

AVALIAÇÃO DOS FATORES INFLUENCIADORES DA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DOS CIMENTOS BIO CERÂMICOS: REVISÃO DE LITERATURA

EVALUATION OF FACTORS INFLUENCING THE BOND STRENGTH OF BIOCERAMIC CEMENTS: A LITERATURE REVIEW

Allanda Rossi Paulino de MACEDO¹
Villiane Cristina Oliveira SANTOS¹
João Gabriel Gava SAUCHUK²
Sergio Herrero MORAES³
Karine Santos FRASQUETTI^{4*}

RESUMO

Introdução: A obturação do sistema de canais radiculares evidencia a ação complementar e expressiva da tríade endodôntica (abertura coronária, preparo químico-mecânicos dos canais e o selamento endodôntico), assim, deixando em evidência a importância de se eliminar os espaços vazios deixados dentro dos sistemas de canais radiculares. **Objetivo:** Revisão de literatura, avaliando os fatores influenciadores da resistência de união dos cimentos biocerâmicos na obturação do sistema de canais radiculares na Endodontia, apresentando suas principais utilizações, vantagens e desvantagens. **Metodologia:** Esta revisão de literatura foi realizada com buscas nas bases de dados *Google Acadêmico*, *PubMed* e *SciELO* com ano de publicação dos últimos 10 anos, sendo assim, de 2014 a 2024. Foram adotados como termos de buscas: Resistência de União em Cimentos Biocerâmicos, Endodontia e Cimentos Biocerâmicos, em português e inglês. **Resultados:** A estratégia inicial de pesquisa e busca resultou num total de 50 artigos. A partir do resultado foram excluídos 40 artigos após a leitura de títulos e resumos. Assim, foram selecionados 10 artigos para se realizar a leitura integralmente. **Considerações finais:** O presente estudo trouxe em destaque a importância da escolha criteriosa do cimento biocerâmico e do protocolo para a obturação dos sistemas de canais radiculares. Evidenciando que a resistência de união desses materiais a dentina é um fator determinante para um selamento adequado e assim, para o sucesso a longo prazo do tratamento endodôntico.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência de União; Cimentos Biocerâmicos; Adesividade.

ABSTRACT

Introduction: The obturation of the root canal system highlights the complementary and essential role of the endodontic triad (coronal access, chemical-mechanical preparation of the canals, and endodontic sealing), thus emphasizing the importance of eliminating voids within the canal system. **Objective:** This study aims to conduct a literature review evaluating the factors that influence the bond strength of bioceramic cements during root canal obturation in Endodontics, presenting their main applications, advantages, and disadvantages. **Methodology:** This literature review was conducted through searches on the databases Google Scholar, PubMed and SciELO, focusing on studies published in the last 10 years, from 2014 to 2024. The search terms used included Bond Strength in Bioceramic Cements, Endodontics, and Bioceramic Cements, in both Portuguese and English. **Results:** The initial search strategy yielded a total of 50 articles. After reviewing titles and abstracts, 40 articles were excluded. Thus, 10 articles were selected for full-text analysis. **Final Considerations:** This study highlighted the importance of a careful selection of bioceramic cement and the protocol used for root canal obturation. It was evident that the bond strength between these materials and dentin is a key factor in achieving proper sealing and, consequently, long-term success in endodontic treatment.

KEYWORDS: Bond Strength; Bioceramic Cements; Adhesion.

¹Acadêmica do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil.

²Cirurgião Dentista. Mestre em Odontologia. Professor do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero. Curitiba, Paraná, Brasil.

³Cirurgião Dentista. Doutor pela UNESP. Gestor Educacional Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil.

⁴Cirurgiã Dentista. Doutora em Odontologia pela PUC-PR. Docente do curso de Odontologia da Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil. *E-mail para correspondência: karinefrasquetti@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A obturação do sistema de canais radiculares evidencia a ação complementar e expressiva da tríade endodôntica (abertura coronária, preparo químico-mecânico dos canais e selamento endodôntico) ressaltando a importância da eliminação dos espaços vazios deixados no interior dos sistemas de canais radiculares¹. Estudos como os de Pane *et al.*² e Carvalho *et al.*³ reforçam que a avaliação da resistência de união por meio de testes *push-out* é essencial para compreender o desempenho dos cimentos biocerâmicos em condições clínicas simuladas.

A etapa de obturação dos canais radiculares, deve promover o processo de reparo apical e periapical. Para isso, o preparo químico-mecânico precisa ser realizado com atenção à preservação dos tecidos periapicais, especialmente no que diz respeito à escolha do material obturador. A obturação tem como objetivo selar todas as vias de entrada e saídas de possíveis infiltrações para o interior dos sistemas de canais radiculares. Ela deve promover um selamento apical hermético, que confina dentro dos canais qualquer irritante que não tenha sido conseguido eliminar no preparo químico-mecânico, e que possa vir a gerar um insucesso no tratamento⁴.

A movimentação de microrganismos pode ser facilitada por alterações dimensionais que criam sulcos e espaços ao longo da interface entre o cimento e a dentina ou entre o cimento e a gutapercha. A eficácia seladora de um cimento depende principalmente de sua adesividade, solubilidade, resistência ao desgaste e estabilidade dimensional⁴.

Os cimentos endodônticos são utilizados para eliminar a interface entre os cones de gutapercha e as paredes do canal radicular, tornando a obturação mais uniforme e reduzindo o risco de infiltração. A principal função do cimento endodôntico é impermeabilizar o sistema de canais radiculares e garantir a coesão da massa obturadora, facilitando sua adaptação à superfície dentinária^{4,5}.

As propriedades físico-químicas ideais para um cimento endodôntico incluem: adesividade, estabilidade dimensional, tempo de presa adequado, insolubilidade em fluidos orais e teciduais, radiopacidade, ausência de coloração, capacidade de selamento, propriedades bacteriostáticas, partículas finas para acomodação anatômica e biocompatibilidade⁶.

Os cimentos biocerâmicos são materiais compostos por silicatos de cálcio, óxido de zircônio e fosfato de cálcio monobásico. Eles apresentam excelentes propriedades de biocompatibilidade devido à sua semelhança com o processo biológico de formação de hidroxiapatita, promovendo uma resposta regenerativa no organismo. Esses cimentos têm o mesmo potencial de modular o ambiente apical do tecido, permitindo uma cura previsível, e apresentam ótimas propriedades físico-químicas

e biológicas, incluindo pH alcalino, atividade antimicrobiana, radiopacidade e biocompatibilidade. Eles possuem um alto teor de escoamento no canal radicular e, por isso, devem ser utilizados juntamente com o cone de guta-percha para garantir uma adesão adequada⁷⁻¹⁰. A presença ou ausência de *smear layer* também pode interferir na adesão, conforme demonstrado por Shokouhinejad *et al.*¹¹ e, a umidade do canal radicular exerce papel determinante no comportamento desses materiais, segundo Ozlek *et al.*¹² e Alves Silva *et al.*¹³.

A reação de presa dos cimentos biocerâmicos ocorre na presença de umidade⁸. Quando inseridos em um meio desidratado, tendem a ter seu tempo de endurecimento aumentado, o que pode levar à redução de seu potencial adesivo. A resistência de união desses cimentos pode ser influenciada por diversos fatores, sendo a umidade do canal um dos mais relevantes. Essa resistência é fundamental para garantir a estabilidade do selamento apical e o sucesso a longo prazo do tratamento endodôntico, evitando microinfiltrações e falhas clínicas¹⁴⁻¹⁵.

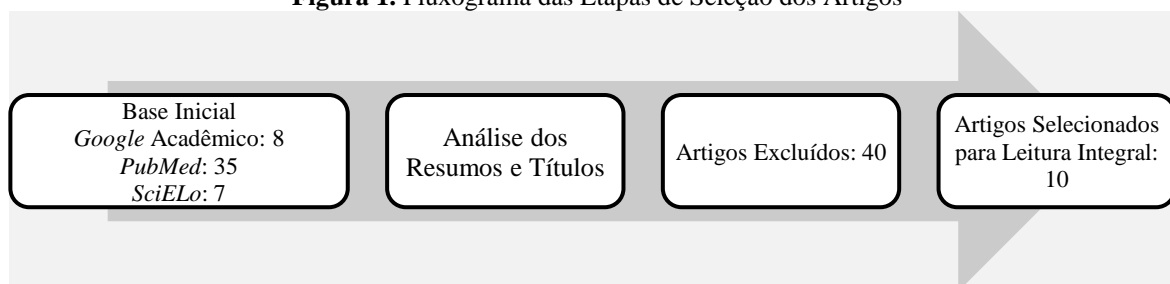
Diante do exposto, este trabalho se objetivou realizar uma revisão de literatura, os fatores que influenciam a resistência de união dos cimentos biocerâmicos usados na obturação de canais radiculares. Apresentando suas principais utilizações, vantagens e desvantagens.

2 METODOLOGIA

Esta revisão de literatura foi realizada com buscas nas bases de dados *Google Acadêmico*, *Pubmed* e *Scielo* com ano de publicação dos últimos 10 anos, sendo assim, de 2014 a 2024. Foram adotados como termos de buscas: Resistência de União em Cimentos Biocerâmicos, Endodontia e Cimentos Biocerâmicos, *Bond Strength in Bioceramic Cements*, *Endodontics and Bioceramic Cements*, em português e inglês respectivamente.

A partir das buscas, foram selecionados artigos em português e inglês de revisão de literatura, relato de caso e artigos de pesquisa. O título e resumo de cada artigo, foram avaliados de acordo com a pertinência em relação ao tema. Após esta análise, foram excluídos artigos que não abordaram o tema de forma integral, resumos expandidos, capítulos de livros e manuais técnicos.

Figura 1. Fluxograma das Etapas de Seleção dos Artigos



Fonte: Os autores, 2025.

3 RESULTADOS

A estratégia inicial de pesquisa e busca resultou num total de 50 artigos. A partir do resultado foram excluídos 40 artigos após a leitura de títulos e resumos. Assim, foram selecionados 10 artigos para se realizar a leitura integralmente. As análises mais pertinentes de cada artigo encontram-se expostas no Quadro 1 abaixo.

QUADRO 1. Descrição dos artigos selecionados para a revisão de literatura

(continua)

AUTOR/ ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	MATERIAIS E MÉTODOS	RESULTADOS
Quaresma <i>et al.</i> , 2023 ¹⁰	Experimental <i>in vitro</i>	Avaliar a resistência de união (RB) e analisar a interface adesiva em canais radiculares preenchidos com cimentos biocerâmicos de gutta percha e cones.	Noventa e seis caninos maxilares foram divididos em oito grupos de acordo com o cimento endodôntico (<i>AH Plus</i> , <i>AH Plus Bioceramic</i> , <i>Bio-C Sealer</i> ou <i>Bio-C Sealer Ion+</i> e cones de gutta-percha (convencional ou biocerâmico) testados. Eles foram analisados usando o teste BS, padrão de falha, análise da interface adesiva por microscopia eletrônica de varredura e microscopia confocal de varredura a laser. Os dados do BS foram comparados entre os grupos usando o teste de análise de variância com o pós-teste de <i>Turkey</i> . O teste qui-quadrado foi usado para avaliar o tipo de falha e os testes não paramétricos de <i>Mann-Whitney</i> e <i>Kruse-Wallis</i> ($P < 0,05$).	A análise de variância mostrou maiores valores de BS para os grupos de cones de gutta-percha biocerâmicos em <i>Bio-C Sealer Ion+</i> ($8,38 \pm 4,27$), <i>AH Plus Bioceramic</i> ($6,19 \pm 3,28$), <i>Bio-C sealer</i> ($5,70 \pm 3,18$), <i>AH Plus</i> ($4,61 \pm 2,11$) e para os cones de gutta percha convencionais em selantes <i>AH Plus</i> ($4,26 \pm 2,35$), <i>Bio-C sealer</i> ($2,94 \pm 2,32$), <i>Bio-C Sealer Ion+</i> ($3,63 \pm 2,29$) e <i>AH Plus Bioceramic</i> ($1,19 \pm 0,89$) ($P < 0,05$). Em relação ao tipo de falha e adaptação dos tipos de material de preenchimento, foi observada uma porcentagem de falhas mistas (lacunas entre $1\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$) para o grupo com cones de gutta percha biocerâmicos ($p < 0,001$).
Andrade <i>et al.</i> , 2022 ¹⁵	Experimental <i>in vitro</i>	Demonstrar os resultados da comparação entre dois cimentos endodônticos biocerâmico e resinoso da união à dentina através do teste de <i>Push-out</i> .	Foram selecionados 30 dentes anteriores, unirradiculares, 15 por grupo, inspecionados por microscópio operatório afim de garantir a homogeneidade, descartando quaisquer irregularidades. Para a preparação da amostra foi seccionada a cora na altura da junção amelocementária, deixando o padrão radicular de 16 mm. Foram realizados o tratamento com o sistema <i>Protaper Next</i> e obturado em dois grupos, sendo o 1: <i>Bio-C Sealer</i> , e 2 2: <i>AH Plus Jet</i> . Após levadas as amostras para o teste de <i>Push-out</i> para analisar a aderência.	Ambos os Cimentos <i>Bio-C Sealer</i> e o <i>AH Plus Jet</i> , com análise na resistência de união através do teste de <i>push-out</i> se comportam de maneira equivalente, assim não mostram diferenças significativas.

QUADRO 1. Descrição dos artigos selecionados para a revisão de literatura

(continua)

AUTOR/ ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	MATERIAIS E MÉTODOS	RESULTADOS
Boher <i>et al.</i> , 2018 ¹⁶	Experimental <i>in vitro</i>	Avaliar o efeito de diferentes cimentos endodônticos e dois tempos de espera pós-endodontia na resistência de união de pinos de fibra	Setenta e dois dentes bovinos foram tratados endodonticamente e obturados usando três cimentos endodônticos: à base de eugenol, à base de resina epóxi ou à base de mineral trióxido agregado. Os espécimes foram armazenados a 37°C por 24 horas ou por 30 meses. Após, os canais radiculares foram preparados para cimentação dos pinos de fibra usando o RelyX U200. Foram realizados testes de <i>push-out</i> e análise de falhas. Os dados foram analisados por análise de variância bidirecional e com o teste t.	O cimento AH Plus obteve os maiores valores de resistência de união aos 30 meses pós-endodontia a (11,26 Mpa) ($p < 0,05$), no entanto, não houve diferença com o cimento Endofill no mesmo tempo. Os cimentos Endofill e MTA Fillapex não diferiram significativamente em seus efeitos, independentemente do tempo de espera pós-endodontia.
Bengoa <i>et al.</i> , 2020 ¹⁷	Experimental <i>in vitro</i>	Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da limpeza ultrassônica do espaço intracanal do pino na resistência de união de pinos de fibra em canais ovais preenchidos com um selador de canal radicular biocerâmico pré-misturado (Bio-C Sealer [BIOC]).	Cinquenta pré-molares foram preparados endodonticamente e divididos em 5 grupos ($n = 10$), com base no tipo de material obturador do canal radicular usado e no protocolo de limpeza do espaço do pino. A1: guta-percha + AH Plus (AHP) e preparação do espaço do pino com limpeza ultrassônica, A2: guta-percha + BIOC e preparação do espaço do pino com limpeza ultrassônica, B1: guta-percha + AHP e preparação do espaço do pino, B2: guta-percha + BIOC e preparação do espaço do pino, C: grupo controle. Os pinos de fibra foram cimentados com um material de cimentação autoadesivo, e fatias de 1 mm de espessura foram seccionadas do terço médio e cervical para avaliar o material obturador restante microscopicamente. As amostras foram submetidas a um teste <i>push-out</i> para analisar a resistência de união do pino de fibra, e os resultados foram analisados com os testes <i>Shapiro-Wilk</i> , <i>Bonferroni</i> , <i>Kruskal-Wallis</i> e <i>Mann-Whitney</i> ($p < 0,05$). Os modos de falha foram avaliados usando microscopia óptica.	Os resultados mostraram que os pinos de fibra cimentados em canais selados com BIOC tiveram menor resistência de união do que aqueles selados com AHP. A limpeza ultrassônica do espaço do pino melhorou a resistência de união dos pinos de fibra em canais selados com AHP, mas não com BIOC.

QUADRO 1. Descrição dos artigos selecionados para a revisão de literatura

(continua)

AUTOR/ ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	MATERIAIS E MÉTODOS	RESULTADOS
Soares <i>et al.</i> , 2020 ¹⁸	Experimental <i>in vitro</i>	Este estudo avaliou a influência de cimentos endodônticos com diferentes composições químicas na resistência de união da junção de cimento resinoso/pino de fibra de vidro à dentina radicular.	Setenta e duas raízes de caninos maxilares foram instrumentadas com Reciproc (#R50) e distribuídas em 6 grupos (n = 12) de acordo com os cimentos endodônticos: G1 — controle (sem cimento); G2 — Endofill; G3 — Sealapex; G4 — AH Plus; G5 — Sealer Plus; G6 — EndoSequence BC. O pino de fibra de vidro foi cimentado com Panavia F em 10 dos espécimes. Dois espécimes de cada grupo não receberam pino e foram analisados por MEV para verificar a presença de material obturador. Três fatias foram obtidas de cada terço. A primeira fatia foi submetida ao teste de <i>push-out</i> e ao tipo de falha. A segunda fatia foi imaginada usando microscopia confocal a laser para avaliação da interface adesiva dentina/cimento resinoso. Os dados de resistência de união (BS) foram analisados usando ANOVA de duas vias e testes <i>post hoc</i> de Tukey; para dados de LCM, usamos os testes de Kruskal-Wallis e Dunn.	O Endofill apresentou os menores valores de BS ($p < 0,05$). Os grupos controle e AH Plus diferiram de todos os outros ($p < 0,05$). Em todos os grupos, predominou a falha adesiva à dentina. A maioria dos espécimes dos grupos controle e AH Plus apresentou interfaces aceitáveis, enquanto os dos grupos EndoSequence BC, Sealapex e Sealer Plus variaram entre interfaces aceitáveis e ruins. No geral, poucos remanescentes de material obturador foram observados na dentina.
Rodrigues <i>et al.</i> , 2021 ¹⁹	Experimental <i>in vitro</i>	Comparação entre os cimentos biocerâmicos, Biodentine, MTA Repair HP e Bio-C Repair em termos de resistência de união à dentina, modo de falha e compressão.	Cinquenta e quatro fatias obtidas do terço cervical de 18 pré-molares mandibulares humanos unirradiculares foram distribuídas aleatoriamente (= 18). Após a inserção dos materiais biocerâmicos, foi realizado o teste de <i>push-out</i> . O modo de falha foi analisado por estereomicroscopia. Outro conjunto de amostras biocerâmicas de formato cilíndrico (= 10) foi preparado para teste de resistência à compressão. A normalidade da distribuição dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os testes de Kruskal-Wallis e Friedman foram utilizados para os dados do teste de <i>push-out</i> , enquanto a resistência à compressão foi analisada por análise de variância e teste de Tukey, considerando um nível de significância de 0,05.	O Biodentine apresentou maior valor mediano de resistência de união (14,79 MPa) do que o MTA Repair HP (8,84 MPa) e o Bio-C Repair (3,48 MPa), com diferença significativa apenas entre o Biodentine e o Bio-C Repair. No grupo Biodentine, o modo de falha mais frequente foi o misto (61%), enquanto nos grupos MTA Repair HP e Bio-C Repair, foi o adesivo (94% e 72%, respectivamente). O Biodentine apresentou maior resistência à compressão ($29,59 \pm 8,47$ MPa) do que o MTA Repair HP ($18,68 \pm 7,40$ MPa) e o Bio-C Repair ($19,96 \pm 3,96$ MPa) ($< 0,05$).

QUADRO 1. Descrição dos artigos selecionados para a revisão de literatura

(continua)

AUTOR/ ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	MATERIAIS E MÉTODOS	RESULTADOS
Tavsan <i>et al.</i> , 2021 ²⁰	Experimental <i>in vitro</i>	Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do hidróxido de cálcio e da biocerâmica utilizados no reparo de perfurações na resistência de união de pinos de fibra por meio de um teste de <i>push-out</i> .	Este estudo utilizou 106 dentes pré-molares mandibulares humanos extraídos de raiz única. Os preparos do canal radicular foram realizados com um sistema de limas rotativas e as perfurações foram criadas no terço médio de cada dente. As amostras foram randomizadas em dois grupos experimentais principais, um com hidróxido de cálcio e outro sem. Cada grupo teve quatro subgrupos nos quais diferentes cimentos biocerâmicos foram aplicados (n=11) e um grupo controle (n=9). As perfurações dos canais radiculares foram reparadas usando MTA, Biodentine, Bioaggregate e material de reparo radicular Endosequence BC. Um pino de fibra foi aplicado em cada dente e um teste de <i>push-out</i> foi realizado. As amostras foram examinadas com ampliação de 40× com um microscópio digital para identificar o tipo de fratura.	A resistência de união foi calculada em MPa. Uma análise estatística mostrou que o hidróxido de cálcio não teve efeito na resistência de união dos pinos de fibra. Uma comparação dos materiais de reparo de perfuração revelou que o Biodentine no grupo do hidróxido de cálcio e o Bioaggregate em ambos os grupos diminuíram a resistência de união em comparação aos outros materiais.
Frasquetti <i>et al.</i> , 2022 ²¹	Experimental <i>in vitro</i>	Este estudo avaliou <i>in vitro</i> o efeito de dois protocolos de secagem diferentes na resistência de união à dentina de dois diferentes selantes biocerâmicos (<i>Sealer Plus BC</i> [SP] e <i>Bio C Sealer</i> [BCS]). A resistência de união e o modo de falha foram avaliados de acordo com o selante, protocolo de secagem e terço do canal radicular	60 pré-molares mandibulares humanos uni radiculares extraídos foram selecionados após padronização anatômica. As coroas seccionadas e os canais radiculares foram preparados. As raízes divididas aleatoriamente em quatro grupos (não 1/415 cada). Cada grupo recebeu uma combinação de um dos selantes avaliados (SP ou BCS) e um dos protocolos de secagem: canais secos com pontas de papel (PP) ou irrigação com solução salina seguida de aspiração com cânulas de silicone (IA). Obturações realizadas usando uma técnica de cone único. Os dentes temporizados e armazenados por 7 dias (100% de umidade, 37°C). As raízes cortadas para obter discos de 2 mm de espessura para cada terço (coronal, médio e apical). Testes de <i>push-out</i> foram realizados em uma máquina de teste universal, e a resistência de união (MPa) de cada espécime foi calculada dividindo a carga (N) pela área da interface. O tipo de falha foi avaliado sob ampliação 4x. Os dados foram analisados estatisticamente com significância estabelecida em 5%. Teste de análise de variância seguido pelo teste <i>post-hoc</i> de Games-Howell usado para comparar os valores médios entre os grupos e a interação das variáveis.	O tipo de falha predominante foi coesivo, seguida de falha mista e adesiva em todos os grupos. O terço apical apresentou a maior resistência de união (pp <0,05) independentemente do grupo, seguido pelos terços médio e coronal. No geral, o grupo SP PP apresentou a maior média de resistência de união (p <0,01), mas o selador SP foi afetado negativamente pelo protocolo de secagem IA nos terços coronal e médio. O BCS apresentou resultados semelhantes dentro do terceiro estágio, independentemente do protocolo de secagem.

QUADRO 1. Descrição dos artigos selecionados para a revisão de literatura

(conclusão)

AUTOR/ ANO	TIPO DE ESTUDO	OBJETIVO	MATERIAIS E MÉTODOS	RESULTADOS
Alberdi <i>et al.</i> , 2023 ²²	Experimental <i>in vitro</i>	O presente estudo avaliou o efeito do calor na adesão do BS à dentina radicular no terço apical do canal radicular de pré-molares inferiores humanos extraídos.	Três BS combinados com uma técnica de condensação hidráulica, uma técnica de compactação vertical a quente e uma técnica baseada em suporte foram avaliados. Sessenta e três pré-molares inferiores foram preparados seguindo o mesmo protocolo cirúrgico para padronizar o formato do canal radicular no nível do ápice, aleatoriamente designados para um dos nove grupos e obturados de acordo. Seções de um milímetro de espessura foram submetidas a um teste <i>push-out</i> usando uma máquina de teste universal e classificada de acordo com o modo de falha. ANOVA bidirecional foi aplicada usando o software SPSS (IBM Corp).	Não foram observadas diferenças significativas na carga máxima ou modo de falha entre BS, técnicas ou quando se considerou a interação entre selantes e técnicas.
Souza <i>et al.</i> 2024 ²³	Experimental <i>in vitro</i>	Analisar de forma comparativa a força de adesão do cimento biocerâmico CIMMO HP em relação aos cimentos <i>Bio-C sealer</i> e <i>Sealer Plus BC</i> , por meio do método de <i>push-out</i> .	Foram utilizadas 30 raízes de incisivos centrais superiores, seccionadas, em 60 secções axiais de 2 mm de espessura e 1,2 de diâmetro. Sendo elas, divididas aleatoriamente em 3 grupos de 20 correspondentes a cada tipo de cimento. Em seguida, os cimentos foram manipulados e aplicados em cada orifício, seguindo a orientação do fabricante. Os espécimes foram incubados a 37°C por 3 dias com umidade controlada, e levados ao teste de <i>push-out</i> com velocidade mínima de 1mm/min. a análise estatística incluiu ANOVA e teste posterior de <i>tukey</i> , considerando um valor de $p < 0,05$ para determinar as significâncias diferenças entre os grupos.	O cimento <i>Sealer Plus BC</i> apresentou a maior força de união ($281,47 \pm 13,65$ MPa), significativos superior ao grupo <i>Bio-C Sealer</i> ($0,00 \pm 13,65$ MPa) e CIMMO HP ($-3,23 \pm 13,65$ MPa), não houve diferença significativa entre <i>Bio-C Sealer</i> e CIMMO HP.

Fonte: Os Autores, 2025

4 DISCUSSÃO

Esta pesquisa deixou evidente uma série de fatores que diretamente influenciam na resistência de união dos cimentos biocerâmicos durante os procedimentos na endodontia. Os artigos analisados demonstram que a resistência de união está condicionada tanto ao tipo de cimento, sua composição e o tipo de protocolo clínico empregado durante a obturação dos sistemas de canais radiculares. De acordo com Osiri *et al.*²⁴ e Torres *et al.*²⁵, a interação entre o cimento e o cone de guta-percha, bem como a estabilidade dimensional do material, influencia diretamente na durabilidade do selamento.

A resistência de união dos cimentos biocerâmicos é diretamente influenciada tanto pela sua composição química quanto pelo protocolo de secagem adotado nos sistemas de canais radiculares, conforme os estudos apresentados. Andrade *et al.*¹⁵ destacou que o *Bio-C Sealer* apresentou desempenho igualitário ao *AH Plus Jet* no teste de *push-out*, deixando evidente a igualdade equivalente adesiva entre cimentos biocerâmicos e resinosos.

Apesar de alguns cimentos apresentarem desempenhos muito parecidos, outros estudos revelaram diferenças importantes. Rodrigues *et al.*¹⁹ verificaram que o Biodentine se comportou melhor em termos de resistência de união que o *MTA Repair HP* e o *Bio-C Repair*, além de maior ocorrência de falhas mistas, apontando para uma interação mais eficaz com a dentina. Esses fatores deixam reforçado a importância da composição, sobretudo no que se refere à concentração de silicatos de cálcio, para garantir o sucesso clínico.

A influência da umidade nos sistemas de canal radicular foi um dos fatores mais relevantes apontados. Frassetto *et al.*²¹ verificaram que a resistência de união, utilizando o *Sealer Plus BC*, foi melhor em canais secos com pontas de papel em comparação aos irrigados com solução salina. Este resultado deixa destacado a importância de um ambiente de umidade controlada para os cimentos biocerâmicos, já que tanto a ausência quanto o excesso de água comprometem a adesividade. Além disso, Zhou *et al.*²⁶ destacou que propriedades físico-químicas como solubilidade, expansão e tempo de presa são fundamentais para manter a integridade do selamento ao longo do tempo.

Outro ponto a ser considerado é a seleção do cone de guta-percha. Quaresma *et al.*¹⁰ verificaram que o uso de cones biocerâmicos de guta-percha proporcionou uma resistência de união bem superior em comparação aos cones convencionais, deixando assim, destacado a necessidade de uma boa compatibilidade entre o cone e o material obturador afim de garantir um selamento mais eficiente.

Além disso, a técnica de obturação e o tempo de espera pós-obturação também tem efeito sobre a resistência de união. Bohrer *et al.*¹⁶ evidenciaram que o cimento *AH Plus* manteve uma resistência satisfatória após 30 meses de armazenamento, ao contrário dos cimentos à base de MTA quais apresentaram variações no desempenho, o que deixa indicado que a estabilidade dimensional ao longo do tempo é um fator crucial para a durabilidade do tratamento.

Em relação ao calor gerado durante as técnicas de obturação, Alberdi *et al.*²² identificaram que as diferentes técnicas avaliadas, sendo elas: a condensação hidráulica e a compactação vertical a quente, não tiveram grande impacto na resistência de união dos cimentos biocerâmicos. Sugerindo assim, que esses materiais oferecem boa estabilidade térmica, o que os torna adequados para uso clínico.

A limpeza do espaço do pino para cimentação pós-endodôntica também é um fator relevante. Bengoa *et al.*¹⁷ destacaram que, enquanto a limpeza ultrassônica aumentou a resistência de união em canais obturados com cimentos resinosos, não houve o mesmo efeito nos canais obturados com cimentos biocerâmicos.

Finalmente, o estudo realizado por Soares *et al.*¹⁸ apontou que o *Endo Sequence BC* apresentou resistência de união inferior aos cimentos resinosos tradicionais. Esse resultado deixa sugerido que, embora os cimentos biocerâmicos tenham benefícios biológicos e químicos, ainda é necessário um aprimoramento em relação a sua adesão mecânica à dentina¹⁸⁻²⁶.

Assim, após a análise dos estudos, foi possível concluir que a resistência de união dos cimentos biocerâmicos é determinada por uma combinação de fatores interdependentes, sendo estes: a seleção adequada dos materiais e a aplicação criteriosa das técnicas clínicas, as quais são fundamentais para garantir a eficácia do selamento apical e o sucesso do tratamento endodôntico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo destacou a importância da escolha criteriosa do cimento obturador e do protocolo de irrigação para a obtenção de uma obturação eficaz e duradoura dos sistemas de canais radiculares. Foi evidenciado que a resistência de união entre o material obturador e a dentina constitui um fator decisivo para o selamento hermético do canal, influenciando diretamente o sucesso clínico a longo prazo do tratamento endodôntico.

O silicato de cálcio, ao entrar em contato com a umidade do canal radicular, sofre uma reação de hidratação que resulta na formação de uma matriz de gel de silicato de cálcio e, posteriormente, na precipitação de cristais de hidroxiapatita. Essa formação cristalina na interface dentina-cimento promove uma adesão química intrínseca à estrutura dentinária, diferentemente dos cimentos convencionais que dependem exclusivamente da retenção mecânica.

Além disso, o pH alcalino liberado durante a reação de presa do cimento contribui para a neutralização de resíduos ácidos e oferece uma ação antimicrobiana local, favorecendo um ambiente biologicamente compatível para a cicatrização periapical.

Outro fator fundamental é a escolha do cone de guta-percha. Estudos comparativos demonstraram que os cones biocerâmicos, quando utilizados em conjunto com cimentos à base de silicato de cálcio, apresentam uma resistência de união significativamente superior à dos cones convencionais. Essa maior aderência ocorre devido à melhor compatibilidade química e à

continuidade da reação de hidratação entre os dois materiais, otimizando o selamento tridimensional do canal.

Foi também observado que variáveis clínicas como o tipo de irrigante final utilizado, o protocolo de secagem do canal e a técnica de inserção do cimento influenciam diretamente o desempenho adesivo dos cimentos biocerâmicos. A umidade residual, por exemplo, embora prejudicial em sistemas adesivos convencionais, é benéfica para os cimentos à base de silicato de cálcio, pois é essencial para a ativação da sua reação de presa e para o desenvolvimento de suas propriedades seladoras.

Assim, este estudo evidencia a relevância de um olhar clínico mais criterioso e técnico quanto à utilização dos cimentos biocerâmicos na prática endodôntica, promovendo decisões mais seguras, individualizadas e eficazes. A valorização de cada etapa do procedimento, desde a seleção do material até a finalização da obturação, é essencial para otimizar os resultados clínicos e garantir a longevidade do tratamento endodôntico.

REFERÊNCIAS

1. Raymundo A, Portela CP, Leonardi DP, Baratto Filho F. Análise radiográfica do preenchimento de canais laterais por quatro diferentes técnicas de obturação. *RSBO*. 2005;2(2):22-27.
2. Pane ES, Palamara JE, Messer HH. Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *J Endod*. 2013 May;39(5):669-73. DOI: 10.1016/j.joen.2012.12.032.
3. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, Bauer J, Gavini G. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J*. 2017 Summer;12(3):343-348. DOI: 10.22037/iej.v12i3.16091.
4. Martins CS, Mello J, Martins CC, Maurício A, Ginjeira A. Comparação da obturação endodôntica pelas técnicas de condensação lateral, híbrida de Tagger e Termafil: estudo piloto com Micro-tomografia computadorizada. *Rev Portug Estomat Med Dent Cir Maxilof*. 2011;52(2):59-69.
5. Estrela C, Chaves R, Alencar AHG, Guedes AO, Silva JA. Eficácia da Condensação Lateral de Gutta-Percha no Selamento Endodôntico. *Rev Odontol Brasil-Central*. 2010;17(43):56-64.
6. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020 ;39(5):703-720. DOI: 10.4012/dmj.2019-288..
7. Falcão CA, Lima EM, Júnior JDM, Freitas SA, Veras ESL, Moura LK, Falcão LF. Cement AH Plus Adhesiveness Assessment Associated with Mineral Trioxide Aggregate in Different Proportions (Push-out Test). *J Contemp Dent Pract*. 2018 Dec 1;19(12):1444-1447.

8. Washio A, Morotomi T, Yoshii S, Kitamura C. Bioactive Glass-Based Endodontic Sealer as a Promising Root Canal Filling Material without Semisolid Core Materials. *Materials (Basel)*. 2019;12(23):3967. DOI: 10.3390/ma12233967.
9. Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A. Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *J Endod*. 2019;45(1):51-56. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.007.
10. Quaresma SAL, Alves Dos Santos GN, Silva-Sousa AC, Camargo RV, Silva-Sousa YT, Lopes-Olhê FC, Mazzi-Chaves JF, Sousa-Neto MD. Influence of bioceramic cones on the quality of root canal filling relative to bond strength and adaptation of the adhesive interface. *Clin Oral Investig*. 2023 Dec;27(12):7919-7933. DOI: 10.1007/s00784-023-05385-5.
11. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J*. 2013;39(3):102-6. DOI: 10.1111/j.1747-4477.2011.00310.x.
12. Ozlek E, Gündüz H, Akkol E, Neelakantan P. Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restor Dent Endod*. 2020;45(2):e24. DOI: 10.5395/rde.2020.45.e24.
13. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate-based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod*. 2020 Oct;46(10):1470-1477. DOI: 10.1016/j.joen.2020.07.011.
14. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2011 May;37(5):673-7. DOI: 10.1016/j.joen.2011.01.003.
15. Andrade GLO, Fontana CF, Bueno CES, Matin AS, Pinheiro SL, Pelegri RA, et al. Avaliação ex vivo da resistência de união à dentina dos cimentos AH plus e Bio-Sealer através de teste push-out. *Resear, Soc Develop*. 2022;11(11):e360111133366. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33366>
16. Bohrer TC, Fontana PE, Wandscher VF, Morari VHC, Pillar R, Bello M de C, et al. Endodontic sealers and post-endodontic waiting time affect the bond strength of the fiber posts. *Rev odontol UNESP*. 2020;49:e20200001. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-2577.00120>.
17. Peña Bengoa F, Magasich Arze MC, Macchiavello Noguera C, Moreira LFN, Kato AS, Bueno CEDS. Effect of ultrasonic cleaning on the bond strength of fiber posts in oval canals filled with a premixed bioceramic root canal sealer. *Restor Dent Endod*. 2020 Feb 20;45(2):e19. DOI: 10.5395/rde.2020.45.e19.
18. Soares IMV, Crozeta BM, Pereira RD, Silva RG, da Cruz-Filho AM. Influence of endodontic sealers with different chemical compositions on bond strength of the resin cement/glass fiber post junction to root dentin. *Clin Oral Investig*. 2020;24(10):3417-3423. DOI: 10.1007/s00784-020-03212-9.
19. Rodrigues MNM. Análise comparativa da resistência de união à dentina radicular e à compressão de cimentos biocerâmicos utilizados em procedimentos endodônticos regenerativos [dissertação]. Goiânia: Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Goiás; 2021. 51p.

20. Tavsan O, Simsek N. The effects of root canal perforation repair materials on the bond strength of fiber posts. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2021 Jan-Dec;19:22808000211027050. DOI: 10.1177/22808000211027050.
21. Frasquetti KS, Piasecki L, Kowalczyk A, Carneiro E, Westphalen VPD, Neto UXDS. Effect of Different Root Canal Drying Protocols on the Bond Strength of Two Bioceramic Sealers. *Eur J Dent*. 2023 Oct;17(4):1229-1234. DOI: 10.1055/s-0042-1758807
22. Alberdi Koki J, Martin G, Risso L, Kaplan A. "Effect of Heat Generated by Endodontic Obturation Techniques on Bond Strength of Bioceramic Sealers to Dentine". *J Endod*. 2023 Nov;49(11):1565-1569. DOI: 10.1016/j.joen.2023.08.021.
23. Souza MG, Serra GSSJ, Araújo KM, Sousa GS, Ferraz MAAL, Pinto ASB, Falcão CAM. Análise comparativa da força de adesão do cimento endodôntico CIMMO HP® pelo método de push-out. *HU Rev*. 2024;50:1-5. DOI: <https://doi.org/10.34019/1982-8047.2024.v50.44406>
24. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod*. 2018;44(12):1843-1848. DOI: 10.1016/j.joen.2018.08.011.
25. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2020 Mar;53(3):385-391. DOI: 10.1111/iej.13225.
26. Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*. 2013 Oct;39(10):1281-6. DOI: 10.1016/j.joen.2013.06.012.