



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
CAROLINE DA ROSA LIMAS

CIMENTOS BIOCERÂMICOS EM ENDODONTIA

Tubarão
2020

CAROLINE DA ROSA LIMAS

CIMENTOS BIOCERÂMICOS EM ENDODONTIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Odontologia da
Universidade do Sul de Santa Catarina
como requisito parcial à obtenção do título
de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof. Oswaldo Loureiro de Mello Neto, Msc.

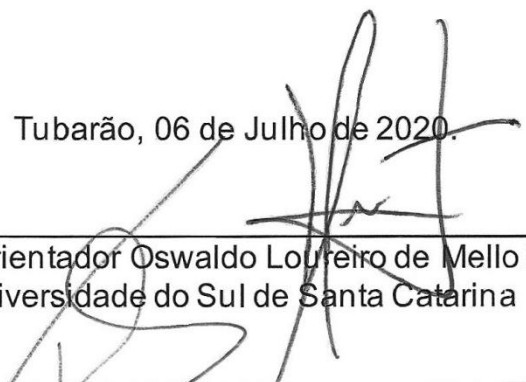
Tubarão
2020

CAROLINE DA ROSA LIMAS

CIMENTOS BIOCERÂMICOS EM ENDODONTIA

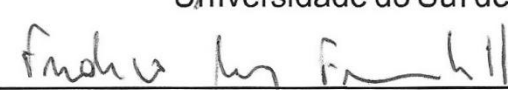
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Cirurgiã-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Odontologia da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 06 de Julho de 2020.



Professor e Orientador Oswaldo Loureiro de Mello Neto, Msc.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Fernando Aguiar Neves Filho, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Frederico May Feuerschuette, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho a Deus; à minha família, que é meu alicerce; aos meus amigos, que me apoiaram durante todo o curso; e ao meu professor orientador, pela paciência e ajuda, tornando possível a conclusão desta monografia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pelas bênçãos concedidas ao longo da minha jornada, e por ter chegado até esse momento tão importante em minha vida;

Agradeço aos meus pais, por me apoiarem durante toda a minha vida e sempre buscarem fazer o melhor por mim. Sem eles eu não estaria aqui hoje!

Ao meu professor orientador, Oswaldo Loureiro de Mello Neto, por ter me concedido todo o suporte e ensinamentos que foram fundamentais para que eu concluísse meu trabalho. Obrigada pela dedicação e por sempre tirar minhas dúvidas;

Aos professores, que nos passaram todo o seu conhecimento ao longo da faculdade, e ao professor Fernando Aguiar Neves Filho e professor Frederico May Feuerschuette, por terem aceitado o convite para serem minha banca;

Agradeço também aos meus amigos, por estarem presentes em todos os momentos e pelo apoio durante o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

“Os sonhos não determinam o lugar onde iremos chegar, mas produzem a força necessária para tirar-nos do lugar em que estamos.”

(Augusto Cury, 2003)

RESUMO

A terapia endodôntica tem como objetivos principais a desinfecção do sistema de canais radiculares, através do preparo químico-mecânico e o selamento tridimensional destes espaços vazios, utilizando guta-percha e um cimento que possua propriedades biológicas e físico-químicas adequadas, visando evitar a colonização ou recolonização de bactérias e estimulação do reparo apical e periapical. Existe uma diversidade de cimentos para finalidades endodônticas no mercado, entretanto a maioria destes ainda apresenta limitações em suas propriedades. Considerando que os cimentos biocerâmicos vêm sendo muito utilizados na endodontia, o objetivo desta pesquisa foi revisar a literatura e discorrer sobre as propriedades biológicas e físico-químicas destes cimentos na terapia endodôntica. Foi realizada uma revisão de literatura pelo método de pesquisa descritiva, tendo como objetivo aprofundar os conhecimentos sobre as propriedades dos cimentos biocerâmicos na endodontia, advinda de uma revisão bibliográfica de diversos autores da área. Utilizou-se, como método de pesquisa, artigos científicos publicados no período de 1993 a 2019, obtidos das bases de dados eletrônicas: PUBMED e SCIELO. O estudo, de abordagem qualitativa, analisou artigos científicos para obter informações detalhadas sobre as propriedades biológicas e físico-químicas dos cimentos biocerâmicos. De acordo com esta revisão de literatura, concluiu-se que os cimentos biocerâmicos são materiais promissores. Atualmente é uma realidade na Endodontia, já que apresentam muitas vantagens em relação aos cimentos obturadores convencionais. Em relação aos aspectos biológicos, os biocerâmicos são biocompatíveis, bioativos e apresentam efeito antimicrobiano, fatores fundamentais na recuperação dos tecidos pulpare e periodontais. Apresentam propriedades físico-químicas adequadas para um cimento obturador de canais radiculares como adesão, radiopacidade, escoamento, fácil aplicação, boa capacidade de selamento marginal e menor tempo de presa.

Palavras-chave: Biocerâmicos, Endodontia, Selador endodôntico, Selador biocerâmico.

ABSTRACT

The main objective of endodontic therapy is the disinfection of the root canal system through chemical-mechanical preparation and the three-dimensional sealing of these empty spaces, using gutta-percha and a cement that has adequate biological and physico-chemical properties, in order to avoid colonization or bacterial recolonization and stimulate apical repair and periapical. There is a diversity of cements for endodontic purposes on the market, however, most of these still have limitations in their properties. Considering that bioceramic cements have been very used in endodontics, the aim of this research was to review the literature and discourse about the biological and physical-chemical properties of these cements in endodontic therapy. A literature review was performed using the descriptive research, aiming to take depth in the knowledge about the properties of bioceramic cements in endodontics, coming from a bibliographic review by several authors in the field. It was used as a method of research, scientific articles published in the period from 1993 to 2019, obtained from electronic databases: PUBMED and SCIELO. The study, qualitative analysis of scientific articles to obtain detailed information on the biological and physical-chemical properties of bioceramic cements. The Inclusion criteria were: original research articles and literature revisions related to the chosen theme. According to this literature review, it was concluded that bioceramic cements are promising materials. Nowadays it is a reality in Endodontics, since they have many advantages over conventional filling cements. Regarding biological aspects, bioceramics are biocompatible, bioactive and antimicrobial effect, fundamental factors in the recovery of pulp and periodontal tissues. Have physico-chemical properties suitable for root canal filling cement as adhesion, radiopacity, flow, easy application, good sealing ability marginal and less setting time.

Keywords: Bioceramics, Endodontics, Endodontic sealer, Sealer bioceramic.

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ANSI/ ADA	American National Standart/ American Dental Association
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético
ERRM	Endosequence Root Repair Material
IRM	Material Restaurador Intermediário
MTA	Agregado de Trióxido Mineral
MTT	Ensaio Colorimétrico Metil-Tiazol-Tetrazólio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.1.1 Objetivo específico	13
2 METODOLOGIA.....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1 PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS.....	16
3.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	21
5 DISCUSSÃO.....	29
6 CONCLUSÃO.....	33
7 REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

A terapia endodôntica tem como objetivo principal a desinfecção dos canais radiculares, neutralização e preenchimento do local que anteriormente abrigava a polpa dentária. O preparo químico-mecânico do sistema de canais radiculares é fase fundamental no processo de reparo e manutenção da integridade dos tecidos da região periapical (BARABA, *et al.*, 2016). A obturação dos canais radiculares vem como última etapa operatória, através do preenchimento e selamento com material obturador (MACHADO, 2016).

Portanto, para a manutenção do preparo químico-mecânico, realiza-se a obturação dos canais radiculares, visando evitar a colonização ou recolonização das bactérias. Para que essa etapa ocorra com excelência, o canal precisa estar seco e asséptico, havendo assim um preenchimento tridimensional e estimulação do reparo apical e periapical (HUFFMAN, *et al.*, 2009).

Este selamento hermético e tridimensional não é possível somente com o uso de guta-percha, pois este material não apresenta adesividade, sendo necessário o uso de um cimento para preencher a interface com a parede do canal radicular (BUENO, 2016).

Os cimentos endodônticos podem ser à base de óxido de zinco e eugenol, hidróxido de cálcio, ionômero de vidro, silicone, polímeros resinosos e biocerâmicos (silicato de cálcio) (LOUSHINE, *et al.*, 2011).

Materiais cerâmicos designados para reparo e reconstrução, quando empregados nas áreas médica e odontológica, são denominados biocerâmicos. Os biocerâmicos são materiais com excelente biocompatibilidade, similares à hidroxiapatita e capazes de formar uma ligação química com a estrutura dentária, obtendo um selamento hermético e apresentando boa radiopacidade. Uma de suas propriedades interessantes é que podem ser aplicados em ambientes úmidos, na presença de água, de sangue e de fluido dentinário. Os materiais biocerâmicos têm uso recente na odontologia. É um material à base de silicato de cálcio, que foi desenvolvido tanto para uso na Medicina quanto para a Odontologia. Estão presentes nos biocerâmicos: alumina, zircônia, hidroxiapatita, fosfato de cálcio, silicato de cálcio e cerâmicas de vidro, passando a ser chamado de bioagregados (KOCH, *et al.*, 2009).

Os cimentos biocerâmicos estão se tornando populares em endodontia como material indicado para proteção pulpar, pulpotomia, perfurações de raiz e furca, cirurgia periapical, apicificação, reabsorções radiculares e obturadores de canais radiculares. Estas aplicações são devido às suas propriedades, tais como: biocompatibilidade, bioatividade, pH elevado, não serem reabsorvíveis, facilidade de manuseio no interior dos canais radiculares, aumento da resistência radicular, baixa citotoxicidade, além de não sofrerem contração e serem quimicamente estáveis (NASSEH, 2009).

A ciência endodôntica tem se preocupado em desenvolver e estudar materiais que sejam biocompatíveis e bioativos, mas que também apresentem propriedades químicas e físicas que auxiliem no selamento ideal do complexo de canais radiculares. Tem-se demonstrado que, quando esses materiais bioativos entram em contato com os fluidos teciduais, eles liberam hidróxido de cálcio ($\text{Ca}[\text{OH}]_2$), que pode interagir e induzir os tecidos circundantes para promover sua regeneração. A ênfase principal foi no desenvolvimento de materiais bioativos e biocompatíveis que podem promover especificamente a regeneração dos tecidos pulpare e periapicais (FRANÇA, 2014).

Existe uma diversidade de cimentos para finalidades endodônticas no mercado, entretanto a maioria destes ainda apresenta limitações em suas propriedades. Considerando que os cimentos biocerâmicos vêm sendo muito utilizados na endodontia, o objetivo desta pesquisa foi revisar a literatura e discorrer sobre as propriedades biológicas e físico-químicas destes cimentos na terapia endodôntica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Discorrer sobre a utilização dos cimentos biocerâmicos na terapêutica endodôntica.

1.2.1.2 Objetivo Específico

- Discorrer sobre as propriedades biológicas e físico-químicas dos cimentos biocerâmicos na terapêutica endodôntica.

2 METODOLOGIA

Nesta revisão de literatura, foi utilizado o método de pesquisa descritiva, tendo como objetivo aprofundar os conhecimentos sobre as propriedades dos cimentos biocerâmicos na endodontia, advinda de uma revisão bibliográfica de diversos autores da área. Foram utilizados, como método de pesquisa, artigos científicos, publicados no período de 1993 a 2019, obtidos das bases de dados eletrônicas: PUBMED e SCIELO. O estudo, de abordagem qualitativa, analisou artigos científicos para obter informações detalhadas sobre as propriedades biológicas e físico-químicas dos cimentos biocerâmicos. Os critérios de inclusão foram: artigos de pesquisa originais e revisões de literatura referentes ao tema escolhido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Bertran, *et al.*, (2000), os materiais biocerâmicos datam de 1894 com o início do seu uso na medicina, com o relato da possível substituição do osso pelo gesso. Pela classificação de Larry Hench, são quatro os tipos de materiais biocerâmicos baseados na interação com os tecidos: inertes, porosos, bioativos e reabsorvíveis.

Chang, *et al.*, (2014) definem os biocerâmicos como compostos cerâmicos biocompatíveis, obtidos através de processos químicos. Estes cimentos exibem excelentes propriedades de biocompatibilidade, devido a sua similaridade com o processo biológico de formação de hidroxiapatita e à capacidade de induzir uma resposta regenerativa no corpo humano. Apresentam também capacidade osteoindutiva intrínseca, pois absorvem substâncias osteoindutoras na presença de processo de cicatrização óssea.

Lima, *et al.*, (2017) realizaram uma revisão de literatura sobre as propriedades dos cimentos biocerâmicos em endodontia. Como metodologia, foi feita uma pesquisa bibliográfica exploratória utilizando as bases de dados eletrônicas Public Medline (PubMed), Scopus, Embase, e Web of Science. Os resultados obtidos foram 30 estudos que abordaram propriedades de cimentos biocerâmicos em endodontia, onde os mesmos mostram que estes cimentos endodônticos apresentam propriedades promissoras para serem utilizados no tratamento de canais radiculares.

De acordo com Lee, *et al.*, (2017), os cimentos biocerâmicos apresentam propriedades importantes como: pH alcalino, atividade antibacteriana e, principalmente, é biocompatível, não sofrendo alterações em meio bucal, além de formar hidroxiapatita, que é essencial para a ligação da dentina ao material obturador. Afirma, ainda, que, para tomar presa, alguns precisam estar em meio úmido, o que representa uma vantagem, pois o elemento dentário se apresenta neste meio.

Dutta, *et al.*, (2014) discorrem que a introdução do Agregado de Trióxido Mineral (MTA), primeira geração dos cimentos biocerâmicos, em 1993, pelo Dr. Mahmoud Torabinejad, levou a uma mudança de paradigma na aplicação de materiais dentários na endodontia. Algumas das características notáveis do MTA advêm de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, que lhe conferem a

capacidade de estimular a regeneração de tecidos duros, bem como uma boa resposta pulpar e periodontal.

4.1 PROPRIEDADES BIOLÓGICAS DOS CIMENTOS BIOCERÂMICOS

Raghavendra, *et al.*, (2017) definem materiais bioativos como aqueles que têm a capacidade de sofrer alterações interfaciais com os tecidos circundantes. Quando esses materiais bioativos entram em contato com os fluidos teciduais, eles liberam hidróxido de cálcio ($\text{Ca} [\text{OH}]_2$), que pode interagir e induzir os tecidos circundantes a promover sua regeneração.

Debelian, *et al.*, (2016) relatam a importância do desenvolvimento de materiais bioativos e biocompatíveis, que possam promover especificamente a regeneração dos tecidos pulpares e periapicais, em vez de reparar. Entre os biomateriais que ganharam grande importância na endodontia regenerativa, são comuns os materiais à base de silicato de cálcio, os chamados biocerâmicos.

Chen, *et al.*, (2016) discorrem que a regeneração biológica do tecido dentário perdido é a melhor situação de resposta a um tratamento dentário. A bioatividade dos biocerâmicos é destaque entre as vantagens apresentadas sobre os cimentos endodônticos convencionais. O potencial odontogênico e osteogênico são comuns em materiais à base de cálcio. A bioatividade se refere à capacidade de formação do hidróxido de cálcio que exerce influência na união entre a dentina e o material reparador.

Chang, *et al.*, (2017) relatam que o cimento biocerâmico Endosequence (Brasseler, EUA) é um material bioativo altamente radiopaco, dimensionalmente estável, hidrofílico e que forma hidroxiapatita após a fixação. O mesmo precisa de umidade dos túbulos dentinários para concluir a reação de presa. É um cimento pré-misturado na forma de pasta ou massa de seringas, com manuseio mais fácil e mais viável na aplicação quando comparado ao MTA.

De acordo com Rajasekharan, *et al.*, (2018), o cimento biocerâmico Biodentine (Septodont) é reconhecido como um material promissor, servindo como representante principal da família dos cimentos à base de silicato de cálcio, sendo comercializado pela primeira vez em 2009. Este material tem uma ampla gama de aplicações, incluindo capeamento pulpar, pulpotomia, reparo de

perfurações e reabsorções, chegando a ser considerado um material de substituição da dentina. Foi formulado para superar as deficiências do MTA.

Com o objetivo de avaliarem a citotoxicidade, Loushine, *et al.*, (2011) realizaram um estudo, *in vitro*, utilizando três tipos de cimentos endodônticos: EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA), AH Plus (Dentsply Caulk, Milford, DE), e Pulp Canal Sealer EWT (SybronEndo, Orange CA), sendo o último utilizado como grupo de controle positivo. A citotoxicidade foi avaliada após 24h e sucessivamente durante cinco semanas. Todos os cimentos estudados apresentaram citotoxicidade elevada nas primeiras 24 horas, podendo-se observar que o AH Plus regrediu totalmente e não apresentou toxicidade posterior. O Endosequence BC Sealer ainda apresentou toxicidade moderada ao final da quinta semana. Os autores concluíram que ainda são necessários estudos que demonstrem a correlação entre o tempo de presa dos materiais e sua citotoxicidade.

Mukhtar-Fayyad (2011) realizou uma pesquisa com o propósito de comparar e avaliar a citotoxicidade de dois materiais a base de biocerâmicos: o BioAggregate (Innovative BioCeramix, IBC, Vancouver, Canadá) e o iRoot SP (Innovative Bioceramix, IBC, Vancouver, Canadá) em células fibroblásticas humanas. Como resultado, observou-se uma diferença significativa entre os grupos de controle e os materiais testados, sendo o efeito citotóxico totalmente dependente da concentração dos mesmos, podendo, assim, chegar à conclusão que ambos os materiais apresentaram biocompatibilidade aceitável.

Com o objetivo de avaliarem a citotoxicidade da Gutta-Flow (Coltene/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), do EndoSequence BC (Brasseler, Savannah, GA), AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) e do Tubli-Seal Xpress (SybronEndo, Orange, CA), Zoufan, *et al.*, (2011) realizaram um estudo, *in vitro*, usando uma metodologia adaptada de outras pesquisas. Foram feitas 24 amostras de cada material a ser estudado (0,5 mg), sendo imersas em cultura celular e analisadas durante 24 h e 72 h. Observou-se que a viabilidade celular foi menor no AH Plus, quando comparados com os demais grupos, assim como o Tubli-Seal. Não houve diferenças entre os grupos do EndoSequence BC e Gutta-Flow. Concluiu-se que o EndoSequence BC e a Gutta-Flow apresentam menor citotoxicidade quando comparados com o AH Plus Jet e o Tubli-Seal Xpress.

Willershausen, *et al.*, (2013) realizaram um estudo, *in vitro*, com objetivo de comparar a biocompatibilidade dos cimentos biocerâmicos MTA cinza (Angelus,

Londrina, PR, Brasil), MTA branco (Angelus, Londrina, PR, Brasil), ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o EndoSequence Root Repair Material (ERRM) (Brasseler, Savannah, EUA). As amostras foram encubadas com tecido periodontal humano durante 96 horas. As células proliferaram, segundo o ensaio Alamar Blue, e foi analisado seu crescimento através de fluorescência. Os resultados do estudo demonstraram que o ERRM, o ProRoot MTA e o MTA-Angelus (cinza e branco) não inibiram significativamente a proliferação de fibroblastos e osteoblastos até 96 h, sendo o ERRM o menos inibitório. Os autores concluíram que são necessários mais estudos para investigar a aplicabilidade clínica e puderam observar que o cimento biocerâmico é biocompatível.

Tomás-Catalá, *et al.*, (2018) avaliaram a citotoxicidade, *in vitro*, do MTA Repair HP, Neo MTA Plus e Biodentine, em células-tronco da polpa dentária humana. Os testes biológicos foram realizados, *in vitro*, nas células-tronco da polpa, e os ensaios de viabilidade celular e migração celular foram realizados utilizando eluatos de cada material de capeamento. Foi possível concluir que o MTA Repair HP, Neo MTA Plus e Biodentine apresentam um grau apropriado de citocompatibilidade e boas taxas de migração celular, ainda que o cimento Biodentine tenha apresentado taxas de proliferação mais altas, dependentes do tempo.

Jiang, *et al.*, (2016) fizeram um estudo de uma série de casos que avaliou a eficácia do uso das biocerâmicas iRoot BP e MTA para pulpotomias parciais. Foram avaliados três pré-molares inferiores que apresentaram necrose pulpar parcial e periodontite apical sintomática. Dois dentes foram tratados com pulpotomia parcial, usando iRoot BP e um dente com o MTA. Os dois materiais apresentaram resultados bem sucedidos na pulpotomia parcial dos dentes imaturos, porém o iRoot BP foi superior na hora da facilidade de aplicação clínica, sendo considerado uma melhor opção de tratamento do que o MTA.

Baraba, *et al.*, (2016) realizaram um estudo, *in vitro*, com o intuito de avaliar a citotoxicidade de dois cimentos endodônticos biocerâmicos: o MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e o Endosequence BC (Brasseler, Savannah, EUA). Para isso, foi obtida uma cultura de fibroblastos através de tecido subcutâneo de ratos e cultivados em tubos plásticos em uma incubadora a 37°C com 5% de CO₂ e 90% de umidade. Os resultados mostraram que, quando comparados com o grupo controle, o MTA Fillapex obteve menor quantidade de células viáveis pelo tempo

total de incubação (6, 20 e 24 horas), sendo observado o mesmo com o Endosequence BC. Os autores concluíram que ambos os cimentos apresentam citotoxicidade neste meio de cultura.

Benetti, *et al.*, (2019) fizeram um estudo comparativo da citotoxicidade e biocompatibilidade do selador biocerâmico Sealer Plus BC, MTA Fillapex e AH Plus. Células da linha de fibroblastos L929 foram cultivados e o Alamar Blue foi usado para avaliar a viabilidade celular de extratos diluídos (1:50, 1: 100 e 1: 200) de cada selante às 24h. Tubos de polietileno preenchidos com material ou vazios (como controle) foram implantados no tecido subcutâneo de ratos. Os ratos foram mortos após 7 e 30 dias ($n = 8$) e os tubos foram removidos para análise histológica. Os dados paramétricos foram avaliados pelo teste de análise de variância (ANOVA) de uma via e os dados não paramétricos foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn ($p < 0,05$). A análise histológica, realizada no sétimo dia, não mostrou uma diferença significativa entre a resposta tecidual para todos os materiais. No trigésimo dia, o Sealer Plus BC foi semelhante ao controle ($p < 0,05$) e o MTA Fillapex e AH Plus apresentaram maior inflamação do que o controle ($p < 0,05$). Dessa forma, o Sealer Plus BC é biocompatível, quando comparado ao MTA Fillapex e AH Plus, e é menos citotóxico, quando extratos menos diluídos são utilizados.

Guyen, *et al.*, (2013) compararam, *in vitro*, a habilidade de biomineralização do ProRoot MTA (Dentsply Maillefer, Tulsa Dental, EUA), iRoot SP (Innovative Bioceramix Inc, Canadá) e o cimento de hidróxido de cálcio Dycal (Dentsply, Caulk, EUA). Os autores manipularam os materiais de acordo com o fabricante e colocaram dentro de anéis de teflon, sendo logo em seguida postos em uma incubadora a 37°C durante 24 horas. Para testar a capacidade de indução da biomineralização, foram extraídas células de germes dentários de terceiros molares de adultos jovens saudáveis, sendo assim cultivadas e induzidas à reprodução. Nos resultados, foi observado que o MTA e o iRoot SP não apresentaram citotoxicidade durante os sete dias de pesquisa. O estudo concluiu, mesmo com suas limitações, que o MTA apresenta mais eficiência e eficácia em induzir a biomineralização, quando comparado com o cimento biocerâmico iRoot SP.

Bueno, *et al.*, (2016) avaliaram a capacidade de mineralização dos cimentos Smartpaste Bio (CRD Ltd, Stamford, Reino Unido), Acroseal (Acroseal Specialites Septodont, Saint Maur-des-Fosses, França) e Sealapex (SybronEndo,

EUA). Utilizaram, em seu estudo, 40 ratos da raça Wistar, que foram divididos nos três grupos dos cimentos acima citados e mais um grupo, o controle, totalizando quatro grupos, com dez animais em cada. Foram avaliados histologicamente, observando que todos os materiais induziram uma resposta inflamatória moderada nos períodos iniciais. Ao final do experimento, os autores concluíram que todos os cimentos testados são biocompatíveis e induzem a biomineralização, exceto o Acroseal.

Martínez-Cortés, *et al.*, (2017) avaliaram a citotoxicidade dos cimentos endodônticos ERRM, MTA branco Angelus e Material Restaurador Intermediário (IRM), avaliados no tempo de endurecimento e após 1, 24 e 72 horas de tratamento, nos fibroblastos gengivais humanos e nos fibroblastos de camundongos. A morfologia celular foi avaliada, utilizando microscopia de luz e a viabilidade celular avaliada pela atividade metabólica mitocondrial. Nos resultados obtidos, o material ERRM não mostrou efeitos citotóxicos sobre os fibroblastos; porém, o MTA e IRM apresentaram citotoxicidade moderada e grave. Concluindo, o cimento biocerâmico ERRM pode ser considerado um material de retrobturação mais compatível.

Em um estudo histológico comparativo, foi avaliada a cicatrização pulpar após capeamento direto da polpa com Totalfill, comparando-o com o cimento biocerâmico Neo MTA Plus em culturas de dentes humanos. Quarenta pré-molares humanos sadios extraídos recentemente por razões ortodônticas foram divididos em dois grupos experimentais: grupo I: TotalFill e grupo II: Neo MTA Plus. Após ser feito o capeamento direto dos dentes, eles foram cultivados por três semanas e três meses. Em seguida, os dentes cultivados foram desmineralizados, seccionados e corados para avaliação histopatológica. Os dados coletados foram analisados estatisticamente pelo teste exato de Fisher. Nos resultados, o Totalfill gerou reparo e reparo da polpa favorável semelhante, e foi comparado ao Neo MTA plus. Ainda, o Totalfill formou uma ponte de dentina mais espessa, quando comparado ao Neo MTA Plus (AL-SAUDI, *et al.*, 2019).

Adigüzel, *et al.*, (2019) compararam a citotoxicidade, *in vitro*, dos materiais Theracal LC, BiodentineTM, iRoot BP Plus e MTA Angelus em fibroblastos de polpa humana. Nos métodos de estudo, quinze discos de cada material à base de silicato de cálcio foram preparados em moldes estéreis de Teflon. A viabilidade celular foi avaliada com o ensaio colorimétrico metil-tiazol-tetrazólio (MTT) em três momentos diferentes (24, 48 e 72 h). Os dados foram analisados estatisticamente e a citometria

de fluxo determinou o status apoptótico / necrótico das células expostas aos eluatos do material. Pode-se concluir que o Biodentine™, MTA Angelus e iRoot BP Plus podem ser classificados como materiais biocompatíveis em tratamentos endodônticos vitais. Contudo, o material Theracal LC deve ser utilizado com cuidado devido aos seus efeitos citotóxicos.

Em 2016, Coaguila-Llerena, *et al.*, avaliaram, *in vitro*, a citotoxicidade em fibroblastos do ligamento periodontal humano de três cimentos utilizados para retrobturação: MTA Angelus, ERRM e Super EBA. Nos métodos de estudo, a citotoxicidade dos três extratos dos cimentos (após 2 e 7 dias de endurecimento) foi avaliada por cultura de fibroblastos primários do ligamento periodontal. Para avaliar as diluições em série dos extratos (1:1, 1:2, 1:4 e 1:8) em 1, 3 e 7 dias, foi utilizado o ensaio MTT. A viabilidade celular foi calculada em base da porcentagem do grupo de controle negativo, que representou 100% de viabilidade de células. As análises estatísticas foram realizadas com o teste t, ANOVA e teste de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5%. O resultado final demonstrou que os cimentos de retrobturação MTA Angelus e ERRM apresentam menor citotoxicidade na diluição mais alta (1:1) em comparação com super EBA.

4.2 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Souza, *et al.*, (2015) fizeram um estudo comparativo sobre a radiopacidade, variação do pH e citotoxicidade dos cimentos biocerâmicos Retro MTA e ProRoot MTA. Como metodologia, cimentos mistos foram expostos a um raio-x digital, juntamente com uma régua de alumínio para realizar o ensaio de radiopacidade. Os valores de pH foram verificados após o período de incubação de 3, 24, 48, 72 e 168 horas. A citotoxicidade de cada cimento foi testada em fibroblastos do ligamento periodontal humano, utilizando um ensaio multiparamétrico. Nos resultados, o ProRoot MTA apresentou maior radiopacidade que o Retro MTA, não houve diferença significativa no pH e na citotoxicidade de ambos os materiais. Com base nas descobertas, o Retro MTA atende aos requisitos de radiopacidade padronizados pela ANSI / ADA número 57 e têm valores de pH e biocompatibilidade semelhantes ao ProRoot MTA.

Candeiro, *et al.*, (2012) avaliaram a radiopacidade, pH, liberação de cálcio e escoamento de um cimento biocerâmico, o EndoSequence BC, e um cimento

resinoso, o AH Plus. Relacionado ao pH, puderam observar que o EndoSequence BC (Brasseler, EUA, Savannah, GA) apresentou pH alcalino em todos os experimentos, com um valor máximo em 168 horas. Já o pH do AH Plus, foi ligeiramente neutro. Nos testes de liberação de cálcio, os resultados mostraram que o EndoSequence BC apresenta maior liberação, quando comparado com o AH Plus. Em relação à radiopacidade e ao escoamento dos cimentos estudados, os resultados mostraram que o escoamento do AH Plus foi menor do que o do EndoSequence BC e que em relação à radiopacidade, o AH Plus se mostrou mais radiopaco do que o EndoSequence BC. Ainda assim, puderam concluir que o cimento biocerâmico EndoSequence BC demonstrou propriedades físico-químicas apropriadas, quando comparados com o AH Plus.

Ozcan, *et al.*, (2012) utilizando o cimento biocerâmico iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada) como objeto de pesquisa, realizaram um estudo com o intuito de avaliar a força do cimento endodôntico às paredes dentinárias, sendo comparado com o cimento AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemanha) e com o Endofill (Produits Dentaires SA, Vevey, Suíça). Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas entre os cimentos estudados, porém o Endofill apresentou menor capacidade de adesão, quando comparado aos demais. Concluíram também que a capacidade de adesão do cimento à base de silicato de cálcio (iRoot SP) às paredes dentinárias foi adequada.

Um estudo examinou a resistência ao deslocamento das paredes dentinárias de três selantes endodônticos: ProRoot Endo Sealer, AH Plus Jet e Pulp Canal Sealer, com e sem imersão em um fluido corporal simulado, usando um projeto de teste de push-out modificado, que produzia espaços de canal simulados. Como métodos de estudo, foram utilizados 60 dentes caninos humanos livres de cárie e com raiz única. Após a limpeza com hipoclorito de sódio (NaOCl) / ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), as cavidades foram preenchidas com os selantes endodônticos. Metade das cavidades foi testada com um dispositivo de teste de push-out, iluminado por fibra óptica. O restante foi imerso no fluido corporal humano por 4 semanas antes da avaliação push-out. Foram utilizados também estereomicroscopia e microscopia eletrônica de varredura para avaliar os métodos de falha. Nos resultados, tanto o 'tipo de vedador' quanto o 'armazenamento do fluido corporal' foram significativos para afetar os resultados do push-out. O ProRoot

Endo Sealer demonstrou a presença de fases esféricas do tipo fosfato de cálcio amorfo e fases do tipo apatita após o armazenamento do fluido corporal humano (HUFFMAN, *et al.*, 2009).

Shokouhinejad, *et al.*, (2012) compararam a resistência de união do cimento biocerâmico EndoSequence BC Sealer (Brasseler, EUA, Savannah, GA) e do AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) tanto na presença quanto na ausência de smear layer. Como resultados, observaram que não teve diferença significativa nos testes de push out entre os quatro grupos. Além disso, a presença ou ausência de smear layer não afetou significativamente a adesão do material ao elemento dentário. Concluíram que a resistência de união do EndoSequence BC é igual a do AH Plus, com ou sem smear layer.

Em 2013, Hirschberg, *et al.*, realizaram um estudo com o objetivo de comparar o vedamento apical de dois cimentos endodônticos: o ProRoot MTA (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e o ERRM (Brasseler, EUA, Savannah, GA). Como métodos de estudo, foram utilizados 60 dentes extraídos com uma única raiz. Eles foram divididos em quatro grupos: Grupo I, MTA; Grupo II, ERRM; Grupo III, controle positivo, guta-percha sem selador; Grupo IV, controle negativo, selado com cera e verniz para as unhas. Ao final do estudo, foi observado que não teve diferença significativa na invasão bacteriana entre os grupos IV e o grupo I, porém o grupo que usou o ProRoot MTA, quando comparado com o ERRM, obteve resultados com menor infiltração bacteriana. Concluiu-se que o grupo I e o grupo IV obtiveram resultados significativamente menores em relação à invasão bacteriana, quando comparadas com o grupo II e III.

Pawar, *et al.*, (2014) realizaram um estudo, *in vitro*, com o objetivo de comparar e avaliar a microinfiltração de três cimentos endodônticos: Endosequence BC (Brasseler, EUA), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha) e o Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, EUA). Foram selecionados setenta e cinco elementos dentários humanos, permanentes e unirradiculares, onde tais elementos foram divididos em três grupos (n=25), um para cada tipo de cimento. Todos os canais foram irrigados com 10 mL de uma solução de hipoclorito de sódio a 5,25% (NaOCl) e solução de EDTA a 17%, a irrigação final foi feita com soro fisiológico normal. Os canais foram, então, secos com cones de papel estéril e, após a manipulação dos cimentos, segundo o fabricante, foi feita a obturação. Os espécimes foram armazenados em incubadora a 37°C durante 24

horas, sendo em seguida imersos em azul de metileno a 1% durante 72 horas. A profundidade de penetração do corante foi analisada por um microscópio Magnus a 30x de magnificação. Os autores observaram que o corante penetrou mais no grupo que foi utilizado o cimento AH Plus, porém ainda houve penetração do corante nos demais grupos que usaram o BC Sealer e o Epiphany.

Al-Haddad, *et al.*, (2015) compararam e avaliaram a espessura e adaptação marginal de cimentos biocerâmicos. Utilizaram como objetos de pesquisa: Sankin Apatite III (Dentsply Sankin, Tóquio/Japão), Endosequence BC (Brasseler, EUA), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), que é um cimento resinoso, e o MTA Fillapex (Angelus, Brasil). O estudo demonstrou que os cimentos biocerâmicos apresentaram menor adaptação marginal na interface com a dentina, havendo espaços em certas regiões, quando comparado com o AH Plus. Dentre os biocerâmicos, o que apresentou melhor adaptação foi o Endosequence BC.

Torabinejad, *et al.*, (1995) investigaram a adaptação marginal do MTA como material de preenchimento radicular, comparando-o com os materiais de preenchimento radicular, geralmente utilizados por microscopia eletrônica de varredura. Como métodos de estudo, foram utilizados 88 dentes humanos recém-extraídos com uma única raiz. Eles foram limpos, modelados e obturados com gutapercha e selador de canais radiculares. Depois de fazer a ressecção da extremidade da raiz e a preparação da cavidade, as cavidades da extremidade da raiz foram preenchidas com amalgâma, IRM, Super EBA ou MTA. Nos resultados, a análise estatística dos dados comparou o tamanho dos espaços entre os materiais de preenchimento radicular e a dentina circundante e concluiu que o MTA teve uma melhor adaptação quando comparado com amálgama, Super-EBA e IRM.

Lee, *et al.*, (1993) testaram os materiais de reparo Amálgama, IRM e MTA para reparo de perfurações radiculares criadas experimentalmente. Como métodos de pesquisa, foram utilizados 50 molares inferiores extraídos. Foram feitas perfurações na superfície da raiz mesial em um ângulo de 45° em relação ao longo eixo dos dentes. Em seguida, as perfurações foram preenchidas com os materiais de reparação e foram mantidos por 4 semanas no modelo Oasis. Na conclusão, o MTA teve menos vazamentos que o IRM ou o amálgama. O MTA também apresentou a menor tendência de sobreenchimento, enquanto o IRM mostrou a menor tendência de preenchimento.

Um estudo, *in vitro*, foi realizado por Antunes, *et al.*, (2015) com o intuito de comparar e analisar a capacidade de selamento apical dos cimentos MTA-Angelus Branco (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e ERRM (Brasseler, Savannah, GA, EUA). Como resultado, foi possível observar que, em 50% das amostras do grupo que usou MTA, ainda podiam ser encontradas bactérias viáveis dentro do canal. Já no grupo que foi usado o ERRM, 28% das amostras apresentavam espécimes de bactérias viáveis, porém quantitativamente e qualitativamente não demonstrava diferença em relação ao grupo do MTA. Os grupos controle apresentaram o resultado esperado, pois os materiais usados para selamento não tinham propriedades bactericidas. Como conclusão, os autores puderam observar que ambos os materiais têm capacidade semelhante de selamento apical.

Lee, *et al.*, (2017) realizaram um estudo com o objetivo de testar e comparar três cimentos biocerâmicos e três cimentos resinosos em relação às suas propriedades físico-químicas, tais como: escoamento, tempo de presa final, radiopacidade e mudança de pH. Os cimentos comparados foram: Radic-Sealer (KM, Seoul, Coréia), AD Seal (Meta Biomed, Cheongju, Coréia), AH Plus (Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha), EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA), EndoSeal MTA (MARUCHI, Wonju, Coréia) e MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil). O MTA Fillapex mostrou maior escoamento e o cimento EndoSequence BC teve menor escoamento quando comparado com os demais. O maior tempo de presa final foi do EndoSeal MTA, enquanto o Radic-Sealer e o AD Seal obtiveram menor tempo do que o AH Plus.

No teste de radiopacidade, puderam observar que o AH Plus e o EndoSeal MTA mostraram valores acentuados em comparação com os demais cimentos, principalmente com o MTA Fillapex, que apresentou o menor valor de todos eles. Sobre a estabilidade dimensional, como resultado, foi observado que o cimento AD Seal teve grande expansão quando comparado com os demais. O cimento EndoSequence BC demonstrou maior pH alcalino do que todos os outros, o pH do EndoSeal MTA foi significativamente maior do que os outros cimentos resinosos presentes no estudo. Já o cimento AD Seal se apresentou com o pH neutro após quatro semanas. Os autores chegaram à conclusão de que tanto os cimentos biocerâmicos quanto os cimentos resinosos apresentaram características físico-químicas satisfatórias.

Candeiro, *et al.*, (2019) avaliaram a capacidade de penetração dos cimentos endodônticos Endosequence BC Sealer e AH Plus, em canais laterais artificiais. Foram utilizados 26 primeiros pré-molares superiores com duas raízes para realizar o estudo. Em cada raiz, seis canais laterais de dois diâmetros (0,06 e 0,10 mm) foram criados com um comprimento de trabalho de 2, 4 e 6 mm. Eles foram divididos em dois grupos, de acordo com o cimento endodôntico utilizado e obturados com cone único. Foi concluído que o cimento biocerâmico Endosequence BC Sealer tem eficácia parecida com o AH Plus para preencher canais laterais.

Delgado, *et al.*, (2018) realizaram um estudo para comparar, *in vitro*, o grau de microinfiltração bacteriana no terço apical do canal radicular, ao efetuar a técnica de preenchimento retrógrado, utilizando os cimentos endodônticos MTA Repair Hp (Angellus) e Biodentine (Septodont). Nos materiais e métodos, foram utilizados 22 dentes unirradiculares, onde os mesmos foram divididos em 4 grupos. As amostras foram rastreadas e fotografadas e as imagens foram analisadas na raiz de três terços, usando o programa Motic Images 5.0. Concluindo, a técnica de obturação retrógrada com Biodentine tem maior tendência a proporcionar um selamento periférico mais hermético do terço apical, se comparado a técnica de obturação retrógrada do MTA Repair Hp.

França (2014) avaliou a influência do tempo de endurecimento sobre as propriedades físicas e biológicas de sete cimentos endodônticos: Apexit Plus, Real Seal, Endo Rez, Roeko Seal, AH Plus, Endomethasone N e o cimento biocerâmico iRoot SP. A análise da citotoxicidade foi feita com fibroblastos do ligamento periodontal humano e, no teste de push-out, foram utilizados 140 dentes humanos unirradiculares que tiveram suas coroas removidas. Os testes biológicos foram avaliados após 24 h, 72 h, 1 semana, 1 mês, 3 meses, 6 meses e um ano após a manipulação e o teste de push-out 15 dias e 1 ano. O teste de Kruskal-Wallis e o teste de Dunn analisaram os dados. Foi possível concluir que o Ah Plus e Real Seal foram os que apresentaram menor citotoxicidade e genotoxicidade, tendo bons valores de resistência de união em todos os terços, sendo o material de escolha para a terapia endodôntica.

Segundo Malkondu, *et al.*, (2014), o tempo de endurecimento do Biodentine (Septodont) é de 12 a 13 minutos, valor significativamente menor que o do MTA. Essa reação de presa rápida é atribuída ao aumento do tamanho das partículas, adição de cloreto de cálcio (CaCl₂) no componente líquido e pela

ausência de silicato dicálcico na composição. Outra diferença importante foi a adição de carbonato de cálcio, que pode atuar como local de nucleação do hidrato de cálcio e silicato, acelerando a reação de endurecimento.

Um estudo comparou a solubilidade e o PH de diferentes selantes endodônticos, *in vitro*. Foram testados os selantes BioRoot RCS, TotalFill BC Sealer, MTA Fillapex, SealapexTM, AH Plus, EasySeal, Pulp Canal Sealer e N2. A solubilidade foi analisada após 24 horas usando o teste ANOVA e teste post-hoc de Tukey. O valor do pH foi medido por um medidor de pH digital após 3 e 24 horas após a manipulação. Os selantes BioRoot RCS e o TotalFill BC Sealer apresentaram solubilidade significativamente maior do que os outros selantes e exibiram alto pH alcalino ao longo do tempo. Portanto, a alcalinidade prolongada do selante biocerâmico combinou com o aumento da solubilidade. Isso pode incentivar seus efeitos biológicos e antimicrobianos, mas a solubilidade contínua pode afetar sua capacidade de evitar vazamentos apicais (POGGIO, *et al.*, 2017).

Guyen, *et al.*, (2016) fizeram um estudo, *in vitro*, e avaliaram a resistência à fratura a longo prazo de dentes permanentes humanos imaturos, que foram preenchidos com BioAggregate, MTA e ERRM. Nos materiais e métodos, foram utilizados 40 dentes, onde foram divididos em quatro grupos: Grupo 1: DiaRoot BioAggregate, Grupo 2: MTA-Plus (MTA-P), Grupo 3: MTA-Angelus (MTA-A) e Grupo 4: ERRM. Os materiais de preenchimento foram aplicados de acordo com as instruções do fabricante e, após 24 meses de incubação, as raízes dos dentes foram submetidas ao teste de fratura. Os dados foram analisados pelos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Com base nos resultados, os dentes que foram preenchidos com BioAggregate apresentam ter maior resistência à fratura do que os outros grupos em 24 meses, demonstrando ser o material mais promissor testado.

Em 2016, Guo, *et al.*, fizeram um estudo sobre as propriedades físicas e o comportamento de hidratação dos cimentos biocerâmicos iRoot FS, ERRM, MTA cinza e branco (G-MTA e W-MTA) e IRM. Nos métodos de estudo, o tempo de ajuste foi medido pelos padrões ANSI / ADA. A microdureza foi avaliada pelo teste de endentação de Vickers. Resistência à compressão e porosidade foram investigadas aos 7 e 28 dias. A calorimetria de varredura diferencial foi empregada para o teste de hidratação. Concluindo o estudo, pode se constatar que o iRoot FS teve um tempo de endurecimento e processo de hidratação mais rápidos que os demais

materiais testados. As propriedades mecânicas do iRoot FS, G-MTA e W-MTA foram relativamente semelhantes.

4 DISCUSSÃO

O MTA é considerado o material biocerâmico precursor na odontologia, o mesmo foi introduzido por Mahmoud Torabinejad no ano de 1993 (LEE, *et al.*, 1993). Seus principais componentes são o silicato tricálcico, aluminato tricálcico, óxido tricálcico e óxido de silicato, tendo também outros óxidos responsáveis por suas propriedades. As principais moléculas presentes no MTA são os íons cálcio e fósforo. Como essas moléculas estão presentes nos tecidos dentais também, dão ao MTA a característica de biocompatibilidade (TORABINEJAD, *et al.*, 1995).

A biocompatibilidade e as propriedades físico-químicas dos cimentos endodônticos são extremamente importantes, visto que estarão em contato com os tecidos periapicais durante longos períodos, podendo influenciar no prognóstico e resultado final do tratamento (FRANÇA, 2014). Os materiais à base de silicatos de cálcio são materiais com capacidade bioativa, ou seja, formam hidroxiapatita quando entram em contato com água, são biocompatíveis e apresentam atividade antibacteriana (LOUSHINE, *et al.*, 2011; ZOUFAN, *et al.*, 2011).

De acordo com Raghavendra em 2017, materiais bioativos são aqueles que têm a capacidade de sofrer alterações interfaciais com os tecidos circundantes. Quando esses materiais bioativos entram em contato com os fluidos teciduais, liberam hidróxido de cálcio ($\text{Ca} [\text{OH}]_2$), que pode interagir e induzir os tecidos circundantes a promover sua regeneração. A busca do desenvolvimento de materiais bioativos e biocompatíveis que promovam especificamente a regeneração dos tecidos pulpare e periapicais, em vez de reparar, é de extrema importância. (DEBELIAN, *et. al*, 2016).

Willershausen, *et al.*, (2013) discorrem que os biocerâmicos tem uma ampla gama de aplicações, incluindo capeamento pulpar, pulpotomia, reparo de perfurações e reabsorções, chegando a ser considerado um material de substituição da dentina. Estas conclusões também foram obtidas nas pesquisas de Tomás-Catalá, em 2017, Jiang (2016) e Bueno (2016), onde todos ratificaram a biocompatibilidade dos cimentos à base de silicato de cálcio.

Segundo Chen, *et al.*, (2016), a regeneração biológica do tecido dentário perdido é a melhor situação de resposta a um tratamento odontológico. A bioatividade dos biocerâmicos é destaque entre as vantagens apresentadas sobre os cimentos endodônticos convencionais. Esta propriedade se refere à capacidade

de formação do hidróxido de cálcio que exerce influência na união entre a dentina e o material reparador, também corroborado por Chang, *et al.*, (2017), que relatam que o cimento biocerâmico Endosequence (Brasseler, EUA) é um material bioativo altamente radiopaco, dimensionalmente estável, hidrofílico e que forma hidroxiapatita após a fixação. O mesmo precisa de umidade dos túbulos dentinários para concluir a reação de presa.

A capacidade de adesão dos cimentos biocerâmicos à base de silicato de cálcio às paredes dentinárias são adequadas, de acordo com o trabalho de Ozcan, *et al.*, (2012). Fato concordante com os resultados de Huffman (2009) e Shokouhinejad, *et al.*, (2012). Os pesquisadores Hirschberg, *et al.*, (2013), e Pawar *et al.*, (2014), realizaram estudos com o objetivo de comparar o vedamento apical de cimentos endodônticos. Demonstraram bons resultados obtidos pelos biocerâmicos com relação à infiltração marginal, quando comparado aos cimentos convencionais. Outro estudo, *in vitro*, foi realizado por Antunes, *et al.*, (2015) com o intuito de comparar e analisar a capacidade de selamento apical dos cimentos MTA-Angelus Branco (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e ERM (Brasseler, Savannah, GA, EUA). Como conclusão, os autores puderam observar que ambos os materiais têm capacidade semelhante de selamento apical.

A literatura pesquisada mostra diversos trabalhos que avaliam as propriedades biológicas dos cimentos biocerâmicos, seja mediante testes de citotoxicidade (LOUSHINE, *et al.*, 2011; ZOUFAN, *et al.*, 2011; MUKHTAR-FAYYAD, 2011; WILLERSHAUSEN, *et al.*, 2013; BARABA, *et al.*, 2016 e BUENO, *et al.*, 2016), ou através de testes relacionados às propriedades físicas e químicas, como por exemplo: indução de mudança no pH (LEE, *et al.*, 2017), microdureza (HUFFMAN, *et al.*, 2009; LOUSHINE, *et al.*, 2011; OZCAN, *et al.*, 2012; SHOKOUHINEJAD, *et al.*, 2012), radiopacidade (CANDEIRO, *et al.*, 2012 e LEE, *et al.*, 2017), liberação de íons cálcio e indução de biomineralização (CANDEIRO, *et al.*, 2012 e GUVEN, *et al.*, 2013), escoamento (CANDEIRO, *et al.*, 2012 e LEE, *et al.*, 2017), capacidade de selamento (HIRSCHBERG, *et al.*, 2013; AL-HADDAD, *et al.*, 2015 e ANTUNES, *et al.*, 2015), microinfiltração (PAWAR, *et al.*, 2014) e tempo de presa final do material (LOUSHINE, *et al.*, 2011 e LEE, *et al.*, 2017).

Analisando a citotoxicidade e biocompatibilidade dos cimentos biocerâmicos, os materiais Biodentine™, MTA Angelus e iRoot BP Plus foram considerados mais biocompatíveis quando comparados com o material Theracal LC

(ADIGÜZEL, *et al.*, 2019). Em outro estudo realizado, os materiais MTA Angelus e ERRM apresentaram menor citotoxicidade em comparação com super EBA (COAGUILA-LLERENA, *et al.*, 2016). Os materiais MTA Repair HP, NeoMTA Plus e Biodentine apresentam um grau apropriado de citocompatibilidade e boas taxas de migração celular, ainda que o cimento Biodentine tenha apresentado taxas de proliferação mais altas dependentes do tempo (TOMÁS-CATALÁ, *et al.*, 2018). O biocerâmico ERRM demonstrou ser um material compatível, pois não mostrou efeitos citotóxicos (MARTÍNEZ-CORTÉS, *et al.*, 2017) e o Sealer plus BC apresenta maior biocompatibilidade que o MTA fillapex e AH plus, e é menos citotóxico (BENETTI, *et al.*, 2019). Comparando a radiopacidade, variação do pH e citotoxicidade dos biocerâmicos Retro MTA e ProRoot MTA, não houve diferença significativa no pH e na citotoxicidade de ambos os materiais. Porém, o ProRoot MTA apresenta maior radiopacidade que o Retro MTA (SOUZA, *et al.*, 2015). Os selantes BioRoot RCS e o TotalFill BC Sealer apresentam solubilidade maior e alto pH alcalino ao longo do tempo. A combinação das duas propriedades pode incentivar seus efeitos biológicos e antimicrobianos (POGGIO, *et al.*, 2017).

Avaliando as propriedades físicas e o comportamento de hidratação dos cimentos biocerâmicos iRoot FS, ERRM, MTA cinza e branco (G-MTA e W-MTA) e IRM, pode-se constatar que o iRoot FS tem um tempo de endurecimento e processo de hidratação mais rápidos que os demais materiais testados. Já as propriedades mecânicas do iRoot FS, G-MTA e W-MTA foram consideradas semelhantes (GUO, *et al.*, 2016).

Na capacidade de penetração em canais laterais, os cimentos endodônticos Endosequence BC Sealer e AH Plus demonstraram ter eficácia parecida para preencher canais laterais (CANDEIRO, *et al.*, 2019).

Em pulpotomias, utilizando os biocerâmicos iRoot BP e MTA, os dois apresentaram resultados bem sucedidos, porém o iRoot BP apresentou mais facilidade na hora da aplicação clínica do que o MTA, sendo uma melhor opção de escolha (Jiang, *et al.*, 2016). Na cicatrização da polpa após capeamento direto, o material Totalfill gerou um reparo da polpa semelhante ao Neo MTA Plus. O que diferencia os materiais é a ponte de dentina mais espessa formada pelo Totalfill em comparação com o Neo MTA Plus (AL-SAUDI, *et al.*, 2019).

Comparando o grau de microinfiltração bacteriana no terço apical, depois de feito o preenchimento retrógrado, concluiu-se que a técnica de obturação

retrógrada com Biodentine tem maior tendência a proporcionar um selamento periférico mais hermético do terço apical, se comparado a técnica de obturação retrógrada do MTA Repair Hp (DELGADO, *et al.*, 2018). A resistência à fratura a longo prazo de dentes preenchidos com BioAggregate, MTA e ERRM, constatou que os dentes que foram preenchidos com BioAggregate apresentam ter maior resistência à fratura do que os outros materiais avaliados (GUVEN, *et al.*, 2016).

5 CONCLUSÃO

De acordo com esta revisão de literatura, concluiu-se que:

- Os cimentos biocerâmicos têm se mostrado um material promissor e atualmente é uma realidade na Endodontia, já que apresenta muitas vantagens em relação aos cimentos obturadores convencionais;
- Em relação aos aspectos biológicos, os biocerâmicos são biocompatíveis, bioativos e apresentam efeito antimicrobiano, fatores fundamentais na recuperação dos tecidos pulpare e periodontais;
- Apresentam propriedades físico-químicas adequadas para um cimento obturador de canais radiculares como adesão, radiopacidade, escoamento, fácil aplicação, boa capacidade de selamento marginal e menor tempo de presa.

6 REFERÊNCIAS

ADIGÜZEL, M., *et al.* Comparison of cytotoxic effects of calcium silicate-based materials on human pulp fibroblasts Mehmet. **J Dent Res. Dent Clin Dent Prospects**, v.13, n.4, p.241-246; 2019.

AL-HADDAD, A.; ABU KASIM, N.H.; CHE AB AZIZ, Z.A. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. **DentMater J**, v.34, n.4, p.516-521; Abr. 2015.

AL-SAUDI, K.W., *et al.* Pulpal repair after direct pulp capping with new bioceramic materials: A comparative histological study. **Saudi Dent J.**, v.31, n.4, p.469-475; Out. 2019.

ANTUNES, H. S., *et al.* Sealing ability of two root-end filling materials in a bacterial nutrient leakage model. **Int Endod J.**, v.49, n.10, p.960-965; Ago. 2015.

BARABA, A., *et al.* Cytotoxicity of Two Bioactive Root Canal Sealers. **Acta Stomatol Croat.**, v.50, n.1, p.8-13; Mar. 2016.

BENETTI, F., *et al.* Cytotoxicity and biocompatibility of a new bioceramic endodontic sealer containing calcium hydroxide. **Braz. Oral Res**, vol.33, São Paulo, Maio 2019.

BERTRAN, C.A., *et al.* Biocerâmicas: tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p.123-129; Fev. 2000.

BUENO, C.R.E., *et al.* Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic epoxy and calcium hydroxide - based sealers. **Braz. Oral Res**, v.30, n.1, p.81; Jun. 2016.

CANDEIRO, G., *et al.* Evaluation of radiopacity, PH, Release of Calcium Ions and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. **Journal of Endodontics**, v.38, n.6, p.842-845; Jun. 2012.

CANDEIRO, G.T.M., *et al.* Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. **Braz. Oral Res**, v.33, p.049; São Paulo, Maio 2019.

CHANG, S.W., *et al.* In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v.40, n.10, p.1642–1648; Out. 2014.

CHEN, I., *et al.* A New Calcium Silicate–based Bioceramic Material Promotes Human Osteo- and Odontogenic Stem Cell Proliferation and Survival via the Extracellular Signal-regulated Kinase Signaling Pathway. **Journal of Endodontics**, v.42, n.3, p.480-486; Mar. 2016.

COAGUILA-LLERENA, H.; VAISBERG A.; VELÁSQUEZ-HUAMÁN Z. In Vitro Cytotoxicity Evaluation of Three Root-End Filling Materials in Human Periodontal Ligament Fibroblasts. **Braz. Dent. J.**, v.27, n.2, p.187-191; Ribeirão Preto, Mar.- Abr. 2016.

DEBELIAN G.; TROPE M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. **G. Ital. Endod.**, v.30, n.2, p.70-80; 2016.

DELGADO, M.F.R., *et al.* In vitro comparative study of apical microfiltration in retrograde fillings between dental cements: MTA Repair Hp and Biodentine. **Salud Uninorte**, Barranquilla, v.34, n.3, p. 633-640; 2018.

DUTTA A.; SAUNDERS, W.P. Calcium Silicate Materials in Endodontics. **Dental Update**, v.41, n.8, p. 708-722; Out. 2014.

FRANÇA, M.C.M. Influência no tempo de endurecimento no comportamento físico e biológico de sete cimentos endodônticos. **UNESP - Universidade Estadual Paulista**. São José dos Campos, São Paulo, Dez. 2014.

GUO, Y.J., *et al.* Physical properties and hydration behavior of a fast-setting bioceramic endodontic material. **BMC Oral Health**, 16:23; Fev. 2016.

GUVEN, E.P., *et al.* In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. **Int Endod J.**, v.46, n.12, p.1173-1182; Dez. 2013.

GUVEN, Y., *et al.* Long-Term Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth Filled with Various Calcium Silicate-Based Materials. **Biomed Res Int**, 2863817, Jun 2016.

HIRSCHBERG, C.S., *et al.* Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. **Quintessence Int.**, v.44, n.5, p.157-162; Mai. 2013.

HUFFMAN, B.P., *et al.* Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicated-based root canal sealer, from radicular dentine. **IntEndod J.**, v.42, n.1, p.34-46; Jan. 2009.

JIANG, S.; WU, H.; ZHANG, C.F. Partial Pulpotomy of Immature Teeth with Apical Periodontitis using Bioceramics and Mineral Trioxide Aggregate: A Report of Three Cases. **The Chinese Journal of Dental Research**, v.19, n.2, p.115-120; Jun. 2016.

KOCH, K. Bioceramic technologya game changer in endodontic obturation. **NJAGDWisdom**, v.6, p.8-11; 2009.

LEE, J.K., *et al.* Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Bioinorg Chem Appl.**, 2582849; Jan. 2017.

LEE, S.J.; MONSEF, M.; TORABINEJAD, M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v.19, n. 11, p.541-544; Nov. 1993.

LIMA, N.F.F. *et al.* Cimentos biocerâmicos em endodontia: revisão de literatura. **RFO**, Passo Fundo, v.22, n.2, p. 248-254; Ago. 2017.

LOUSHINE, B.A., *et al.* Setting properties and citotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v.37,n.5, p.673-677; Maio 2011.

MACHADO, M.E.L., *et al.* Aspectos de Interesse da Endodontia Contemporânea. **São Paulo: Napoleão LTDA**, p.165-175; 2016.

MALKONDU O.; KAZANDAG, M. K.; KAZAZOGLU,E. A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. **Biomed Res Int.**,160951; Jun. 2014.

MARTÍNEZ-CORTÉS, M. *et al.* Cytotoxicity assessment of three endodontic sealing cements used in periapical surgery. In vitro study. **Revista Odontológica Mexicana**, v.21, n.1, p.40-48; Jan.- Mar. 2017.

MUKHTAR-FAYYAD, D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). **Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.**, v.112, n.6, p.137-142; Dez. 2011.

NASSEH, A.A. The rise of bioceramics. **Endodontic Practice**, v.2, p.21-26; Ago. 2009.

OZCAN, E., *et al.* The effect of calcium silicate-based sealer on the push-out bond strength of fibre posts. **Aust Dent J.**, v.57, n.2, p.166-170; Jun. 2012.

PAWAR, S.S.; PUJAR, M.A.; MAKANDAR, S.D. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. **J Conserv Dent.**, v.17, n.6, p.579-582; Nov.-Dez. 2014.

POGGIO, C., *et al.* Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: A comparative study. **J Clin Exp Dent**, v.9, n.10, p.1189–1194; Out. 2017.

RAGHAVENDRA, S.S., *et al.* Bioceramics in endodontics – a review. **Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry**, vol.51, n.3, p.128-137; Dez. 2017.

RAJASEKHARAN, S., *et al.* Biodentine™ Material Characteristics and Clinical Applications: A 3 Year Literature Review and Update. **Eur Arch Paediatr Dent**, v.19, n.1, p.1-22; Fev. 2018.

SHOKOUHINEJAD, N., *et al.* Effect of phosphate-buffered saline on push-out bond strength of a new bioceramic sealer to root canal dentin. **Dent Res J (Isfahan)**., v.9, n.5, p.595-599; Set. 2012.

SOUZA, L.C., *et al.* Analysis of radiopacity, pH and cytotoxicity of anew bioceramic material. **J Appl Oral Sci**, v.23, n.4, p.383-389; Jul.- Ago. 2015.

TOMÁS-CATALÁ, C.J., *et al.* Biocompatibility of New Pulp-capping MaterialsNeoMTA Plus, MTA Repair HP, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. **Journal of Endodontics**, v.44, n.1, p.126-132; Jan. 2018.

TORABINEJAD, M., *et al.* Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. **Journal of Endodontics**, v.21, n.6, p.295-299; Jun. 1995.

WILLERSHAUSEN, I., *et al.* Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. **Arch Oral Biol.**, v.58, n.9, p.1232-1237; Set. 2013.

ZOUFAN, K., *et al.* Citotoxicity evaluation of Gutta-Flow and EndoSequence BC sealers. **Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.**, v.112, n.5, p.657-661; Nov. 2011.