. Candeiro et al. (2012) discutiram sobre a associação de cimentos biocerâmicos e cones de guta percha na obturação do canal radicular. Os autores concluíram que a formação de apatita através da hidratação dos cimentos biocerâmicos corrobora para uma maior adesão do selante tanto em relação à dentina quanto em relação ao cone de guta percha, aumentando, por conseguinte, a adesão de todo o conjunto.

A relação entre a dentina e os cimentos biocerâmicos promove adesão e aumento da resistência à compressão. Os estudos de Torabinejad (1993) já mostravam que, apesar do sucesso terapêutico dos cimentos à base de MTA ou mesmo à base de cimento Portland, a resistência a compressão de ambos ainda era insatisfatória. Diversos autores como Osiri et al. (2018) avaliaram o aumento das forças de adesão e resistência à compressão dos materiais biocerâmicos, constatando que elementos dentários que recebem obturação do canal radicular com cimentos biocerâmicos apresentam resistência a fraturas semelhante elementos íntegros não perfurados, além de promoverem adesão satisfatória.

Ainda no contexto da bioatividade destes materiais, estudos como o de Tang et al. (2019) demonstraram a redução significativa de defeitos ósseos em dentes tratados com cimentos biocerâmicos em comparação a dentes perfurados que não receberam material obturador, evidenciando a contribuição das biocerâmicas para a regeneração óssea.

Os novos cimentos biocerâmicos, similarmente a seus antecessores como MTA e cimento Portland, apresentam em sua composição aditivos que lhes conferem radiopacidade, visando propiciar a diferenciação radiológica entre o material obturador e os tecidos adjacentes, permitindo uma avaliação adequada do tratamento. No passado esses materiais radiopacificadores constituíram um problema, pois o radiopacificador de escolha era o óxido de bismuto, que interagiu com a estrutura dentária resultando em sua descoloração. Após a identificação de que este agente era o responsável pela descoloração dentária, os cimentos de segunda geração passaram a dispor de outros agentes, que não mais interferem na coloração.

Ainda que a preocupação com a coloração tenha uma magnitude maior do ponto de vista estético que do funcional, esta não poderia deixar de ser uma pauta,

uma vez que o sorriso é um componente estético de extrema relevância, contribuindo para melhora da autoestima e da autoimagem do paciente, que também fazem parte da saúde enquanto bem-estar biopsicossocial.

Outra propriedade que deve ser avaliada durante a escolha do material obturador é a solubilidade. Esta propriedade mede a perda percentual de massa de um material quando em solução aquosa. Órgãos regulamentadores como ISO e ADA definem que cimentos obturadores do canal radicular devem ter uma solubilidade que não exceda 3%. Al-Haddad & Aziz (2016) constataram divergências entre a solubilidade obtida por pesquisas publicadas em revistas indexadas, bem como divergências entre estas e informações de alguns materiais disponíveis no mercado, de sorte que alguns materiais são reprovados neste quesito. É importante que o profissional endodontista busque na literatura científica, dados sobre o selante que pretende utilizar, uma vez que um valor elevado de solubilidade leva à formação de lacunas no material que podem culminar em seu extravasamento ou permitir microinfiltração de patógenos, levando ao insucesso clínico e demanda por retratamento.

De modo geral, a avaliação do sucesso clínico é de certa forma subjetiva, uma vez que este pode ser avaliado por diferentes métricas. A fim de contornar a subjetividade da avaliação, Von Arx et al. (2020) designaram 3 profissionais para avaliar o sucesso terapêutico, obtendo resultados com concordância estatística intraobservador e interobservador, mensuradas através dos valores Kappa. Os autores obtiveram como resultado uma taxa de 94,1% de sucesso terapêutico no tratamento de canais radiculares com cimentos biocerâmicos.

Em suma, a semelhança entre a hidroxiapatita formada pela hidratação dos cimentos biocerâmicos e a hidroxiapatita biológica permite que estes materiais

apresentem um potencial osteoindutivo intrínseco, funcionando como um facilitador da regeneração tecidual, além de promover uma excelente vedação hermética e a radiopacidade que permite a avaliação radiológica do tratamento. Ressalta-se o potencial antimicrobiano destes materiais e sua importância, em adição às propriedades físicas e químicas, ao sucesso do tratamento.

5 CONCLUSÃO

Existe uma tendência de melhoria dos materiais endodônticos a cada geração, uma vez que os novos materiais surgem em resposta a adversidades ou desvantagens apresentadas por gerações anteriores. Os cimentos biocerâmicos são os materiais mais modernos e recentes na endodontia e vêm se mostrando superiores aos demais materiais disponíveis.

Embora recentes, a literatura científica acerca dos cimentos biocerâmicos já é expressiva, com diversos estudos que corroboram para a segurança e eficiência de sua aplicação, em especial para a obturação de canais radiculares, finalidade para a qual muitos cimentos biocerâmicos já foram aprovados, inclusive por órgãos regulamentadores internacionalmente respeitados como o FDA (Food and Drugs Administration).

A literatura demonstra que os cimentos biocerâmicos são, por definição, biocompatíveis e capazes de restaurar a integridade funcional e estética dos elementos dentários, quando utilizados em obturação de canais radiculares, de sorte que neste contexto já não são mais o futuro e sim uma realidade do presente.

REFERÊNCIAS

- ABUSREWIL SM, MCLEAN W, SCOTT JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J*, 2018 Jul; 30 (4): 273-282.
- AL-HADDAD A, AZIZ ZACA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int J Biomater*. 2016; 2016: 9753210.
- AL-HIYASAT AS, ALFIRJANI SA. The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Dent*. 2019 Oct; 89: 103169.
- CAMILLERI J. Evaluation of the physical properties of an endodontic Portland cement incorporating alternative radiopacifiers used as root-end filling material. *Int Endod J*. 2010 May; 43 (3): 231-240.
- CAMILLERI J. Will bioceramics be the future root canal filling materials?. *Curr Oral Health Rep*. 2017; 4 (3): 228-238.
- CANDEIRO GTM, CORREIA FC, DUARTE MAH, RIBEIRO-SIQUEIRA DC, GAVINI G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2012 Jun; 38 (6): 842-845.
- DEBELIAN G, TROPE M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giorn ital Endod*. 2016 Nov; 30 (2): 70-80.
- KHALIL L, NAAMAN A, CAMILLERI J. Properties of tricalcium silicate sealers. *J Endod*. 2016 Oct; 42 (10): 1529-1535.
- KOUTROULIS A, KUEHNE S, COOPER PR, CAMILLERI J. The role of calcium ion release on biocompatibility and antimicrobial properties of hydraulic cements. *Sci Rep*. 2019 Dec; 9 (1): 19019.
- OSIRI S, BANOMYONG D, SSATTABANASUK V, YANPISET K. Root reinforcement after obturation with calcium silicate-based sealer and modified gutta-percha cone. *J Endod*. 2018 Dec; 44 (12): 1843-1848.
- PRIMUS CM, TAY FR, NIU LN. Bioactive tri/dicalcium silicate cements for treatment of pulpal and periapical tissues. *Acta Biomater*. 2019 Sep; 96: 35-54.
- RAGHAVENDRA SS, JADHAV GR, GATHANI KM, KOTADIA P. Bioceramics in endodontics—a review. *J Istanb Univ Fac Dent*. 2017; 51 (3 Suppl1): S128-S137.
- SANTOS DT, DIAS KRHC, DOS SANTOS MP. Amálgama dental e seu papel na Odontologia atual. *Rev Bras Odontol*. 2016; 73 (1): 64-68.

SCHEMBRI M, PELOW G, CAMILERI J. Analyses of heavy metals in mineral trioxide aggregate and portland cement. *J Endod.* 2010; 36:1210-1215.

SOLANKI NP, VENKKAPA KK, SHAH NC. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate and biodentine as root-end filling material: A systematic review. *J Conserv Dent.* 2018 Jan-Feb; 21 (1): 10-15.

TANG JJ SHEN ZS, QIN W, LIN Z. A comparison of the sealing abilities between Biodentine and MTA as root-end filling materials and their effects on bone healing in dogs after periradicular surgery. *J Appl Oral Sci.* 2019 Oct; 27 (6): e20180693.

TANOMARU FILHO M, TANOMARU JMG, Barros DB, Watanabe E, Ito IY. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *J Oral Sci.* 2007 Mar; 49 (1): 41-45.

TORABINEJAD M, LEE SJ, MONSEF M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.* 1993; 19 (11): 541-544.

VIAPIANA R, FLUMIGNAN DL, GUERREIRO-TANOMARU JM, CAMILLERI J, TTANOMARU-FILHO M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014 May; 47 (5): 437-448.

VON ARX T, JANNER SFM, HAENNI S, BORNSTEIN MM. Bioceramic root repair material (BCRRM) for root-end obturation in apical surgery. *Swiss Dent J.* 2020 May; 130 (5): 390-396.

WANG Z, SHEN Y, HAAPASALO M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2014; 40 (4): 505-508.