

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 26/02/2027.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Phelipe Alves Moreira

Remoção de resíduos de cimento endodôntico biocerâmico e efeitos sobre a interface de adesão provocados por substância experimental multifuncional em espaço para pino protético

Araraquara

2025



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Phelipe Alves Moreira

Remoção de resíduos de cimento endodôntico biocerâmico e efeitos sobre a interface de adesão provocados por substância experimental multifuncional em espaço para pino protético

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas, na Área de Dentística Restauradora.

Orientadora: Andréa Abi Rached Dantas

Araraquara

2025

M838r Moreira, Phelipe Alves

Remoção de resíduos de cimento endodôntico biocerâmico e efeitos sobre a interface de adesão provocados por substância experimental multifuncional em espaço para pino protético / Phelipe Alves Moreira. -- Araraquara, 2025

29 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientadora: Andrea Abi Rached Dantas

1. Dentina. 2. Cavidade pulpar. 3. Endodontia. I. Título.

Phelipe Alves Moreira

Remoção de resíduos de cimento endodôntico biocerâmico e efeitos sobre a interface de adesão provocados por substância experimental multifuncional em espaço para pino protético

Comissão julgadora

Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciências Odontológicas na área de Dentística Restauradora.

Presidente e orientadora: Andréa Abi Rached Dantas

2º Examinador: Joissi Ferrari Zaniboni

3º Examinador: Milton Carlos Kuga

Araraquara, 26 de fevereiro de 2025.

DADOS CURRICULARES

Phelipe Alves Moreira

NASCIMENTO: 01/03/2001 – Barretos – São Paulo

FILIAÇÃO: Ana Paula Alves Moreira
Wiliam Alves Moreira

2019-2022: Curso de Graduação em Odontologia pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos.

2021-2022: Iniciação Científica na área de Microbiologia, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos.

2023-2024: Estágio Docência na Disciplina de Dentística Pré–Clínica I, do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Araraquara, FOAr – UNESP.

2024-2026: Curso de Especialização em andamento na área de Dentística Restauradora pelo Hospital de Reabilitação em Anomalias Craniofaciais - USP/Bauru.

2023-2025: Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração em Dentística Restauradora, nível de Mestrado, pela Faculdade de Odontologia de Araraquara, FOAr – UNESP.

Dedico este trabalho a todos que me apoiam, especialmente aos meus pais, que lutam todos os dias para que eu esteja aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Ana Paula e Wiliam, por todo incentivo e motivação. Uma casa sem alicerce e base bem consolidada, não tem estrutura o suficiente para se manter em pé. Obrigado por serem meus pilares e meu alicerce.

À minha orientadora, Andréa, por me acolher e fazer o mestrado ser algo leve. A senhora (sei que não gosta que chame de senhora, rs) é um exemplo de otimismo, bondade e inteligência emocional. Quando eu crescer, quero ser assim!

Ao meu mentor, Kuga, que sempre esteve presente. Obrigado por me ensinar a fazer pesquisa, seus ensinamentos foram de grande valia para a minha formação, principalmente por ser uma pessoa leve e divertida.

Agradeço ao Luc, por fazer parte dessa imersão que foi o mestrado. Ter você como ponto de apoio foi fundamental para que eu pudesse continuar.

As minhas meninas, Mariana, Joissi e Júlia Ceccato, obrigado por me acompanharem, instruir, fazer esse projeto acontecer da melhor forma. Sem a colaboração de vocês, eu não teria conseguido.

Agradeço também a todos os meus amigos (não citarei o nome de ninguém para não ter brigas) que me acompanharam nesse processo, moram todos no meu coração.

A minha eterna gratidão, para quem sempre torceu por mim.

Moreira PA. Remoção de resíduos de cimento endodôntico biocerâmico e efeitos sobre a interface de adesão provocados por substância experimental multifuncional em espaço para pino protético [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

RESUMO

O estudo visa avaliar a eficácia de diferentes protocolos de limpeza do substrato dentinário bovino, utilizando soluções como água destilada, etanol a 95%, acetona, acetato de amila e solução experimental. A pesquisa foi conduzida por meio de testes mecânicos e análises por microscopia eletrônica de varredura, focando na presença de resíduos de cimento em três regiões do canal radicular: cervical, média e apical. Os diferentes métodos de remoção de resíduos, destaca a falta de consenso sobre o protocolo mais eficaz, especialmente em relação aos impactos que esses resíduos podem ter na adesão com sistemas adesivos. Os resultados demonstraram que a utilização de água destilada para a limpeza da dentina resulta em maior resistência de união, independentemente do sistema de cimentação empregado, com destaque para os terços cervical e médio. Com isso, a importância da remoção completa de resíduos para a manutenção da integridade da interface de adesão e a longevidade dos tratamentos endodônticos.

Palavras – chave: Dentina. Cavidade pulpar. Endodontia.

Moreira PA. Removal of residues of endodontic cement bioceramic and effects on the adhesion interface caused by multifunctional experimental substance in space for prosthetic post [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2025.

ABSTRACT

The study aims to evaluate the effectiveness of different cleaning protocols for the bovine dentin substrate, using solutions such as distilled water, 95% ethanol, acetone, amyl acetate and an experimental solution. The research was conducted using mechanical tests and scanning electron microscopy analysis, focusing on the presence of cement residues in three regions of the root canal: cervical, middle and apical. The different methods of residue removal highlight the lack of consensus on the most effective protocol, especially in relation to the impact that this residue can have on adhesion with adhesive systems. The results showed that the use of distilled water to clean the dentin results in greater bond strength, regardless of the cementation system used, especially in the cervical and middle thirds. This highlights the importance of complete removal of residues to maintain the integrity of the adhesion interface and the longevity of endodontic treatments.

Keywords: Dentin. Dental pulp cavity. Endodontics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 PROPOSIÇÃO.....	11
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	12
4 MATERIAL E MÉTODO	17
4.1 Protocolos de remoção de resíduos.....	18
4.2 Avaliação da incidência de resíduos.....	18
4.3 Resistência de união.....	19
4.4 Avaliação do padrão de fratura.....	19
4.5 Análise estatística.....	20
5 RESULTADO.....	21
6 DISCUSSÃO.....	24
7 CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A presença de resíduos de cimento endodôntico na superfície dentinária após a obturação dos canais radiculares podem causar colorações indesejadas e/ou impactar negativamente a interface adesiva entre o substrato dentinário e o sistema adesivo, prejudicando a durabilidade das restaurações estéticas¹.

No entanto, o protocolo ideal para a remoção desses resíduos ainda não está claramente estabelecido na literatura, já que os métodos atualmente recomendados e utilizados apresentam limitações em sua eficácia. Além dos protocolos químicos, a presença de resíduos na dentina também está associada ao momento em que o condicionamento ácido é realizado e ao método mecânico empregado para a limpeza².

Com isso, o etanol é amplamente utilizado para remover resíduos de cimento obturador do substrato dentinário após a obturação dos canais radiculares. Entretanto, sua alta volatilidade e a presença de água em sua composição podem reduzir sua eficácia na remoção de certos tipos de cimentos endodônticos³.

Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi são os mais empregados na obturação dos canais radiculares. Contudo, não há um método efetivo para eliminá-los completamente da superfície dentinária, o que pode prejudicar a eficiência da adesão dos sistemas adesivos⁴.

Do ponto de vista químico, para que um soluto seja efetivamente solubilizado e removido de um local por um solvente, é fundamental que ambos apresentem polaridade e forças de atração molecular semelhantes⁵.

A acetona é amplamente utilizada como solvente para monômeros de sistemas adesivos, apresentando uma boa capacidade de dissolver compostos apolares. No entanto, devido ao seu alto potencial de volatilização, seu uso isolado se torna impraticável, sendo necessário acondicioná-la em solução aquosa, o que gera a mesma limitação observada com o etanol⁶.

O acetato de amila, por sua vez, é um solvente apolar empregado na dissolução de compostos apolares, baseado no princípio de que substâncias com polaridade semelhante se dissolvem mutuamente. Apesar disso, estudos anteriores indicam que sua eficácia ainda não é completamente satisfatória, sendo necessário combiná-lo com outros componentes para melhorar sua eficiência⁷.

Os cimentos endodônticos biocerâmicos representam uma inovação promissora no tratamento dos canais radiculares. Por não conterem resina epóxi em sua composição química, ainda não está definido o protocolo mais eficaz para a remoção de seus resíduos, tampouco os impactos que esses resíduos podem causar na interface de adesão com sistemas adesivos, sejam eles do tipo condiciona-e-lava ou universais autocondicionantes⁸.

Se resíduos de cimento endodôntico permanecerem na dentina do espaço protético, a interface de adesão provavelmente será prejudicada. Dessa forma, os efeitos do acetato de amila, acetona e/ou etanol sobre a composição química e a estrutura morfológica na dentina ainda não são tão conhecidos⁹.

Sendo assim, é essencial a busca por substâncias que promovam uma limpeza eficaz da dentina no espaço protético do canal radicular, além de restaurar as melhores condições do substrato dentinário para garantir uma adesão adequada. Com esse objetivo, propomos avaliar os efeitos de uma substância experimental multifuncional sobre a dentina do canal radicular. Esta substância foi desenvolvida com a capacidade de atuar sobre cimentos biocerâmicos, com base nos princípios químicos previamente estabelecidos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Os cimentos endodônticos desempenham um papel essencial no sucesso do tratamento endodôntico, atuando como materiais seladores entre a superfície dentária e o material de preenchimento do canal radicular. Eles são responsáveis por garantir a vedação hermética dos canais radiculares, impedindo a infiltração de fluidos e microrganismos que possam comprometer a integridade do tratamento¹⁰.

Além disso, os cimentos endodônticos apresentam propriedades específicas, como biocompatibilidade, adesividade, radiopacidade e, em alguns casos, atividade antimicrobiana. Sua escolha adequada é fundamental para promover a cicatrização periapical e aumentar a longevidade do tratamento odontológico¹¹.

Para garantir o êxito do tratamento endodôntico, é essencial reduzir a carga microbiana presente tanto nos tecidos dentários quanto nos tecidos de suporte, prevenindo o surgimento de lesões na região periapical¹².

Essa redução é alcançada por meio da modelagem e instrumentação do canal principal, da desinfecção com soluções químicas auxiliares e da obturação com cimentos endodônticos. A etapa de obturação é fundamental, pois é responsável por selar e preencher os espaços dos sistemas de canais radiculares de maneira hermética, proporcionando ainda efeitos terapêuticos¹³.

A solubilidade dos cimentos endodônticos deve ser inferior a 3%, enquanto a alteração dimensional permitida é de, no máximo, 1,0% de contração ou 0,1% de expansão, conforme as diretrizes estabelecidas pela ISO (International Organization for Standardization) e pela ADA (American Dental Association)¹⁴. Além disso, é essencial que os materiais utilizados no selamento do canal radicular possuem atividade antimicrobiana, a fim de prevenir a recorrência de infecções e promover uma melhor cicatrização das estruturas comprometidas¹².

Entretanto existem alguns tipos de cimentos endodônticos que são classificados de acordo com a sua composição química, como por exemplo os cimentos biocerâmicos, à base de resina epóxi e os à base de óxido de zinco e eugenol. Em 1915 o cimento à base de óxido de zinco e eugenol (OZE) foi introduzido na endodontia por Rickert em 1915 para a obturação de canais radiculares¹⁵.

Esse material é amplamente reconhecido pela sua presa resultante da interação entre seus componentes, que possuem elevada atividade antibacteriana e

oferecem escoamento otimizado quando manipulados conforme as instruções do fabricante. Disponível na forma de pó e líquido, suas características de selamento e solubilidade variam diretamente com a proporção pó/líquido utilizada. Apresenta ainda radiopacidade, fácil manipulação e boa adesão à dentina¹⁶.

Os cimentos à de base resina epóxi também apresentam propriedades satisfatórias, como por exemplo radiopacidade, biocompatibilidade e um bom tempo de trabalho, eles possuem um alto escoamento permitindo preencher as irregularidades do canal radicular e os espaços entre os cones de guta-percha e as paredes dentinárias, garantindo um selamento eficaz do sistema de canais radiculares¹⁷.

Além disso, apresentam ação antimicrobiana significativa, com efeitos bactericidas, eliminando microrganismos, e bacteriostáticos, prevenindo sua proliferação no canal radicular após a obturação. Esses cimentos também se destacam por sua fluidez adequada, espessura de película consistente e compatibilidade biológica que permite seu uso em diferentes contextos clínicos¹⁸.

Contudo, tal cimento apresenta a desvantagem em relação a sua remoção de dentro do conduto para um possível preparo para pino ou até mesmo um retratamento endodôntico, o que afeta de forma negativa o sucesso do tratamento¹⁹.

Os cimentos biocerâmicos são mais atuais dentre as alternativas de obturação do canal radicular, são materiais inorgânicos e não metálicos produzidos pelo aquecimento de minerais puros em temperaturas elevadas. Apresenta em sua composição silicatos de cálcio, óxido de zircônio e fosfato de cálcio monobásico o que proporciona uma biocompatibilidade e melhor resposta regenerativa tecidual, devido a sua equivalência ao processo biológico na formação de hidroxiapatita.²⁰

De acordo com Washio et al.²¹, os cimentos biocerâmicos possuem a capacidade de modular a inflamação periapical, promovendo uma reabilitação previsível e apresentando excelentes propriedades biológicas e físico-químicas. Os autores também destacam que características como pH alcalino, ação antimicrobiana, radiopacidade, biocompatibilidade e elevado escoamento tornam esses cimentos uma escolha vantajosa²¹.

Uma pesquisa desenvolvida em 2006 comparou o selamento apical de quatro diferentes seladores do conduto radicular (Endofill, AH Plus, EndoREZ e Epiphany) em 40 espécimes de caninos humanos, instrumentados 1mm aquém do ápice anatômico. Com base na metodologia proposta e nos resultados do estudo, conclui

que os cimentos endodônticos à base de resina epóxi apresentaram menor microinfiltração apical em comparação com o cimento à base de óxido de zinco e eugenol, embora tenham demonstrado desempenho semelhante entre si no selamento apical²².

Uma revisão sistemática realizada em 2017 comparou as propriedades físico-químicas e biológicas de cimentos biocerâmicos e cimentos obturadores convencionais. Os resultados indicaram que os cimentos biocerâmicos apresentaram desempenho superior em propriedades físico-químicas específicas, além de demonstrar excelente compatibilidade biológica em relação aos cimentos convencionais²³.

Dessa forma, foi possível concluir que diante das classificações dos cimentos endodônticos o cimento biocerâmico e à base de resina epóxi apresentam maior biocompatibilidade do que o cimento à base de óxido de zinco e eugenol, considerando que o eugenol é um material que causa irritabilidade no periodonto e pode causar dor pós-operatória ao paciente²³.

Após o tratamento endodôntico é necessário devolver a funcionalidade do elemento dentário, e quando visamos uma restauração satisfatória é necessário realizar a limpeza de forma adequada, seja da dentina coronária ou radicular para que ocorra um número melhor de falhas na interface adesiva²⁴.

A ocorrência de resíduos dos cimentos endodônticos na cavidade pode gerar efeitos negativos na estrutura, como a pigmentação da coroa dental e falha na interface adesiva devido a desintegração de partículas do material obturador devido a impregnação da superfície dentinária²⁵.

A limpeza adequada da cavidade e a remoção completa de qualquer resíduo do cimento endodôntico seja da dentina coronária ou radicular é fundamental para prevenir futuras falhas, sendo as soluções alcoólicas tradicionalmente indicadas para este propósito^{26, 27}.

Por outro lado, os cimentos endodônticos atualmente disponíveis, como o biocerâmico e à base de resina epóxi, contêm componentes resinosos em sua formulação, o que caracteriza baixa solubilidade em água e isso dificulta sua remoção da cavidade por meio de soluções alcoólicas^{28,29}.

Um dos fatores que contribuem para a impregnação de resíduos dos cimentos nas cavidades é a natureza química da resina e a composição do cimento endodôntico mesmo com a utilização de soluções para limpeza. No entanto, outras

soluções têm sido preconizadas para a limpeza da cavidade, como acetona, acetato de amila e o álcool isopropílico, porém, isoladamente ainda não apresentam um resultado satisfatório^{2, 25}.

Uma pesquisa desenvolvida em 2023 questionou a presença de resquícios de cimento a base de resina epóxi (AH Plus Jet) na câmara pulpar, o que levaria a uma falha na resistência de união devido a sua remoção insatisfatória e até a descoloração dental e o comprometimento clínico da longevidade das restaurações. Cento e oitenta espécimes de incisivos bovinos foram submetidos a diversos protocolos de limpeza, buscando remover os resíduos de selantes à base de resina epóxi da dentina da câmara pulpar e seus efeitos microestruturais. Como conclusão, o artigo evidenciou que a solução experimental com etanol + acetona + acetato de amila é o protocolo mais eficaz e seguro para remover resíduos, além de possuir menor redução de microdureza³⁰.

O etanol a 95% é amplamente utilizado para remover resíduos da dentina na câmara pulpar. No entanto, por ser altamente volátil, é comercializado em forma de solução aquosa em diferentes concentrações. Por outro lado, devido ao fato de a resina epóxi ser um composto apolar e insolúvel em água, o uso de soluções aquosas de etanol é contraindicado. Embora o etanol possua algum potencial para dissolver compostos apolares em função do grupo -OH presente em sua molécula, sua eficácia nessa aplicação é limitada¹.

Já o acetato de amila é um solvente apolar, o que o torna para dissolver compostos apolares, compostos apolares são solubilizados com solventes apolares.² Entretanto, ainda não conseguimos estudos que mostram com clareza a efetividade do seu uso, possibilitando talvez associação e formulação de uma solução experimental que incremente a sua eficiência³¹.

A acetona é frequentemente empregada como solvente de monômeros em sistemas adesivos, destacando-se por sua capacidade de dissolver compostos apolares. No entanto, devido ao seu alto potencial de volatilização, seu uso de forma isolada é inviável, sendo necessário seu acondicionamento em soluções aquosas, o que gera a mesma limitação observada com o etanol⁷.

Visto algumas soluções que podem ser utilizadas para limpeza da cavidade, é possível questionar a interação com o sistema adesivo utilizado. Uma pesquisa publicada em 2023 relaciona o uso da remoção dos resíduos de cimento à base de resina epóxi, utilizando etanol a 95% ou xilol e sua interação na interface adesiva

com o adesivo universal na estratégia condiciona e lava. Como conclusão o artigo mostrou que o xilol apresenta uma menor interação com a interface adesiva e remove de forma mais eficiente os resíduos dos cimentos na cavidade³².

4 MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados 60 incisivos bovinos extraídos neste estudo. As raízes foram seccionadas na extensão de 15 mm a partir do ápice radicular, e o segmento coronal foi removido por meio de corte transversal em máquina de corte para tecidos duros (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). Os canais radiculares foram preparados e ampliados até o instrumento F5 (ProTaper; Dentsply, Ballaigues, SW), com comprimento de trabalho real de 14 mm. Durante o preparo mecânico, os canais foram irrigados com 5 mL de solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (Asfer, São Caetano do Sul, SP, BR) a cada troca de instrumento. A obturação foi realizada pela técnica do cone único, utilizando cones de guta-percha F5 (Dentsply, Petrópolis, RJ, BR). Os espécimes foram obturados com cimento biocerâmico (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, França).

Logo após a obturação, o cone de guta-percha foi cortado, deixando 3mm no segmento apical do canal radicular. Os resíduos dos cimentos endodônticos presentes na dentina radicular foram eliminados por meio de diferentes protocolos de limpeza (descritos no item 4.1). Das amostras de dentes bovinos, 20 espécimes foram reservados para análise da incidência de resíduos. As demais amostras passaram pelo preparo do espaço para inserção do pino de fibra. Esse preparo foi realizado com as brocas Largo #3 e #4, seguidas da broca #1 (White Post DC; FGM, Joinville, SC, BR), avançando no sentido cervical-apical. Após o preparo, o espaço foi irrigado com 10 mL de água destilada, aspirada e seca utilizando cones de papel absorvente. Em seguida, um dos protocolos de limpeza (descritos no item 4.1) foi aplicado novamente.

Todos os pinos de fibra foram higienizados com etanol a 95% (Rinse-N-Dry; Racine, WI, EUA) e receberam duas camadas de silano (Prosil; FGM, Joinville, SC, BR) ao longo de toda sua extensão. Após o preparo do espaço protético, os espécimes foram divididos aleatoriamente em grupos de acordo com o tipo de protocolo de remoção de resíduos e o sistema de cimentação utilizado. Os sistemas incluíram o adesivo condiciona-e-lava Adper Scotchbond (AS) associado ao cimento resinoso Relyx ARC, ou o adesivo universal Scotchbond Universal (SU) combinado com o cimento resinoso Relyx Universal. Os pinos de fibra #1 (White Post DC; FGM, Joinville, SC, BR) foram testados e ajustados ao espaço protético antes da cimentação.

4.1. Protocolos de remoção de resíduos

A dentina do espaço protético foi limpa com bolinha de algodão e, em seguida, com escova para limpeza de condutos (MKLife, Porto Alegre, RS, BR), ambas embebidas com a respectiva solução química avaliada. As soluções que foram utilizadas nesse estudo foram:

- WA (controle): água destilada;
- ES (solução experimental): A composição básica da solução é de acetato de amila, acetona, etanol a 95% (na proporção de 1:1:1), corante, excipientes e veículo tensoativo hidrossolúvel qsp (Farmácia Santa Paula, Araraquara, São Paulo, Brasil);
- ET (etanol a 95%): Solução composta por etanol a 95% (Rinse-N-Dry; Vista Dental, Racine, WI, USA);
- AC(acetona): Solução de acetona a 99% (Merck, Barueri, SP, BR);
- AA (acetato de amila): Solução composta de acetato de amila (Synth, São Paulo, SP, BR).

Protocolos avaliados:

- WA-AS (água e Adper Scotchbond Multipurpose)
- AC-AS (acetona e Adper Scotchbond Multipurpose)
- ET-AS (etanol a 95% e Adper Scotchbond Multipurpose)
- AA-AS (acetato de amila e Adper Scotchbond Multipurpose)
- ES-AS (solução experimental e Adper Scotchbond Multipurpose)
- WA-SU (água e Scotchbond Universal)
- AC-AS (acetona e Scotchbond Universal)
- ET-AS (etanol a 95% e Scotchbond Universal)
- AA-AS (acetato de amila e Scotchbond Universal)
- ES-AS (solução experimental e Scotchbond Universal)

4.2. Avaliação da incidência de resíduos

Os espécimes foram organizados em 10 grupos, cada um contendo 4 espécimes, com base no cimento endodôntico utilizado e no protocolo de limpeza aplicado, conforme descrito anteriormente. Após o preparo, foram mantidos em estufa a 37°C por 24 horas. Em seguida, os espécimes foram seccionados no

sentido longitudinal, fixados em stubs metálicos e analisados utilizando microscopia eletrônica de varredura (JSM 6060; Jeol Co., Tóquio, Japão), operando a 20 kV. Três regiões distintas (terço cervical, médio e apical) foram avaliadas, e as imagens mais representativas foram capturadas nas ampliações de 500x e 2000x. Dois examinadores independentes, previamente calibrados ($k=0,82$), classificaram a presença de resíduos de cimento endodôntico sobre a superfície dentinária, seguindo os critérios descritos por Kuga et al¹³.

4.3 Resistência de união

As raízes foram posicionadas verticalmente dentro de uma matriz de cloreto de polivinila. Essas matrizes foram preenchidas com resina de poliéster (Maxi Rubber, Diadema, SP, Brasil) até uma altura de 15 mm, deixando 1 mm do terço cervical exposto. Após 24 horas, os corpos de prova foram retirados das matrizes e cortados transversalmente utilizando uma serra diamantada acoplada a uma cortadora de precisão resfriada a água (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA). Foram realizados três cortes com espessura de $2 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, correspondendo aos terços apical, médio e cervical do espaço destinado ao pino³³.

Os corpos de prova de cada terço radicular foram submetidos ao teste de resistência de união por meio do método push-out, utilizando uma máquina de teste eletromecânica (EMIC São José dos Pinhais, PR, Brasil) operando a uma velocidade de 0,5 mm/min, equipada com uma célula de carga de 5 kN. O teste foi realizado até que ocorresse o deslocamento completo do material em todas as paredes do canal radicular.

A força necessária para promover esse deslocamento foi registrada em Newtons (N) e, em seguida, convertida em resistência de união (MPa) por meio da fórmula: $\text{MPa} = F/AD$ ³⁴.

4.4 Avaliação do padrão de fratura

Após a realização do teste de *push-out*, cada seção foi analisada em um estereomicroscópio com aumento de 4x (Zeiss, Wetzlar, Alemanha), para identificar a frequência dos padrões de fratura em cada grupo avaliado. Os padrões foram classificados da seguinte forma:

Tipo 1 (falha adesiva): fratura ocorrida entre o pino de fibra e o sistema de cimentação;

Tipo 2 (falha adesiva): fratura ocorrida entre a dentina e o sistema de cimentação;

Tipo 3 (falha coesiva): fratura dentro do sistema de cimentação;

Tipo 4 (falha mista): fratura envolvendo dois ou mais padrões simultaneamente.

4.5 Análise estatística

Os dados obtidos no teste de resistência de união foram previamente submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, a fim de verificar a homoscedasticidade do resultado. Em seguida, os dados obtidos foram submetidos a testes de análise de variância a 2 critérios e o de Tukey ($P=0.05$).

Os dados obtidos na avaliação de incidência de resíduos foram submetidos aos testes de Kruskal Wallis e Dunn ($P=0.05$).

Os dados obtidos na análise do padrão de falha adesiva foram apenas descritivos.

5 RESULTADO

a. resistência de união

Nos terços cervical e médio do espaço para pino, os protocolos WA-AS e WA-SU proporcionaram os maiores valores de resistência de união ($P < 0.050$), porém proporcionaram similares valores entre si ($P > 0.05$). Não houve diferença entre os demais protocolos ($P > 0.05$).

No terço apical do espaço para pino, todos os protocolos proporcionaram similares resultados de resistência de união entre si ($P > 0.05$).

A tabela 1 demonstra a média aritmética e desvio padrão dos valores de resistência de união (em MPa), em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino.

Tabela 1 - Média aritmética, desvio padrão e intervalo de confiança da resistência de união (em MPa), em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino

	WA-AS	AC-AS	ET-AS	AA-AS	ES-SU	WA-SU	AC-SU	ET-SU	AA-SU	ES-SU
C	M(SD) 12.06 (0.93) A	9.01 (0.71) B	8.86 (0.85) B	9.64 (0.91) B	10.00 (0.77) B	12.45 (1.02) A	8.88 (0.76) B	8.86 (0.62) B	9.27 (0.93) B	10.37 (0.57) B
	IC $13.18 \leq \mu \leq 12.02$	$9.45 \leq \mu \leq 8.56$	$9.39 \leq \mu \leq 8.33$	$10.21 \leq \mu \leq 9.07$	$10.48 \leq \mu \leq 9.52$	$13.09 \leq \mu \leq 11.81$	$9.35 \leq \mu \leq 8.40$	$9.25 \leq \mu \leq 8.48$	$9.85 < \mu < 8.69$	$10.37 \leq \mu \leq 9.65$
M	M(SD) 10.98 (0.95) A	8.24 (0.67) B	8.23 (0.73) B	8.62 (0.71) B	9.21 (0.95) B	10.86 (0.43) A	8.42 (0.67) B	8.31 (0.60) B	8.39 (0.48) B	9.25 (0.59) B
	IC $11.57 \leq \mu \leq 10.39$	$8.66 \leq \mu \leq 7.82$	$8.68 \leq \mu \leq 7.77$	$9.06 \leq \mu \leq 8.18$	$9.80 \leq \mu \leq 8.62$	$11.13 \leq \mu \leq 10.59$	$8.83 \leq \mu \leq 8.00$	$8.68 \leq \mu \leq 7.93$	$8.69 < \mu < 8.09$	$9.62 \leq \mu \leq 8.88$
A	M(SD) 8.18 (0.58) A	8.06 (0.51) A	8.09 (0.57) A	8.01 (0.46) A	8.18 (0.47) A	8.11 (0.55) A	8.03 (0.37) A	7.97 (0.41) B	8.03 (0.41) B	8.03 (0.33) A
	IC $8.54 \leq \mu \leq 7.82$	$8.31 \leq \mu \leq 7.81$	$8.45 \leq \mu \leq 7.73$	$8.31 \leq \mu \leq 7.72$	$8.48 \leq \mu \leq 7.89$	$8.44 \leq \mu \leq 7.75$	$8.26 \leq \mu \leq 7.79$	$8.23 \leq \mu \leq 7.72$	$8.29 < \mu < 7.78$	$8.23 \leq \mu \leq 7.82$

AB, Diferentes letras demonstram diferenças significantes ($P < 0,05$). WA-AS, água e Adper Scotchbond Multipurpose; AC-AS, acetona e Adper Scotchbond Multipurpose; ET-AS, etanol a 95% e Adper Scotchbond Multipurpose; AA-AS, acetate de amila e Adper Scotchbond Multipurpose; ES-AS, solução experimental e Adper Scotchbond Multipurpose; WA-SU, água e Scotchbond Universal; AC-SU, acetona e Scotchbond universal; ET-SU, etanol a 95% e Scotchbond Universal; AA-SU, acetate de amila e Scotchbond Universal; ES-SU, solução experimental e Scotchbond Universal; C, terço cervical; M, terço médio; A, terço apical; M, média aritmética; SD, desvio padrão; IC, intervalo de confiança

Fonte: Elaborado pelo autor.

b. padrão de falha adesiva

Nos terços cervical e médio do espaço para pino, WA-AS e WA-SU proporcionaram maior incidência de falha coesiva, ao passo que, os demais protocolos proporcionaram maior incidência de falha adesiva 1.

No terço apical, a falha coesiva foi a de maior incidência, independentemente do protocolo avaliado.

A tabela 2 ilustra a incidência do padrão de falha adesiva, em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino.

Tabela 2 - Incidência do padrão de falha adesiva (em %), em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino

cervical	WA-AS	AC-AS	ET-AS	AA-AS	ES-AS	WA-SU	AC-SU	ET-SU	AA-SU	ES-SU
adesiva 1	20	20	10	0	0	10	20	0	10	10
adesiva 2	10	50	40	50	40	10	50	40	50	30
coesiva	50	10	20	30	30	60	20	40	30	30
mista	20	20	30	20	30	20	10	20	10	30

média	WA-AS	AC-AS	ET-AS	AA-AS	ES-AS	WA-SU	AC-SU	ET-SU	AA-SU	ES-SU
adesiva 1	20	10	0	0	10	10	20	0	10	10
adesiva 2	0	50	40	50	40	0	50	40	50	30
coesiva	60	20	30	30	20	60	10	30	20	30
mista	20	20	30	20	30	30	20	20	20	30

apical	WA-AS	AC-AS	ET-AS	AA-AS	ES-AS	WA-SU	AC-SU	ET-SU	AA-SU	ES-SU
adesiva 1	10	10	0	10	0	0	10	10	10	10
adesiva 2	10	60	40	40	40	20	40	40	40	30
coesiva	60	10	30	30	30	70	30	30	40	30
mista	20	20	30	20	30	10	20	20	10	30

Fonte: Elaborado pelo autor.

c. incidência de debris

Nos terços cervical e apical, o protocolo de limpeza WA proporcionou a menor incidência de resíduos ($P < 0.05$). Por outro lado, os demais protocolos proporcionaram similar incidência de resíduos sobre a superfície dentinária ($P > 0.05$).

No terço apical, não houve diferença na incidência de resíduos proporcionada pelos protocolos avaliados ($P > 0.05$).

A tabela 3 demonstra a mediana, valor máximo e mínimo, primeiro e terceiro quartil dos escores atribuídos em relação à incidência de resíduos sobre a superfície

dentinária, em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino.

Tabela 3 - Mediana, valor máximo e mínimo, primeiro e terceiro quartil dos escores atribuídos em relação à incidência de resíduos sobre a superfície dentinária, em função do protocolo de limpeza e cimentação do pino de fibra, nos terços do espaço para pino

		WA	AC	ET	AA	ES
C	m	1 A	2 B	2 B	2 B	2 B
	Vmax-Vmin	2-1	3-2	3-2	3-2	3-2
	1Q-3Q	1-1	2-2	2-3	2-3	2-2.75
M	m	1 A	2 B	2 B	2 B	2 B
	Vmax-Vmin	2-1	3-2	3-2	3-2	3-2
	1Q-3Q	1-1.75	2-2.75	2-3	2-2.75	2-2.75
A	m	2 A	2 A	2.5 A	2 A	2 A
	Vmax-Vmin	3-2	3-2	3-2	3-2	3-2
	1Q-3Q	2-2	2-3	3-3	2-2.75	2-3

AB, Diferentes letras demonstram diferenças significantes ($P < 0,05$). WA, água destilada; AC-AS; ET, etanol a 95%; AA, acetato de amila; ES, solução experimental e Adper Scotchbond Multipurpose; WC, terço cervical; M, terço médio; A, terço apical; M, média aritmética; SD, desvio padrão; IC, intervalo de confiança.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

Os cimentos biocerâmicos são amplamente reconhecidos por sua excepcional biocompatibilidade e pela capacidade de estimular a regeneração tecidual. Sua composição, rica em silicatos de cálcio e outros componentes inorgânicos, promove uma resposta biológica favorável, característica essencial em tratamentos endodônticos²⁰.

Desse modo, estudos indicam que os cimentos biocerâmicos apresentam menor microinfiltração apical em comparação com cimentos à base de resina epóxi. Isso sugere que, mesmo que a remoção de resíduos seja um desafio, a eficácia do cimento biocerâmico em selar o espaço endodôntico pode compensar essa dificuldade, resultando em melhores resultados clínicos a longo prazo²³.

Todavia, os resultados indicam que o uso de água destilada para a limpeza da superfície dentinária após a aplicação de cimentos biocerâmicos proporciona uma maior resistência de união nos terços cervical e médio do espaço destinado ao pino. Essa descoberta é fundamental, pois uma adesão eficaz é um fator chave para o sucesso a longo prazo dos tratamentos endodônticos²⁹.

A água destilada se destaca como uma solução de limpeza não agressiva, que não interfere na composição química dos cimentos biocerâmicos. Diferentemente de soluções alcoólicas, que podem ser menos eficazes na remoção de resíduos de cimentos à base de resina epóxi, a água destilada realiza uma limpeza, minimizando os resíduos que comprometam a interface adesiva. Esse aspecto é particularmente importante, dado que resíduos de cimentos endodônticos podem causar falhas na adesão, alterações na cor da coroa dental e, consequentemente, insucessos clínicos²⁸.

Além disso, devido à sua natureza química, os cimentos biocerâmicos apresentam solubilidade em água. Isso significa que a limpeza com água destilada prepara a superfície dentinária de maneira a otimizar a adesão do cimento. A biocompatibilidade e as propriedades regenerativas dos cimentos biocerâmicos, como a capacidade de modular a inflamação periapical e promover a formação de hidroxiapatita, são ainda mais eficazes quando a superfície dentinária está devidamente limpa e preparada²¹.

Assim, adotar a água destilada como protocolo de limpeza, após a aplicação de cimento biocerâmico, representa uma abordagem inovadora e eficaz, capaz de gerar melhores resultados clínicos. Sugere-se que essa efetividade seja dada devido a alta hidrossolubilidade do material, fazendo com que as suas partículas sejam dissolvidas pela água durante o protocolo de limpeza²⁵.

Em resumo, a utilização de água destilada para a limpeza da dentina, em combinação com cimentos biocerâmicos, não só otimiza a adesão e a resistência de união, mas também cria um ambiente propício à cicatrização e à regeneração tecidual. Essa estratégia integrada pode ser considerada uma prática recomendada na endodontia, promovendo a longevidade e o sucesso dos tratamentos realizados²⁵.

Com base nos resultados, recomenda-se também que a solução experimental seja incorporada aos protocolos de limpeza em endodontia, particularmente em situações onde a remoção completa de resíduos seja essencial para o sucesso do tratamento. No entanto, estudos adicionais são necessários para validar esses achados em um contexto clínico mais amplo e para investigar o potencial de aprimoramento das formulações de limpeza, visando otimizar ainda mais a eficácia e os resultados clínicos.

7 CONCLUSÃO

O protocolo de limpeza da superfície dentinária com água destilada no canal radicular previamente obturado com cimento biocerâmico, proporciona maior resistência de união independentemente do sistema de cimentação utilizado, nos terços cervical e médio do espaço para pino.

REFERÊNCIAS*

1. Bronzato JD, Cecchin D, Miyagaki DC, de Almeida JF, Ferraz CC. Effect of cleaning methods on bond strength of self-etching adhesive to dentin. *J Conserv Dent*. 2016; 19(1): 26-30.
2. Kuga MC, Faria G, Rossi MA, do Carmo Monteiro JC, Bonetti-Filho I, Berbert FL et al. Persistence of epoxy-based sealer residues in dentin treated with different chemical removal protocols. *Scanning*. 2013; 35(1): 17-21.
3. Gomes MF, Botta SB, Matos AB, Netto NG. The interference of the cleaning procedure of root walls with two different solvents on the adhesion of fiberglass intraradicular posts. *J Contemp Dent Pract*. 2012; 13(3): 275-9.
4. Jardine AP, Rosa RA, Santini MF, Wagner M, Só MV, Kuga MC, et al. The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clin Oral Investig*. 2016; 20(1): 117-23.
5. Katritzky AR, Kuanar M, Slavov S, Hall CD, Karelson M, Kahn I et al. Quantitative correlation of physical and chemical properties with chemical structure: utility for prediction. *Chem Rev*. 2010; 110(10): 5714-89.
6. Gonçalves Galoza MO, Fagundes Jordão-Basso KC, Escalante-Otárola WG, Victorino KR, Rached Dantas AA, Kuga MC. Effect of cleaning protocols on bond strength of etch-and-rinse adhesive system to dentin. *J Conserv Dent*. 2018 Nov-Dec;21(6):602-606.
7. Jordão-Basso KC, Kuga MC, Bandéca MC, Duarte MA, Guiotti FA. Effect of the time-point of acid etching on the persistence of sealer residues after using different dental cleaning protocols. *Braz Oral Res*. 2016 Dec 22;30(1):e133.
8. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019 Oct;107(4):421-436.
9. Saraç D, Bulucu B, Saraç YS, Kulunk S. The effect of dentin-cleaning agents on resin cement bond strength to dentin. *J Am Dent Assoc*. 2008 Jun;139(6):751-8.
10. Coll JA, Dhar V, Chen CY, Crystal YO, Guelmann M, Marghalani AA, AlShamali S, Xu Z, Glickman GN, Wedeward R. Use of Vital Pulp Therapies in Primary Teeth 2024. *Pediatr Dent*. 2024 Jan 15;46(1):13-26.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

11. Ortega MA, Rios L, Fraile-Martinez O, Liviu Boaru D, De Leon-Oliva D, Barrena-Blázquez S et.al . Bioceramic *versus* traditional biomaterials for endodontic sealers according to the ideal properties. *Histol Histopathol*. 2024; 39(3): 279-292.
12. Barbosa VM, Pitondo-Silva A, Oliveira-Silva M, Martorano AS, Rizzi-Maia GC, Silva-Souza YTC, Castro-Raucci LMS, Neto WR. Antibacterial activity of a new ready-to-use calcium silicate-based sealer. *Brazilian Dental Journal*, v. 31, p. 611-616, 2020.
13. Fernandes OC, Mendes JMF, Oliveira AF, Souza EM, Goes SF, Pivoto João MMB, Meira GF. Silva ALC. The evolution of endodontic cements: literature review The evolution of endodontic cements: literature review. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 117583-117595, 2021.
14. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Espir CG, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Solubility, porosity, dimensional and volumetric change of endodontic sealers. *Braz. Dent. J*. 2019; 30(4): 368-73.
15. Machado ME. de L. Endodontics: science and technology. 3. ed. São Paulo: Quintessence Publishing Brazil; 2017.
16. Castro ASG, Moraes MAS, Falcão CAM, Lima LR, Ferraz MAAL. Physicochemical properties of endodontic cements based on zinc oxide and eugenol. *Archives of Dentistry. Teresina*. v. 56. p. 19. 2020.
17. Nascimento MT, Lacerda MFLS, Lacerda GP, Girelli CFM, Girelli RC. Comparative analysis of the flow of two endodontic cements - an integrative review. *Journal of orofacial investigation*. v. 5. n. 1. p. 29-34. 2018.
18. Sun X, Sun A, Jia X, Jin S, Zhang D, Xiao K, Wang Q. In vitro bioactivity of AH plus with the addition of nano magnesium hydroxide. *Annals of translational medicine. Shenyang*. v. 8. n. 6. p. 313. 2020.
19. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR, Chavez-Andrade GM, Duarte MAH, Filho IB, Fari G, Só MVR. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microscopy Research and Technique*. v. 76, n. 5, p. 533-537. 2013.
20. Falcão CAM, Lima EM, Júnior JDM, Freitas AS, Veras ESL, Moura LK, Falcão LF. Cement AH Plus Adhesiveness Assessment Associated with Mineral Trioxide Aggregate in Different Proportions. *Journal of Contemporary Dental Practice*. v. 19. n. 12. p. 1444-1448, 2018.
21. 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*, v. 12, n. 23, p. 3967, 2019.
22. Dutra F, Barroso JM, Carrasco LD, Capelli A, Guerisoli DMZ, Pécora JD. Evaluation of apical microleakage of teeth sealed with four different root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*, v. 14, p. 341-345, 2006.

23. Almeida LHS, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *Journal of endodontics*, v. 43, n. 4, p. 527-535, 2017.
24. Plotino G, Buono L, Grande N, Pameijer CH, Somma F. 2007. Non vital bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod* 34:394-407.
25. Roberts S, Kim JR, Gu LS, Kim YK, Mitchell QM, Pashley DH, Tay FR. 2009. The efficacy of different sealer removal protocols on bonding of self-etching adhesives to AH plus contaminated dentin. *J Endod* 35:563-567.
26. Kuga MC, Só MV, De Campos EA, Faria G, Keine KC, Dantas AA, Faria NB Jr. Persistence of endodontic methacrylate-based cement residues on dentin adhesive surface treated with different chemical removal protocols. *Microsc Res Tech* 75:1432-6 2012.
27. Gutman JL, Withersponn DE. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp*. 8th ed. Philadelphia: Mosby; 2002. p. 341.
28. Kuga MC, Só MV, De Faria-júnior NB, Keine KC, Faria G, Fabricio S, Matsumoto MA. Persistence of resinous cement residues in dentin treated with different chemical removal protocols. *Microsc Res Tech* 75:982-5 3 2012.
29. Kaplan AE, Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A, Macchi RL (1997) Disintegration os endodontic cements in water. *J Endod* 23:439-441.
30. Donegá BL, Zaniboni JF, Basile GF, Gelio MB, Kuga MC. Evaluation of the cleaning potential of amyl acetate in the pulp chamber impregnated with epoxy resin-based endodontic cement residues. *Ver. Odontol.Unesp*, vol.51, Especial, p.02. 2022.
31. Bandeca MC, Kuga MC, Diniz AC, Jordão-Basso KC, Tonetto MR. Effects of the Residues from the Endodontic Sealers on the Longevity of Esthetic Restorations. *J Contemp Dent Pract*. 2016; 30(1) 17:615-7
32. Neto PFC, Gelio MB, Souza EMP, Monteiro JCC, Júnior AJ, Leandrin TP et al. Influence of the epoxy resin-based cement residue removal protocol on the adhesion interface with the universal adhesive used in the condition-and-wash strategy. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, ISSN-e 1989-4155, Vol. 15, No. 5, 2023, pp. 4802-4816.
33. Ramos ATPR, Belizario LG, Jordao-Basso KCF, Shinohara AL & Kuga MC (2018) Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface using two fiber posts cementation systems *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 24 136-141.
34. Guiotti FA, Kuga MC, Duarte MA, Sant'Anna AJ & Faria G (2014) Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin *Brazilian Oral Research*.