



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Daniela Peressoni Vieira Schuldt

Influência da temperatura de armazenamento nas propriedades físico-químicas e adesivas de diferentes cimentos endodônticos e os efeitos da sobre-extensão da obturação na incidência de dor pós-operatória.

Florianópolis
2023

Daniela Peressoni Vieira Schuldt

Influência da temperatura de armazenamento nas propriedades físico-químicas e adesivas de diferentes cimentos endodônticos e os efeitos da sobre-extensão da obturação na incidência de dor pós-operatória.

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Odontologia, área de concentração: Endodontia.

Orientadora: Prof^{fa}. Dr^a. Cleonice da Silveira Teixeira

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Schuldt, Daniela Peressoni Vieira

Influência da temperatura de armazenamento nas propriedades físico-químicas e adesivas de diferentes cimentos endodônticos e os efeitos da sobre-extensão da obturação na incidência de dor pós-operatória / Daniela Peressoni Vieira Schuldt ; orientadora, Cleonice da Silveira Teixeira, 2023.

131 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Cimentos Dentários. 3. Endodontia. 4. Dor pós-operatória. 5. Propriedades físico-químicas. I. Teixeira, Cleonice da Silveira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

Daniela Peressoni Vieira Schuldt

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 29 de maio de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Lucas da Fonseca Roberti Garcia, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Josiane de Almeida Cava da Silveira, Dra.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Profa. Beatriz Serrato Coelho Rossetto, Dra.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Odontologia, área de concentração Endodontia.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Profa. Cleonice da Silveira Teixeira Dra.
Orientadora

Florianópolis, 29 de maio de 2023

Dedico este trabalho ao meu filho **Guenther Neto**, aos meus afilhados **Letícia**, **Henrique**, **Maria Antônia** e **Maria Augusta**, aos meus sobrinhos **Helena**, **Miguel** e **Melissa**, aos meus amados pais, **Elianne** e **Paulo Afonso**, a minha avó, **Ângela**, aos meus irmãos, **Carolina**, **Eduardo**, **Heloísa**, **Rafael**, **Felipe**, **Letícia** e **Bernardo**, aos meus padrinhos, **Henrique** e **Teresa**, e ao meu amor e companheiro de vida, **Guenther Filho**.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo dom dessa vida maravilhosa que eu vivo, e por ter colocado cada uma dessas pessoas abaixo dentro dela.

À minha orientadora, **Prof.^a Dr.^a Cleonice da Silveira Teixeira**, por ter me acompanhado todos esses anos, ter acreditado em mim e no meu trabalho. Impossível colocar em um parágrafo o quanto eu sou grata por ter tido você como orientadora, como mentora, amiga, mãe e conselheira. Você que me incentivou e acreditou em mim quando nem eu acreditava. Você que entendeu os caminhos que eu escolhi, os novos projetos, e mais do que isso, me incentivou e me guiou para que eu os alcançasse. Você que mesmo passando por algumas dificuldades, não se deixou abater, e me ensinou ainda mais, me ensinou a ser forte, a seguir em frente (mesmo quando não parecia justo), e continuou o seu trabalho com todo o amor. Você que soube ver e entender que eu estava dando o meu melhor, mas que precisaria de mais tempo. Sempre com carinho, nunca com cobrança; sempre com zelo, nunca com falta de interesse. Ser-te-ei eternamente grata por esses anos juntas, por todos os ensinamentos, por toda a dedicação que sempre existiu, até em ler um resumo no Domingo pela manhã, pelas palavras certas nas horas mais necessitadas, por não deixar a distância física existir de verdade. Que possamos seguir trabalhando juntas, novos projetos e pesquisas, novas publicações. Que você tenha o mesmo entusiasmo, o mesmo orgulho e a mesma admiração por mim, que eu tenho por você. Saiba sempre que você é uma professora sem igual, o seu conhecimento clínico e teórico, conhecimento de pesquisa, extrapola qualquer média e ainda vem acompanhado de carinho, que você ensina e incentiva os seus alunos a se apaixonarem pelo mundo da endodontia e que você sabe entender e aceitar os seus orientados, com seus dons e suas limitações, sem fazer comparações, apenas sendo um refúgio quentinho quando precisamos. E essa é só uma das suas muitas facetas. Porque além de uma dentista e professora extraordinária, você também é uma mulher, uma mãe, uma esposa, uma filha, uma irmã, uma amiga e uma orientadora espetacular, um grande exemplo para mim em todos esses aspectos. Obrigada professora, do fundo do meu coração e com todo amor, por ter sido você nessa minha jornada.

Ao meu filho, **Guinthinho**, meu maior amor, minha razão de vida. Por entender, mesmo sem entender, que muitas vezes a mamãe tinha que ir “trabalhar” na UFSC até nos finais de semana, “trabalhar” no computador mesmo estando em casa. Há sete anos você transforma, ilumina, dá razão, fortalece, engrandece, melhora, aquece, domina, incentiva e ressignifica a minha vida. Como sempre lhe digo, você foi, é, e sempre será, a melhor parte da minha vida, o meu verdadeiro e eterno amor. Meu menino de luz, obrigada por tanto!

Aos meus afilhados, **Letícia, Henrique, Maria Antônia e Maria Augusta**, que são uma extensão do amor de mãe, e são os melhores e mais honrosos presentes que eu poderia ganhar nessa vida. Saiba que eu amo vocês infinitamente e que mesmo longe, eu tento acompanhar e saber da vida de vocês, conhecer vocês, e os levo sempre no meu coração e nas minhas melhores lembranças.

Aos meus pais, **Elianne e Paulo Afonso**, que sempre foram a minha fortaleza, o meu porto-seguro, os meus exemplos, os meus amores e as verdadeiras pessoas que me proporcionaram viver, e assim, viver tudo isso. Agora que já sou mãe, sei enxergar claramente o quanto vocês fizeram e ainda fazem por mim, abdicaram e ainda abdicam, mudaram e ainda mudam, aceitaram e ainda aceitam, entenderam e ainda entendem, viajaram e ainda viajam, cuidaram e ainda cuidam, amaram e ainda amam. Obrigada por tudo e por tanto. Que eu saiba ser para o meu filho, o mesmo que vocês sempre serão para mim. Eu amo vocês, hoje e eternamente. A palavra “saudades” já não é suficiente para definir a imensurável falta que eu sinto de vocês.

Ao meu marido, **Guenther Filho**, que escolheu e aceitou ser meu grande companheiro nessa jornada da vida. E que jornada! Tomaria todo este documento descrever tudo o que já fizemos e alcançamos juntos, quantas viagens, cidades e lugares novos, quantas aventuras, quanto crescimento, quantas mudanças. E vivendo mais uma, um novo lar, uma nova vida, com esforço e mérito de ambos. Obrigada por fazer o melhor café-com-leite do mundo, por entender que eu não consigo ficar acordada em viagens de carro, mas em compensação, não durmo em viagens de avião, por escolher e acertar sempre no vinho que iremos tomar, por ser impassível em situações nas quais sou sensível demais, e por me lembrar constantemente que preciso ser mais

segura e menos negativa. Você é a pessoa que mais me ensina a ser forte, me ensina a lidar com a solidão, me ensina a arte da odontologia e me ensina a aceitar o que e quem não podemos mudar. No entanto, o mais importante, é que você me ensina que o amor e a vontade de fazer dar certo superam qualquer diferença. E eu sempre vou querer fazer dar certo e sempre vou te amar cada vez mais.

A minha avó, **Ângela Maria Evangelista**, que é a minha rainha, meu exemplo de elegância, de resiliência e de seguir em frente. Faz a alegria dos meus dias poder falar com você, todas as noites, mesmo à distância.

Aos meus irmãos, **Carolina, Eduardo, Felipe e Bernardo**, que são meus grandes companheiros, participantes dos melhores momentos da minha vida e das minhas mais saudosas memórias. A minha vida não teria sido tão maravilhosa sem cada um de vocês, cada um com jeito e sua história, mas para sempre conectados. Eu amo vocês infinitamente e espero que vocês sintam tanto a minha falta, quanto eu sinto de vocês.

Aos meus padrinhos, **Teresa e Henrique Jr**, que deveriam ser o significado da palavra “padrinhos” em qualquer dicionário, pois não existe melhor exemplo. Eu digo sem sombra de dúvida que vocês são os melhores padrinhos do mundo! Sempre presentes, e que sempre me acolheram e incluíram, me apoiaram, me incentivaram e vibraram com as minhas vitórias. Se eu for para os meus afilhados tudo o que vocês são para mim, eu serei a madrinha mais realizada do mundo. Espero que eu saiba expressar e demonstrar o amor e a gratidão que eu sinto por vocês. Eu os amo muito!

Ao meu primo e melhor amigo, **Rafael Faraco**, que é a minha pessoa, a pessoa que eu sei que sempre posso contar, todo e qualquer problema, e todo e qualquer sucesso, serão bem aceitos e compartilhados. Pois, até um furacão de verdade nós já enfrentamos juntos. A pessoa que eu mais falo, mais compartilho besteiras, a que me dá os presentes mais infantis que eu mais adoro, que faz a melhor batata de forno e o melhor molho de tomate, que sofre comigo toda vez que precisamos fazer exercício ou temos dor de cabeça, que sempre me ganha na canastra e que tem a maior paciência do mundo em me ensinar

matemática. Palavras não são suficientes. Você é incomparável. Obrigada por existir.

À minha cunhada e irmã de coração, **Letícia Schuldt**, por ser minha amiga, minha conselheira, minha defensora e por ter me apresentado com duas princesas e dois amores incomparáveis. Sou eternamente grata por ter você e suas filhas na minha vida, na minha família, minhas meninas. Amo vocês!

À minha cunhada e irmã de coração, **Heloísa Schwarzwald**, por todas as nossas incansáveis conversas, por ter me escolhido como Dinda do nosso Henrique, por ter ficado do meu lado quando eu mais precisei, por ser um exemplo de mulher forte, batalhadora, independente e decidida. Meu irmão não poderia ter feito escolha melhor. És uma grande companheira, uma grande amiga, uma irmã, um dos meus amores!

Ao meu amigo, **Dr. Luiz Carlos Dias Junior**, por ter atualizado na minha vida o significado de parceria, amizade e trabalho em equipe. Você sabe que este trabalho não teria sido possível sem a sua incansável e sempre pronta ajuda. MUITÍSSIMO obrigada! Que possamos seguir trabalhando juntos, nos ajudando e criando oportunidades. Você merece ter muito sucesso. E eu estarei sempre torcendo por você.

À **Taynara Santos Goulart**, que foi minha aluna e atualmente é minha companheira de pós-graduação. Menina doce, dedicada, amável, sempre disposta e sempre interessada. Obrigada por ter me possibilitado ensinar você, crescer com você e finalizar este trabalho. Que você seja sempre muito feliz e tenha muito sucesso nos caminhos da sua vida.

Ao Prof. **Dr. Lucas Garcia**, que é um gigante da endodontia, tão cheio de conhecimento e sempre disposto a repassá-los. Sempre com uma palavra de ensinamento ou incentivo, e um exemplo de trajetória e currículo, para qualquer futuro professor. Graças ao seu curso que este trabalho foi criado e desenvolvido. Obrigada por nos incentivar a ter novas ideias de pesquisa. E eu nunca irei esquecer, quando eu lhe pedi para escrever a minha carta de recomendação para o posto que hoje ocupo, eu lhe disse: “professor, provavelmente eu não irei conseguir, mas se você puder...” e você prontamente respondeu: “Se a vaga for sua, se Deus quiser que ela seja sua, ela será,

acredite.” E cá estou eu. Obrigada por ter acreditado em mim, quando eu mesma duvidava. Isso é ser mestre, isso é ser mentor.

À Prof.^a Dr.^a **Graziela Canto**, uma das primeiras professoras que cruzou os meus caminhos na UFSC e que ainda bem que permaneceu até hoje. Nos ensina tanto com sua força de vontade, determinação, confiança, pontualidade, trabalho árduo e responsabilidade. E não tem como esquecer, uma das melhores docesiras que eu conheço. Professora, obrigada por ter cruzado e permanecido no meu caminho, por ter me ensinado tanto, me incentivado e me ensinado novos caminhos. Você é um dos meus grandes exemplos de mulher, dentista, professora, mãe, filha, irmã e amiga. Você é merecedora de todo esse legado que você está deixando. Eu tenho muito orgulho de fazer parte dele e muita admiração por você.

À Prof.^a Dr.^a **Beatriz Serrato Coelho Rossetto**, que provavelmente foi um dos melhores presentes que a UNISUL me deu, uma das conexões de amizade mais verdadeira que já tive, e uma das minhas grandes saudades. Agradeço pelo tempo que passamos juntas, pelo crescimento que tivemos, pela convivência, pela parceria, pela amizade, pelo amor, pelo respeito e pelo entendimento. Algumas decisões e alguns caminhos da vida acabaram por nos afastar, mas o seu lugar na minha história e no meu coração, é intocável. Obrigada por aceitar, mais uma vez, em participar da minha história, sendo parte da minha banca examinadora. Pois, além de tudo isso, você é uma profissional fantástica com um coração de tamanho incomparável.

À Prof.^a Dr.^a **Josiane de Almeida Cava da Silveira**, que mal sabe o quanto eu queria ser igual a ela quando comecei o meu mestrado. Linda, esportista, a mais dedicada na sua turma de pós-graduação, sempre paciente com seus alunos, incentivando, principalmente no mundo da pesquisa. E depois, nossas vidas se cruzaram novamente na UNISUL e viramos companheiras de disciplina, parceiras, amigas, confidentes, e só comprovei mais o quão excelente profissional você é. Obrigada por aceitar fazer parte da minha banca examinadora, eu tenho certeza de que você irá ler este trabalho com muito carinho, e fará considerações pertinentes e certas para melhorá-lo. Não podia ser outra pessoa. Desde o início, era você. Já na qualificação, e para sempre, na vida. Obrigada, obrigada, obrigada.

À Prof.^a Dr.^a **Anarela Bernardi Vassen**, minha companheira de mestrado, tão dedicada, paciente, conciliando o consultório (em outra cidade) e o mestrado. Um exemplo. Saiba que tenho muita admiração por você, por todas as suas conquistas, tua história de vida. Obrigada por voltar a fazer parte do meu caminho, como suplente deste trabalho.

À Prof.^a Dr.^a **Ana Maria Hecke Alves**, que me acompanha desde a graduação, e que tanto já conversou comigo e me incentivou, inclusive nos caminhos da maternidade. Que é um exemplo de doação, de querer o bem e ajudar a quem precisa, de dedicação, e de muito trabalho. Sempre com uma conversa de incentivo, uma palavra animadora. Obrigada por tudo e por ter aceitado ser suplente deste meu trabalho.

À Prof.^a Dr.^a **Thais Mageste**, que mesmo com o pouco tempo que passamos juntas, me mostrou ser uma mulher fantástica e forte. Vencedora de desafios pessoais, sempre com uma palavra amiga, sempre alegre mesmo nas adversidades, perseverante e agora, mamãe. Obrigada professora. Talvez você não se lembre, mas nós tivemos três conversas profundas e incentivadoras, que eu jamais esquecerei e que fizeram toda a diferença para que eu chegasse aonde estou hoje. Obrigada pelo pouco tempo de qualidade infinita.

Ao Prof. Dr. **Eduardo Bortoluzzi**, que já participou como orientador na minha jornada na odontologia e depois seguiu como professor responsável pelo curso. Obrigada por todos os ensinamentos, por ter me ensinado como realizar a maioria dos testes que foram realizados neste trabalho, por me introduzir ao mundo da Endodontia e posteriormente, ao mundo dos biocerâmicos. Mas, gostaria de lhe agradecer principalmente, por nos ensinar a ter paixão pelo ser professor, por sempre falar das suas pesquisas com brilhos nos olhos, por sempre tentar trazer algo diferente e incentivador para os seus alunos. Continue sendo assim, pois isso nos motiva e cativa. Obrigada por ter feito parte da minha jornada, de maneira mais próxima no início dela, mas nada termina sem um começo.

Às minhas amigas da vida, **Maria Eugênia, Lanna, Gabriela e Luiza**, que mesmo com todos os diferentes caminhos da vida e diferentes escolhas, souberam estar sempre presentes na minha vida, minhas companheiras, minhas

confidentes, meus orgulhos e meus amores. Que a nossa amizade saiba continuar assim, firme e forte, pelo resto das nossas vidas. Vocês são as melhores amigas que alguém poderia ter e eu sou imensamente grata e feliz por ter vocês.

Aos meus ex-alunos, **Luísa, Pedro Henrique e Ana Gabriella**, que foram meus pupilos e os que deram os primeiros passos neste trabalho.

Aos meus pais americanos, **Susan e Bil**, que souberam vencer a barreira da distância e da falta de comunicação, muitas vezes, e continuam fazendo parte da minha vida. Ainda mais agora, que moramos mais perto, e que estão fazendo parte da vida do meu filho também. Isso enche o meu coração de amor e alegria.

Aos meus colegas de pós-graduação, **Wesley, Julia, Maria Eduarda e Amanda**, que tornaram os desafios mais leves, os encontros mais alegres e a pós-graduação mais feliz. Foi um prazer dividir esses momentos com vocês.

Ao **Sérgio**, que é meu grande amigo. A Endo UFSC não existe sem você. Obrigada por todas as bananinhas que você já fez, todos os sanduíches, todos os cafés quentinhos, que vinham como um carinho para nos ajudar nos dias mais difíceis e desafiadores. Ainda vamos fazer a nossa trilha juntos. Sou muitíssimo grata por ter conhecido e dividido meus dias com você. Você é um grande companheiro e uma pessoa sensacional.

Ao meu avô, **Benno Peressoni** (*in memoriam*), que é a minha maior e eterna saudade.

À todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui e, fizeram parte desta jornada comigo,

RESUMO

O presente estudo investigou a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade, no pH e na resistência de união (RU) de cimentos endodônticos à dentina do canal radicular. Ainda, revisou sistematicamente a literatura com o objetivo de responder a seguinte pergunta de pesquisa: a sobre-extensão de material obturador aumenta a incidência de dor pós-operatória? Para isso, os cimentos BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet, permaneceram por 30 dias em temperaturas controladas de 5°C, 20°C ou 35°C. O teste de escoamento foi baseado nas normas ISO 6876 (2012). Os testes de alteração dimensional e a solubilidade foram avaliados pelas normas ISO 6876 (2002, 2012). A avaliação do pH deu-se pela análise da água, na qual os discos utilizados no teste de solubilidade foram individualmente imersos. A análise estatística foi realizada por meio dos testes de Kruskal-Wallis, *post hoc* de Dunn ($\alpha = 0,05$), ANOVA de Friedman e *post hoc* de Durbin-Conover ($\alpha = 0,05$). Para o teste de RU à dentina, fatias de dentina radicular humana com 1,0 mm de espessura tiveram três cavidades de 1,2mm de diâmetro realizadas paralelamente à parede do canal radicular e preenchidas com os cimentos BioRoot RCS, Endomethasone N e AH Plus Jet (n=24). Após 7 dias, o teste de RU (*push-out*) foi realizado e o modo de falha foi analisado em esteomicroscópio. A análise estatística foi realizada por meio dos testes de Kruskal-Wallis e *post hoc* de Dunn ($\alpha = 0,05$). Para a revisão sistemática (RS), foram incluídos apenas estudos clínicos randomizados (ECR) comparando a incidência de dor pós-operatória em até 7 dias, em dentes permanentes que receberam tratamento endodôntico primário, com ou sem sobre-extensão de material obturador. A qualidade dos estudos foi avaliada pela ferramenta 2.0 da Cochrane e a meta-análise realizada através do método Mantel-Haenszel e efeito randômico com intervalo de confiança de 95%. As diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nas propriedades físico-químicas dos cimentos testados. No escoamento, só o cimento AH Plus Jet apresentou alteração estatisticamente significativa. Os valores de RU à dentina do canal radicular obtidos para os cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N armazenados em 5°C e 35°C foram menores ($p < 0,05$) quando comparados aos cimentos armazenados em 20 °C. A falha mais comum foi a falha adesiva. Doze ECR foram incluídos na RS e as informações necessárias foram extraídas. Seis estudos foram classificados como baixo risco de viés, três como risco incerto e três como alto risco de viés. Três metanálises foram realizadas. Observou-se, nos estudos laboratoriais, que as diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade, no pH e na resistência de união à dentina de pelo menos um dos cimentos testados. De modo geral, os cimentos armazenados à 20°C, temperatura dentro da recomendada por todos os fabricantes, apresentaram melhor desempenho. Além disso, a maioria dos ECR incluídos encontrou uma associação positiva entre a maior incidência de dor pós-operatória e a sobre-extensão de material obturador.

Palavras-chaves: Cimentos dentários, Dor pós-operatória, Endodontia, Obturação do Canal Radicular, Propriedades físicas e químicas, Resistência ao cisalhamento, Revisão Sistemática, BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer, AH Plus.

ABSTRACT

The present study investigated the influence of three different storage temperatures on flow, dimensional change, solubility, pH, and bond strength (BS) of endodontic sealers to root canal dentin. Also, it aimed to systematically review the literature and answer the following question: does overextension of filling material increase the incidence of postoperative pain? For this, BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer and AH Plus Jet sealers remained for 30 days at controlled temperatures of 5°C, 20°C or 35°C. The flow test was based on ISO 6876 (2012) standards. The dimensional change and solubility tests were evaluated according to the ISO 6876 standards (2002, 2012). The pH evaluation was carried out by analyzing the water, in which the disks used in the solubility test were individually immersed. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis, Dunn's post hoc ($\alpha = 0.05$), Friedman's ANOVA and Durbin-Conover's post hoc tests ($\alpha = 0.05$). For the BS to dentin test, slices of human root dentin with 1.0 mm thickness had three 1.2 mm diameter cavities made parallel to the root canal wall and filled with BioRoot RCS, Endomethasone N and AH Plus Jet ($n=24$). After 7 days, the BS (*push-out*) was performed, and the failure mode was analyzed under a stereomicroscope. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis and Dunn's post hoc tests ($\alpha = 0.05$). For the systematic review (SR), only randomized clinical trials (RCTs) comparing the incidence of postoperative pain within 7 days, in permanent teeth that received primary endodontic treatment, with or without obturation material overextension were included. Study quality was assessed using the Cochrane 2.0 tool and meta-analysis was performed using the Mantel-Haenszel method and random effect with a 95% confidence interval. The different storage temperatures influenced the physicochemical properties of the tested sealers. In terms of flow, only the AH Plus Jet cement showed a statistically significant change. The BS values obtained for BioRoot RCS and Endomethasone N sealers stored at 5°C and 35°C were lower ($p<0.05$) when compared to sealers stored at 20°C. The most common failure mode was the adhesive failure. Twelve RCTs were included in the SR and the necessary information was extracted. Six studies were classified as low risk of bias, three as uncertain risk of bias and three as high risk of bias. Three meta-analyses were performed. It was observed in laboratory studies that the different storage temperatures influenced the flow, dimensional change, solubility, pH and bond strength to dentin of at least one of the tested sealers. In general, sealers stored at 20°C, a temperature within the range recommended by all manufacturers, performed better. Furthermore, most RCTs included found a positive association between a higher incidence of postoperative pain and overextension of obturation material.

Keywords: Dental cements, Pain, postoperative, Endodontics, Root canal obturation, Physical and chemical phenomena, Shear Strength, Systematic Review, BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer, AH Plus.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2 PROPOSIÇÃO	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2.3 HIPÓTESE DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS	19
3 ARTIGO 1	20
4 ARTIGO 2	44
5 ARTIGO 3	66
Supplementary Table 1 – Search strategy for each database	96
Supplementary Table 2 – Excluded articles with reason for exclusion.....	98
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS.....	104
ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	118

1 INTRODUÇÃO GERAL

A obturação do sistema de canais radiculares é a etapa final da terapia endodôntica (ATMEH & ALSHWAIMI, 2017). Essa etapa objetiva o preenchimento tridimensional e a criação de um selamento eficaz na região apical do canal radicular (LOPES; SIQUEIRA, 2015), de forma a aumentar as taxas de sucesso do tratamento (INGLE et al., 2002).

Prioritariamente, a obturação é realizada com a combinação de guta-percha e um cimento obturador, visto que a guta-percha não apresenta adesão às paredes dentinárias (CAMILLERI, 2015). O cimento obturador preenche os espaços vazios e contribui para a formação de uma interface adesiva contínua e homogênea entre a guta-percha e a dentina radicular (CAMILLERI, 2015; TEDESCO et al., 2018). Para o alcance de seus objetivos, dentre outras características, o cimento endodôntico deve apresentar excelente capacidade de selamento, estabilidade dimensional, um tempo de presa que permita tempo de trabalho suficiente, ser insolúvel aos tecidos e, preferencialmente, ser biocompatível (GROSSMAN, 1981). Tais características têm sido tema de diversos estudos científicos que avaliam os cimentos obturadores presentes no mercado (ZHOU et al., 2013; TORRES et al., 2019; DONNEMEYER et al., 2021; SILVA et al., 2021).

A alteração dimensional dos cimentos, quando diferente do recomendado, pode comprometer o selamento do canal radicular (WILLIAMSON et al., 2005). De acordo com a norma número 57 da Associação Dentária Americana (ANSI/ADA) e a Organização Internacional para Padronização (ISO) 6876, a alteração dimensional dos cimentos obturadores não deve ultrapassar 1% em contração e 0,1% em expansão (ADA, 2012; ISO 2002). A solubilidade, por sua vez, é uma propriedade essencial dos cimentos endodônticos, porque a dissolução dos cimentos pode comprometer a qualidade da obturação (SILVA et al., 2021). Os cimentos endodônticos devem apresentar pouca solubilidade para manter o selamento e evitar reinfecções pela presença de espaços vazios entre as paredes de dentina e os materiais obturadores (CAVENAGO et al., 2014). A presença de espaços vazios favorece a infiltração e contaminação bacteriana e

contribui para a falha do tratamento endodôntico (BIGGS et al., 2006). Portanto, é preconizado que os cimentos endodônticos tenham solubilidade inferior à 3% (ADA, 2012; ISO, 2012).

O escoamento dos cimentos é uma propriedade físico-química importante, pois permite que o material preencha as estruturas anatômicas internas do sistema de canais radiculares (CANDEIRO et al., 2012), obturando, por exemplo, canais acessórios (DUARTE et al., 2010). No entanto, um escoamento excessivo pode resultar em extrusão apical, que pode lesionar os tecidos periapicais (DUARTE et al., 2010). A ADA em sua norma número 57 preconiza que o escoamento dos cimentos endodônticos deve ser de no mínimo 20 mm (ANSI/ADA, 2012), já a ISO 6876 recomenda que o escoamento seja de no mínimo 17 mm (ISO, 2012).

Ainda, o pH dos cimentos pode ser um fator importante no reparo, pois um pH alcalino está associado com efeitos antimicrobianos e com a deposição de tecido mineralizado (MCHUGH et al., 2004; OKABE et al., 2006). Quanto à adesão do material obturador à dentina, sabe-se que uma união forte e duradoura entre a dentina do canal radicular e o material obturador é um dos pilares para a prevenção de uma infecção no sistema de canais radiculares (WU et al., 2000; WHITWHORTH et al., 2005). O teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão, *push-out*, é um teste mecânico onde uma força é aplicada no material obturador, longitudinalmente ao longo eixo do canal radicular, até que o material se desloque, estabelecendo a força de união ou a resistência ao deslocamento (COLLARES et al., 2016). O teste de *push-out* é ainda bastante considerado para investigar a resistência de união de um material a outro, pois mede a resistência ao cisalhamento, deslocamento, entre a interface de duas superfícies (COLLARES et al., 2016).

Os cimentos endodônticos são classificados de acordo com sua composição em: cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, cimentos à base de hidróxido de cálcio, à base de ionômero de vidro, resinosos e biocerâmicos (FARIAS-JÚNIOR et al., 2013).

Os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol são utilizados há décadas para a obturação dos canais radiculares (JEANNEAU et al., 2020). Esses

cimentos apresentam ação antimicrobiana e bom selamento, mas tempo de presa prolongado, pouca resistência coesiva e alta solubilidade (GUTMANN & RAKUSIN, 1987). Entre as várias marcas comerciais existentes no mercado destaca-se o cimento Endomethasone N (SEPTODONT, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex, França). De acordo com o fabricante, o Endomethasone N é composto por acetato de hidrocortisona, iodeto de timol, sulfato de bário, óxido de zinco e estearato de magnésio em sua composição e deve ser conservado a uma temperatura inferior à 25°C e ao abrigo da umidade (SEPTODONT, 2016).

Outros cimentos também muito utilizados na obturação endodôntica são os resinosos, principalmente os cimentos à base de resina epóxi, como o AH Plus (DENTSPLY SIRONA, Charlotte, NC, EUA). Esse cimento é frequentemente utilizado como grupo controle em pesquisas (ORSTAVIK, 2005), por apresentar propriedades físico-químicas favoráveis e boa adesão à dentina do canal radicular (MARÍN-BAUZA et al., 2010). É comercializado em 2 pastas, sendo a pasta A, de cor âmbar, composta por resina epóxi Bisfenol-A, resina epóxi Bisfenol-F, tungstato de cálcio, sílica, óxido de zircônio e pigmentos de óxido de ferro. A pasta B, de cor branca, contém dibenzil-diamina, aminoadamantano, triclodecandiamina, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica e óleo de silicone. Recentemente, esse cimento está sendo disponibilizado numa seringa de auto mistura que, de acordo com o fabricante, permite um procedimento mais preciso, prático e rápido. A aplicação de uma pressão uniforme sobre o êmbolo permite que as duas pastas se misturem automaticamente em unidades de volumes iguais. Segundo as recomendações do fabricante, esse cimento deve ser armazenado em temperatura entre 10°C e 24°C e sua utilização deve ocorrer em temperatura ambiente (DENTSPLY, 2021).

Diversos estudos já investigaram as propriedades físico-químicas do cimento AH Plus, sendo considerado como padrão ouro para comparações com outros cimentos obturadores (SILVA ALMEIDA et al., 2017). Em 2019 Zordan-Bronzel e colaboradores investigaram o escoamento, a solubilidade e o pH do cimento AH Plus e encontraram valores dentro das normas ANSI/ADA e ISO para os resultados dos testes de escoamento e solubilidade. Com relação ao pH os valores foram similares ao grupo controle com água deionizada (ZORDAN-

BRONZEL et al., 2019). Da mesma forma, outros estudos já encontraram resultados positivos (CANDEIRO et al., 2019), e dentro das normas recomendadas para o cimento AH Plus com relação à estabilidade dimensional, escoamento e solubilidade (CAMARGO et al., 2017).

Nos últimos anos, os cimentos biocerâmicos têm ganhado popularidade, principalmente por apresentarem potencial biocompatível (TORABINEJAD; PARIROKH & DUMMER, 2018) e de reparo quando utilizados em contato com o tecido ósseo, apresentando efeito osteocondutor (CHEN et al., 2010). Exemplo dessa classe de cimentos, o BioRoot RCS (SEPTODONT, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex, França) é um cimento endodôntico mineral bioativo composto por um pó de silicato tricálcico, óxido de zircônia e povidona e líquido contendo cloreto de cálcio dihidratado, areo e água purificada. Deve ser armazenado em temperatura inferior a 30°C, em local seco e está indicado para as técnicas obturadores de condensação lateral e cone único (SEPTODONT, 2018). Apresenta valor médio de escoamento de 17, 25 mm, e solubilidade de 13% após 30 dias. Quanto ao pH, apresenta valores médios de 8,1 após 7 dias e 7,72 após 21 dias (ANTUNES et al., 2021).

Outro cimento biocerâmico, o Bio-C Sealer (ANGELUS Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil), de acordo com o fabricante, é composto por silicato de cálcio, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônia, óxido de ferro, dióxido de silício e agente de dispersão. Deve ser armazenado em local seco e arejado entre 15°C e 30°C e umidade relativa do ar abaixo de 60%. É comercializado em uma seringa pronta para uso (ANGELUS, 2021). Apresenta valores médios de escoamento de 33,87 mm, solubilidade de 12% após 30 dias, e pH de 8 e 7,88 após 7 e 21 dias, respectivamente (ANTUNES et al., 2021). Outro estudo que também investigou a solubilidade desse cimento, encontrou valores médios de escoamento de 31,2 mm e solubilidade de 17,9% após 30 dias. Com relação ao pH, o cimento Bio-C sealer apresentou valores de 9,74 após 7 dias e 9,18 após 21 dias (ZORDAN-BRONZEL et al., 2019).

Conforme exposto, as propriedades dos cimentos endodônticos têm um impacto na qualidade final da obturação (ORSTAVIK, 2005) e estudos

laboratoriais que investiguem essas propriedades físico-químicas podem contribuir para um melhor entendimento do comportamento clínico desses cimentos (ZHOU et al., 2013).

Embora muitos estudos já tenham investigado a influência que o aquecimento dos cimentos endodônticos possa ter nas suas propriedades físico-químicas (YAMAUCHI et al., 2020; ANTUNES et al., 2021; DONNERMEYER et al., 2021), não foram encontrados estudos que tenham avaliado a influência que a temperatura de armazenamento pode ter nas propriedades físico-químicas desses materiais. Em muitos países existem regiões nas quais a temperatura média no verão pode ultrapassar os 30°C e no inverno atingir temperaturas negativas. Assim, os cimentos endodônticos acabam sendo expostos a essas diferentes temperaturas e condições que não se enquadram nas recomendações de temperatura e armazenamento fornecidas dos fabricantes.

Apenas um estudo realizado em 2013 buscou investigar o efeito que a temperatura de armazenamento poderia ter nas propriedades físico-químicas dos materiais endodônticos, no entanto, não investigou cimentos endodônticos. O estudo investigou o efeito que três diferentes temperaturas tiveram nas propriedades físico-químicas de cones de guta-percha e cones resilon (PENTRONCLINICAL TECHNOLOGIES, Wallingford, CT, EUA). As temperaturas de armazenamento foram -12°C simulando freezer, 4±1°C simulando geladeira e 22°C simulando a temperatura ambiente. Os autores encontraram que as diferentes temperaturas influenciaram nos resultados dos testes realizados (KHEDMAT et al., 2013).

Além do cimento obturador, o comprimento da obturação pode ser um parâmetro importante, pois já foi observado que tratamentos endodônticos com instrumentação e material obturador além da constrição apical, apresentaram o pior prognóstico, comparado a tratamentos aquém da constrição apical. Portanto, idealmente, o material obturador deve permanecer restrito ao interior do canal radicular (RICUCCI & LANGELAND, 1998). Estudos têm demonstrado que as maiores taxas de sucesso para os tratamentos endodônticos são observadas quando o comprimento da obturação permanece entre 0 e 2 mm aquém do vértice radiográfico (RICUCCI et al., 2011). Casos com subobturações

e sobre-extensões apresentam taxas de sucesso significativamente menores (SJÖGREN et al., 1990; RICUCCI et al., 2011).

De acordo com a AAE a sobre-extensão acontece quando um material obturador sólido ou semissólido estende-se através do forame apical (AAE, 2020). Casos com sobre-extensão apresentam significativamente menores taxas de sucesso (SCHAEFFER et al., 2005; RICUCCI et al., 2011). Schaeffer e colaboradores (2005) escreveram uma meta-análise que investigou o comprimento ideal da obturação. Os autores verificaram que dentes sem sobre-extensão apresentaram significativamente melhor prognóstico do que os dentes com sobre-extensão de material obturador (SCHAEFFER et al., 2005). Quando o material é extruído, o prognóstico depende da solubilidade do material aos fluidos teciduais, enquanto a influência no resultado do tratamento, depende principalmente da sua compatibilidade (FRISTAD et al., 2004). Além disso, já foi reportado que a extrusão de material obturador é um fator que retarda o processo de reparo ósseo (SARIN et al., 2016) e pode danificar as estruturas nervosas presentes nos tecidos periapicais (ROSEN et al., 2016). Uma das possíveis implicações clínicas da sobre-extensão é a de induzir a dor pós-operatória (WONG et al., 2017).

A presença de dor após o tratamento endodôntico é comum e pode ter início horas ou dias após a conclusão do tratamento. (ATAV ATES et al., 2019). Estudos mostram diferentes porcentagens de prevalência de dor pós-tratamento endodôntico, variando de 1,9% (EL MUBARAK et al., 2010), 3% a 58% (ALONSO-EZPELETA et al., 2012) e 82,9% (GLASSMAN et al., 1989). É considerada uma resposta multifatorial e pode ser relacionada, por exemplo, com o comprimento de trabalho e o número de sessões realizadas para o tratamento (ALRAHABI et al., 2017). Ocorre principalmente devido a presença de inflamação aguda causada por injúrias químicas, mecânicas ou biológicas aos tecidos periapicais (WANG et al., 2010). A obturação do canal radicular também pode ser um fator determinante para a presença de dor pós-operatória (SATHORN et al., 2008; WANG et al., 2010).

Um estudo realizado em 2003 investigou histologicamente dentes de primatas após obturações com ou sem extravasamento de material obturador e

quatro diferentes cimentos. Os autores observaram que independentemente do cimento utilizado, todos os dentes com sobre-extensão apresentaram infiltrado inflamatório leve ou moderado à severo e reação granulomatosa ao redor das partículas de cimento. Já os dentes sem sobre-extensão, apenas 5 de 24 apresentaram infiltrado inflamatório leve à moderado (BERNÁTH & SZABÓ, 2003).

Um estudo clínico randomizado realizado com 120 dentes permanentes, com ápice completamente formado, polpa vital e indicação para tratamento endodôntico, avaliou se a idade, o tipo de dente e o sexo eram associados com uma sobre-extensão não intencional de material obturador, após o uso de duas diferentes técnicas obturadoras termoplásticas. Além disso, objetivaram determinar se a presença da sobre-extensão de material era associada a dor pós-operatória. Do total de dentes incluídos, 64 (53,3%) apresentaram sobre-extensão de material obturador. Essa sobre-extensão foi significativamente associada aos dentes anteriores. E na associação com a dor pós-operatória, os 10 dentes que apresentaram sintomatologia após o tratamento, também apresentaram sobre-extensão de material obturador. Portanto, os autores concluíram que os dentes que apresentaram sobre-extensão de material obturador também apresentaram dor após a obturação (NINO-BARRERA et al., 2018). Esse achado corrobora com outros estudos clínicos randomizados que também analisaram a associação entre a sobre-extensão de material obturador com a maior incidência de dor pós-operatória (DEMIRCI et al., 2016; LOPES et al., 2019; SONG et al., 2022).

Já Sadaf e colaboradores em 2014, analisaram a dor pós terapia endodôntica e suas associações com fatores clínicos como sexo, idade, tipo de dente, diagnóstico pulpar, dor pré-operatória, comprimento da obturação e extrusão de cimento. Foram avaliados 140 pacientes que necessitavam tratamento endodôntico em molares e pré-molares. Os canais foram obturados através da técnica da condensação lateral. Um total de 42,9% dos pacientes apresentou dor pós-operatória, mas não houve associação significativa entre o comprimento da obturação e o extravasamento de cimento, com a presença de dor pós-operatória (SADAF et al., 2014). Da mesma forma, em 2019, Atav Ates e colaboradores compararam a presença de dor pós-operatória com a presença

de sobre-extensão de material obturador, em um estudo clínico randomizado com 160 dentes. Os autores não encontraram correlação entre a sobre-extensão e a maior incidência de dor pós-operatória (ATAV ATES et al., 2019).

Outro fator que precisa ser mais bem estudado, pois não parece existir consenso entre os estudos clínicos randomizados já publicados, é com relação à sobre-extensão de material obturador e sua associação com a ocorrência de dor pós-operatória.

Para elucidar tais questionamentos, a presente tese foi dividida em três capítulos. O primeiro capítulo tratou de investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento nas propriedades de escoamento, alteração dimensional, solubilidade e pH, dos cimentos Bio-C Sealer (ANGELUS), BioRoot RCS (SEPTODONT) Endomethasone N (SEPTODONT) e AH Plus Jet (DENTSPLY). O segundo capítulo buscou investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento na resistência de união de três cimentos endodônticos à dentina do canal radicular, por meio do teste de *push-out*. E por fim, o terceiro capítulo realizou uma revisão sistemática com o intuito de responder a seguinte pergunta de pesquisa: a sobre-extensão aumenta a incidência de dor pós-operatória?

2 PROPOSIÇÃO

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a influência da temperatura de armazenamento nas propriedades físico-químicas e resistência de união à dentina de diferentes cimentos endodônticos e os efeitos da sobre-extensão da obturação na incidência de dor pós-operatória.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Investigar a influência de diferentes temperaturas de armazenamento de cimentos endodônticos nas propriedades de escoamento, alteração dimensional, solubilidade e pH desses materiais.

2.2.2 Investigar, por meio do teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (*push-out*), a influência da temperatura de armazenamento de cimentos endodônticos na resistência de união desses cimentos à dentina radicular.

2.2.3 Revisar sistematicamente a literatura e responder a seguinte pergunta de pesquisa: a sobre-extensão de material obturador aumenta a incidência de dor pós-operatória?

2.3 HIPÓTESE DOS ESTUDOS EXPERIMENTAIS

A hipótese nula testada foi de que as diferentes temperaturas de armazenamento dos cimentos não afetariam as propriedades de escoamento, alteração dimensional, solubilidade e pH dos mesmos, bem como não teriam influência na resistência de união desses cimentos à dentina radicular.

3 ARTIGO 1

Efeito de diferentes temperaturas de armazenamento no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade e no pH de cimentos endodônticos

Daniela Peressoni Vieira Schuldt¹, DDS, Msc.

Cleonice da Silveira Teixeira¹, DDS. Msc, PhD.

¹Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Artigo formatado conforme normas do periódico **International Endodontic Journal**

(acessado em: 10 de novembro de 2022).

Resumo

Objetivo Investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade e no pH de quatro cimentos endodônticos.

Metodologia Os cimentos BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet, permaneceram por 30 dias em temperaturas controladas de 5°C, 20°C ou 35°C. O teste de escoamento foi baseado nas normas ISO 6876 (2012). Para os testes de alteração dimensional e solubilidade, as amostras foram confeccionadas conforme metodologia previamente descrita (Carvalho-Júnior *et al.* 2007) e a avaliação conforme as normas ISO 6876 (2002, 2012). A avaliação do pH se deu pela análise da água, na qual cada disco utilizado no teste de solubilidade foi individualmente imerso. Com exceção do escoamento, as demais propriedades foram avaliadas após 24h, 7d, 14d e 30d. A análise estatística foi realizada através dos testes de Kruskal-Wallis e *post hoc* de Dunn ($p = 0,05$) para comparação entre as condições de armazenamento e, ANOVA de Friedman e *post hoc* de Durbin-Conover ($p = 0,05$) para comparação entre os tempos de avaliação.

Resultados Com relação ao escoamento, apenas o cimento AH Plus Jet apresentou diferença estatisticamente significativa entre as temperaturas de armazenamento, com menor escoamento quando armazenado à 5°C (14,6 mm) ($p = 0,0273$). Todos os cimentos testados apresentaram, em pelo menos um dos critérios avaliados, valores de expansão maiores do que preconizado pela norma ISO 6876 (2002). Na solubilidade úmida, apesar haver diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento ($p < 0,05$), todos os cimentos permaneceram dentro do máximo de 3% de perda de massa preconizado pela norma ISO 6876 (2012). Os cimentos biocerâmicos apresentaram altos valores de pH, independentemente da temperatura de armazenamento.

Conclusão As diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram na alteração dimensional, na solubilidade e no pH dos cimentos BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet. Ainda, o escoamento do cimento AH Plus Jet foi influenciado quando armazenado à 5°C.

Palavras-chaves: Cimentos endodônticos, Propriedades físico-químicas, BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer, AH Plus.

Abstract

Aim To investigate the influence of three different storage temperatures on the flow, dimensional change, solubility, and pH of four endodontic sealers.

Methodology The sealers BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer, and AH Plus Jet remained for 30 days at controlled temperatures of 5°C, 20°C, or 35°C. The flow test was based on ISO 6876 (2012) standards. For the dimensional change and solubility tests, the samples were prepared according to a methodology previously described (Carvalho-Júnior et al. 2007) and the evaluation according to the ISO 6876 standards (2002, 2012). The pH evaluation was carried out by analyzing the water, in which each disc used in the solubility test was individually immersed. Except for flow, the other properties were evaluated after 24h, 7d, 14d and 30d. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis and Dunn's post hoc tests ($p = 0.05$) for comparison between storage conditions and Friedman's ANOVA and post hoc of Durbin-Conover ($p = 0.05$) for comparison between evaluation times.

Results Regarding flow, only AH Plus Jet showed a statistically significant difference between storage temperatures, with lower flow when stored at 5°C (14.6 mm) ($p = 0.0273$). All the tested sealers showed, at least at one of the investigated points, expansion beyond the recommended by ISO 6876 (2002). In terms of solubility, despite the statistical difference between storage temperatures ($p < 0.05$), all sealers remained within the maximum of 3% mass loss recommended by ISO 6876 (2012). The bioceramic sealers showed high pH values, regardless of the storage temperature.

Conclusion The different storage temperatures influenced the dimensional change, solubility, and pH of BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer and AH Plus Jet cements. Furthermore, the flow of AH Plus Jet cement was influenced when storage at 5°C.

Keywords: Endodontic sealers, Physical-chemical properties, BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer, AH Plus.

Introdução

Os cimentos endodônticos devem apresentar propriedades físico-químicas apropriadas visto que a obturação do sistema do canal radicular é fundamental para o sucesso em longo prazo do tratamento endodôntico (Celikten *et al.* 2019). A alteração dimensional e a solubilidade, por exemplo, podem comprometer o selamento (Cavenago *et al.* 2014). Um escoamento apropriado permite que o material preencha as estruturas anatômicas internas do sistema de canais radiculares (Candeiro *et al.* 2012), obturando canais acessórios (Duarte *et al.* 2010). E o pH dos cimentos pode ser um fator importante no reparo, pois um pH alcalino está associado a efeitos antimicrobianos e a deposição de tecido mineralizado (Mchugh *et al.* 2004; Okabe *et al.* 2006).

Diversos estudos já investigaram a influência do aquecimento nas propriedades físico-químicas dos cimentos endodônticos simulando as temperaturas atingidas durante as técnicas obturadoras, e encontraram que o calor gerado pode afetar as propriedades físico-químicas dos cimentos usados na obturação com termoplastificação (Camilleri 2015; Qu *et al.* 2016; Heran *et al.* 2019; Donnermeyer *et al.* 2020; Chavarria-Bolanos *et al.* 2022). O cimento AH Plus quando aquecido exibiu maior escoamento e maior espessura de filme (Camilleri 2015), assim como o BioRoot RCS teve suas propriedades afetadas quando termicamente tratado (Donnermeyer *et al.* 2021). Contudo, até o momento, apenas um estudo buscou investigar o efeito que a temperatura de armazenamento poderia ter nas propriedades físico-químicas dos materiais endodônticos, focando seus objetivos na análise de cones de guta-percha e cones de resilon (Khedmat *et al.* 2013). Os autores observaram que as diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nas propriedades investigadas (Khedmat *et al.* 2013).

Em muitos países existem regiões nas quais a temperatura média no verão pode ultrapassar os 30°C e os cimentos endodônticos acabam sendo expostos a temperaturas inadequadas, as quais não se enquadram nas recomendações de temperatura de armazenamento fornecidas pelos fabricantes. O cimento BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés,

Cedex, França) deve ser armazenado em temperatura inferior à 30°C. O cimento Endomehtasone N (Septodont) deve ser conservado a uma temperatura inferior à 25°C (Septodont). Já o cimento Bio-C Sealer (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) deve ser armazenado entre 15 e 30°C. E por último, o AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA) deve ser armazenado em temperatura a partir de 10°C até 24°C (Dentsply).

Diante da literatura analisada e considerando o “gap” existente sobre o assunto, o objetivo do presente estudo foi investigar a influência de diferentes temperaturas de armazenamento no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade e no pH dos cimentos obturadores BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet. A hipótese nula testada foi que as diferentes temperaturas de armazenamento não afetariam o escoamento, a alteração dimensional, a solubilidade e o pH dos cimentos.

Materiais e Métodos

Grupos experimentais

Para a realização deste trabalho, os seguintes cimentos obturadores foram utilizados: BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex, França), Endomethasone N (Septodont), Bio-C Sealer (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) e AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA) (Tabela 1). A quantidade de amostras foi determinada conforme as normas da Organização Internacional para Padronização (ISO) 6876 de 2002 e 2012.

Previamente a realização do teste, os cimentos foram mantidos durante 30 dias em três diferentes temperaturas de armazenamento e divididos em três grupos conforme o descrito na Tabela 2. O controle da temperatura dos ambientes de armazenamento se deu através de termômetro próprio para ambientes laboratoriais com leitura de -20°C à 150°C (ACC001CFC, Thermco Products Inc., Lafayette, NJ, USA). Ainda, para garantir a padronização dos resultados, os cimentos adquiridos foram sempre do mesmo lote.

Crítérios para a realização dos testes

Para o teste de escoamento, a metodologia empregada, assim como a sua avaliação, foi baseada nas normas da ISO 6876 de 2012. Para os testes de alteração dimensional e solubilidade, as amostras foram confeccionadas conforme a norma ISO 6876 (2002,2012) e alterações propostas por Carvalho-Júnior *et al.* (2007). Os resultados foram avaliados conforme as normas da ISO 6876 (2002; 2012), visto que a metodologia para o teste de alteração dimensional encontra-se apenas nas normas ISO 6876 de 2002.

Para todos os testes realizados, os cimentos Bio-C Sealer e AH Plus Jet foram diretamente inseridos em seus respectivos moldes, com as pontas injetoras advindas da própria embalagem, como especificado pelo fabricante de cada cimento. Já, os cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N foram proporcionados e manipulados conforme a recomendação do fabricante, e posteriormente inseridos em seus respectivos moldes.

Previamente a realização dos testes, os cimentos foram removidos das diferentes temperaturas de armazenamento e permaneceram em temperatura ambiente de 24°C, controlada por ar-condicionado.

Escoamento

Para o teste, uma medida de $0,05 \pm 0,005$ mL do cimento testado foi individualmente disposta em uma placa de vidro (40x40x5mm). Para os cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N, cronometrando um tempo de 180 ± 5 segundos após o início da manipulação, outra placa de vidro com massa de 20 ± 2 g e um peso com 100g foram delicadamente aplicados sobre o cimento. Após dez minutos do início do teste, a carga foi removida e os diâmetros máximo e mínimo foram obtidos com um paquímetro digital (Starrett Série 727, Starrett, Itu, Brasil). Para os cimentos Bio-C Sealer e AH Plus Jet o tempo de 180 ± 5 segundos foi cronometrado após a disposição do cimento sobre a placa, e os mesmos passos descritos acima foram seguidos. Os diâmetros não poderiam ultrapassar 1 mm de diferença. Quando os diâmetros máximo e mínimo não estavam uniformemente circulares ou excediam 1 mm de diferença, o teste foi repetido. O teste foi realizado em triplicata e a média atingida nas três medições dos diâmetros máximo e mínimo foi utilizada.

Alteração Dimensional após a presa

Para cada grupo de cimento foram confeccionadas seis amostras cilíndricas, a partir de moldes de teflon com dimensões de 3,58 mm de altura por 3,0 mm de diâmetro. Os moldes foram colocados sobre uma lâmina de vidro envolta em uma fina lâmina de papel celofane, e foram preenchidos com os cimentos de tal modo que houvesse um ligeiro excesso de material sobre a extremidade superior dos moldes. Uma nova lâmina de vidro também envolta por uma lâmina de papel celofane foi posicionada sobre a superfície superior do molde. Todo o conjunto formado foi mantido firmemente unido por um grampo em forma de “C” e armazenado em estufa a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa de 100% por três vezes o tempo de presa descrito pelo fabricante de cada cimento.

A superfície dos cimentos foi regularizada com lixa d'água 600 (3M, São Paulo, SP, Brasil) sob irrigação com água destilada. Em seguida, as amostras de cada grupo foram retiradas de seus moldes, o excesso de água foi removido e os cilindros tiveram seus comprimentos após presa (C) medidos com um paquímetro analógico (Mitutoyo MTI Corporation, Tóquio, Japão). Logo após, os cilindros foram colocados em recipientes individuais contendo 2,24 ml de água destilada, identificados pelo grupo e número da amostra, e mantidos em estufa a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 24h (C_{24h}), 7 dias (C_{7d}), 14 dias (C_{14d}) e 30 dias (C_{30d}). Decorrido cada período, uma nova medição dos comprimentos foi realizada.

A alteração dimensional (ALT) foi calculada pela seguinte fórmula $[(C_{\text{FINAL}} - C) / C] \times 100$, onde C_{FINAL} = comprimento das amostras decorridos os períodos experimentais de 24h, 7 dias, 14 dias e 30 dias e C = comprimento inicial da amostra após presa.

Solubilidade

Para cada grupo, foram utilizados seis anéis de teflon medindo 1,5 mm de espessura e 7,75 mm de diâmetro interno. Os anéis foram colocados em uma placa de vidro, coberta com papel celofane, e preenchidos com os diferentes cimentos. Em seguida, uma nova placa de vidro de mesma dimensão, coberta com celofane, foi colocada em cima dos anéis. O conjunto foi mantido estável por um grampo em forma de “C”, em temperatura controlada de $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ e

umidade relativa de 100%, por três vezes o tempo de presa descrito pelo fabricante de cada cimento.

Foi realizada a remoção dos excessos e resíduos com uma lixa d'água 600 (3M) e irrigação com água destilada. O excesso de água foi absorvido com guardanapos de papel e os anéis foram pesados em uma balança de precisão (Mettler PE 160, Mettler-Toledo, Barueri, Brasil), encontrado o peso úmido inicial (PU_0). Após a pesagem, os anéis foram colocados em dessecador com sílica, onde permaneceram por 24h e depois, cada anel foi submetido à nova pesagem, obtendo-se o peso desidratado inicial (PD_0). Após, cada anel foi individualmente suspenso por um fio de nylon, colocados no interior de recipientes plásticos individualizados contendo 7,5 ml de água destilada e reconduzidos à estufa a 37°C.

A sequência de armazenamento, pesagem úmida e seca foi repetida após 24h (PU_{24h} e PD_{24h}), 7 dias (PU_{7d} e PD_{7d}), 14 dias (PU_{14d} e PD_{14d}) e 30 dias (PU_{30d} e PD_{30d}). A solubilidade dos cimentos correspondeu à perda de peso de cada amostra, expressa como percentual do peso perdido em comparação ao peso original.

pH

Para o teste, o pH da água, na qual cada disco foi individualmente imerso durante o teste de solubilidade, foi medido nos períodos de 24h, 7 dias, 14 dias e 30 dias (pH_{24h} , pH_{7d} , pH_{14d} e pH_{30d} , respectivamente). As medições foram realizadas por meio de um pHmetro (Micronal, PH-1700, São Paulo, SP, Brasil) calibrado de acordo com soluções tampão (pH 4,0 e 7,0) e temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$, mantida constante por ar-condicionado.

Análise Estatística

Os dados foram analisados estatisticamente através do software IBM SPSS 25 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). A influência da temperatura de armazenamento nos testes de escoamento, alteração dimensional e solubilidade foram acessados pelo teste de Kruskal-Wallis e *post hoc* de Dunn, e a comparação entre os tempos de avaliação pelos testes ANOVA de Friedman e *post hoc* de Durbin-Conover. As medidas de pH foram comparadas entre as

diferentes temperaturas de armazenamento e períodos através do teste ANOVA e *post hoc* de Tukey.

Resultados

Os resultados do presente estudo estão descritos abaixo e sumarizados na Tabela 3 (escoamento), Tabela 4 (alteração dimensional), Tabela 5 (solubilidade úmida), Tabela 6 (solubilidade seca) e Tabela 7 (pH).

Escoamento

Apenas o cimento AH Plus Jet apresentou diferença estatisticamente significativa entre as temperaturas de armazenamento, com menor escoamento quando armazenado à 5°C (14,6 mm) ($p = 0,0273$), não atingindo o escoamento mínimo de 17 mm preconizado pela norma ISO 6876 de 2012 (ISO, 2012), também quando armazenado à 35°C. O cimento Bio-C Sealer foi o que apresentou os maiores valores de escoamento.

Alteração Dimensional

A alteração dimensional do cimento BioRoot RCS não apresentou diferença significativa entre as temperaturas de armazenamento, houve diferença apenas após 7 e 14 dias para os cimentos armazenados à 5°C ($p = 0,0166$) ou 35°C ($p = 0,0446$), havendo maior expansão nesses períodos. O cimento Endomethasone N quando armazenado à 5°C, apresentou valores progressivos de expansão a partir do sétimo dia, apresentando diferença estatística entre as demais temperaturas de armazenamento e períodos ($p = 0,0006$). Também apresentou expansão progressiva após 14 e 30 dias ($p = 0,0175$) quando armazenado à 35°C. O cimento Bio-C Sealer armazenado à 5°C apresentou valores de expansão significativamente mais altos quando comparado aos cimentos de 20°C e 35°C em todos os períodos ($p_{24h} = 0,0028$; $p_{7d} = 0,0257$; $p_{14} = 0,0395$; $p_{30d} = 0,033$). Quando armazenados à 35°C houve diferença estatística entre o período de 24h e os demais períodos ($p = 0,0152$). Por fim, o cimento AH Plus Jet armazenado à 35°C apresentou valores estatisticamente maiores do que os cimentos armazenados à 20°C e comparáveis aos cimentos armazenados à 5°C ($p_{24h} = 0,0424$; $p_{7d} = 0,0221$; $p_{14d} = 0,0422$; $p_{30d} = 0,0226$), mantendo-se estáveis nos diferentes períodos

($p = 0,8791$). Todos os cimentos apresentaram valores acima do preconizado pelas normas ISO 6876 (2002) em pelo menos um dos critérios avaliados.

Solubilidade (peso úmido)

O cimento BioRoot RCS perdeu massa em todos os períodos avaliados, independentemente da temperatura de armazenamento, onde, de modo geral, a solubilidade aumentou com o passar do tempo, principalmente para o cimento armazenado à 20°C ($p = 0,0009$). O cimento Endomethasone N armazenado à 5°C foi estatisticamente diferente do cimento armazenado à 20°C após 24h, 7d e 14d e do cimento armazenado à 35°C após 24h e 14 d ($p_{24h} = 0,0034$; $p_{7d} = 0,0021$; $p_{14d} = 0,0021$), com maior ganho de massa. O cimento Bio-C Sealer apresentou predominância de ganho de massa e pouca foi a influência das diferentes temperaturas de armazenamento e dos períodos na solubilidade do cimento. O cimento AH Plus Jet apresentou ganho de massa em todos os critérios avaliados. Após 24h e 7d o cimento armazenado à 20°C apresentou menor ganho de massa do que os demais cimentos ($p_{24h} = 0,0458$; $p_{7d} = 0,0388$). Com relação aos períodos, todos os cimentos apresentaram tendência ao ganho de massa com o passar do tempo. Todos os cimentos permaneceram dentro do máximo de 3% de perda de massa preconizado pela norma ISO 6876 (2012).

Solubilidade (peso seco)

Assim como na pesagem úmida, o cimento BioRoot RCS perdeu peso com o passar dos períodos em todas as temperaturas de armazenamento. O cimento Endomethasone N teve predomínio de perda de massa com tendência a maior perda de massa com o passar do tempo, para os cimentos armazenados à 5°C ($p = 0,001$) e 35°C ($p = 0,0072$). O cimento Bio-C Sealer também apresentou perda de massa e tendência ao aumento crescente da solubilidade com o passar dos períodos, para todas as temperaturas ($p_{5°C} = 0,0046$; $p_{20°C} = 0,0037$ e $p_{35°C} = 0,0023$). Nesta avaliação, o grupo armazenado à 20°C foi o que apresentou maior grau de solubilidade, sendo estatisticamente diferente do grupo armazenado à 5°C em todas os períodos avaliados ($p = 0,0025$; $p = 0,0019$; $p = 0,0010$; $p = 0,0019$; respectivamente). Ainda, na avaliação de 14 dias e 30 dias, o cimento armazenado à 20°C apresentou valores de solubilidade

acima do recomendado pela norma ISO 6876 (2012). O cimento AH Plus Jet apresentou leve predomínio de ganho de massa e, quando armazenado à 20°C e à 35°C manteve-se estável em todos os períodos avaliados. O cimento armazenado à 5°C apresentou maior ganho de massa, comparado ao cimento armazenado à 20°C, após 24h, 14d e 30d ($p = 0,0012$; $p = 0,0045$; e $p = 0,0029$; respectivamente).

pH

O cimento BioRoot RCS armazenado à 5°C apresentou valores de pH estatisticamente mais baixos do que os demais cimentos ($p_{24h} = 0,0026$; $p_{7d} = 0,0093$; $p_{30d} = 0,0068$) e manteve-se estável nos diferentes períodos avaliados. Os cimentos armazenados à 20°C apresentaram valores decrescentes de pH nos diferentes períodos avaliados, apresentando diferença estatística entre os períodos ($p < 0,0001$). O pH cimento Endomethasone N quase não sofreu influência diante das diferentes temperaturas, havendo diferença estatística apenas no período de 30 dias para os cimentos armazenados à 5°C, com valores mais baixos ($p = 0,0022$). O cimento Bio-C Sealer não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os valores de pH nas diferentes temperaturas de armazenamento. No entanto, apresentou valores decrescentes com o passar dos períodos para todas as temperaturas de armazenamento ($p < 0,0001$). Finalmente, o pH do cimento AH Plus Jet foi pouco influenciado pelas diferentes temperaturas de armazenamento, onde apenas após 30 dias o cimento armazenado à 5°C foi estatisticamente diferente do cimento armazenado à 20° ($p = 0,0161$). Com relação aos períodos, o cimento manteve-se estável em todos os períodos avaliados.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento no escoamento, na alteração dimensional, na solubilidade e no pH dos cimentos obturadores BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet. A hipótese nula testada foi rejeitada visto que as diferentes temperaturas de armazenamento dos cimentos afetaram as propriedades investigadas.

O escoamento foi a propriedade menos afetada pelas diferentes temperaturas de armazenamento, onde apenas o cimento AH Plus Jet apresentou diferença estatisticamente significativa entre as temperaturas. O cimento BioRoot RCS apresentou valores de escoamento similares a outros estudos, em torno de 21/22 mm (Heran *et al.* 2019, Donnermeyer *et al.* 2021). O cimento Endomethasone N apresentou valores de escoamento um pouco menores do que estudos prévios (Qu *et al.* 2016; Donnermeyer *et al.* 2020), mas ainda dentro do mínimo de 17 mm recomendado pela norma ISO 6876 (ISO, 2012), e não foi influenciado pelas temperaturas. O Bio-C Sealer apresentou os maiores valores de escoamento dentre os cimentos testados, seguindo a literatura (Zordan-Bronzel *et al.* 2019). O cimento AH Plus Jet apresentou valores estatisticamente diferentes (14,6 mm) quando armazenado à 5°C, não enquadrando-se no mínimo de 17 mm recomendado pela norma ISO 6876 (ISO, 2012). Estudos que aqueceram o cimento AH Plus têm observado que o aquecimento pode influenciar no escoamento (Camilleri 2015; Qu *et al.* 2016; Heran *et al.* 2019). É possível que o armazenamento em temperaturas mais baixas também influencie no escoamento dos cimentos. El-Maksoud *et al.* em 2023, investigaram o efeito do armazenamento de resinas compostas em geladeira (4°-5°C) e observaram que a refrigeração causou efeitos deletérios no grau de conversão das resinas, fator que influencia nas propriedades do material (Castro *et al.* 2013).

A alteração dimensional de todos os cimentos foi afetada pelas temperaturas de armazenamento e/ou pelos períodos investigados. De modo geral, nenhum dos cimentos se enquadrou nas normas ISO 6876 (2002), que preconiza uma contração máxima de 1% e expansão máxima de 0,1% em pelos menos uma das variáveis investigadas. Os cimentos BioRoot RCS e Bio-C Sealer apresentaram predomínio de expansão. Valores similares de expansão já foram encontrados para outros biocerâmicos em estudo com mesma metodologia (Torres *et al.* 2019). O cimento Endomethasone N apresentou expansão em todos as temperaturas e períodos avaliados. Embora com valores ligeiramente mais altos, Marín-Bauza *et al.* em também observou expansão do cimento após 30 dias. O cimento AH Plus armazenado à 35°C apresentou valores altos de alteração dimensional. Já para as demais temperaturas a expansão foi até um pouco menor do que o encontrado na literatura (Marín-

Bauza *et al.* 2012). Camilleri em 2015 observou que o cimento AH Plus perde grupamentos amina quando aquecido. Além disso, mudanças nas propriedades físicas e químicas desse cimento durante a termocompactação de guta-percha já foram observadas (Viapiana *et al.* 2015).

O cimento BioRoot RCS apresentou perda de massa nas pesagens úmidas e secas. Já o outro biocerâmico, Bio-C Sealer apresentou ganho de massa nas pesagens úmidas e perda de massa nas pesagens secas. Ambos mantendo-se dentro do máximo de 3% de solubilidade preconizado pela norma ISO 6876 de 2012 na maioria das avaliações. Valores mais altos de solubilidade, no entanto, já foram encontrados para os cimentos biocerâmicos, atribuído ao fato de serem hidrofílicos (Siboni *et al.* 2021). O cimento Endomethasone N é um cimento hidrofóbico (Siboni *et al.* 2021) e, portanto, apenas uma leve perda de massa na pesagem seca e um leve ganho de massa na pesagem úmida (menos de 1% em ambas) foram observados, mantendo-se dentro da norma preconizada (ISO 6875, 2012) e no encontrado na literatura (Marín-Bauza *et al.* 2012). O cimento AH Plus Jet apresentou valores mais altos de solubilidade quando armazenado à 5°C e 35°C quando comparado ao cimento armazenado à 20°C. No entanto, mantiveram-se próximos à 1% como encontrado anteriormente (Antunes *et al.* 2021; Siboni *et al.* 2021) e do máximo de 3% preconizado pela norma ISO 6876 de 2012.

Com relação ao pH, o cimento BioRoot RCS obteve valores altos de pH em torno de 11 e 10, independentemente da temperatura de armazenamento e do período avaliado. Siboni *et al.* em 2017 também encontraram valores similares de pH para o mesmo cimento, reduzindo apenas após 28 dias. O cimento Endomethasone N, apesar de pequenas diferenças nos valores entre os períodos, apresentou de modo geral, valores dentro da neutralidade (entre 6,22 e 7,56), como já demonstrado anteriormente (Lucas *et al.* 2017; Siboni *et al.* 2021). O cimento Bio-C Sealer apresentou valores de pH em torno de 11 após 24h e 7 dias, reduzindo para cerca de 10 após 14 dias e 8 após 30 dias, independentemente da temperatura de armazenamento. Estudo prévio também encontrou valores extremamente similares com pH médio de 12 após 24hs e 11 após 7 dias e 14 dias, também reduzindo para 8 após 28 dias (Siboni *et al.* 2017). Valores de pH tão altos, no entanto, não foram encontrados em estudos anteriores, onde o máximo foi 8,11 após 24 h e 9,9 após 14 dias para o mesmo

cimento (Torres *et al.* 2019; Zordan-Bronzel *et al.* 2019). O pH do cimento AH Plus Jet manteve-se praticamente estável durante todo o experimento. Esse mesmo comportamento já foi encontrado previamente na literatura onde o pH do AH Plus não teve alteração significativa nos valores de pH com o passar dos períodos (Antunes *et al.* 2021; Zordan-Bronzel *et al.* 2019) e manteve-se em torno da neutralidade, cerca de 7, assim como no presente estudo (Siboni *et al.* 2017; Antunes *et al.* 2021).

Conclusão

Dentro da limitação do presente estudo, pode-se concluir que as diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nas propriedades físico-químicas dos cimentos testados, onde o cimento mais afetado foi o AH Plus Jet. É importante ressaltar que, de modo geral, os cimentos que foram armazenados em temperatura de 20°C, temperatura dentro da recomendação de todos os fabricantes, apresentaram bons resultados. Novos estudos que investiguem a influência de diferentes temperaturas de armazenamento nas propriedades e no desempenho de cimentos endodônticos precisam ser realizados.

Referências

Angelus Science and Technology, 2013. Bio-C Sealer Bioceramic Root Canal Sealer. Scientific Profile. Available online: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/Bio-C-Sealer-Technical-Scientific-Profile-Angelus.pdf> (Acessado em 6 de abril de 2023).

Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE, Abuna GF, Paiva EM, Sinhoreti MAC, et al. Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J.* 2021;54(7):1175-88.

Bernardi A, Bortoluzzi EA, Felipe WT, Felipe MC, Wan WS, Teixeira CS. Effects of the addition of nanoparticulate calcium carbonate on setting time, dimensional change, compressive strength, solubility and pH of MTA. *Int Endod J.* 2017;50(1):97-105.

Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *J Endod.* 2015;41(7):1139-45.

Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2012;38(6):842-5.

Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoreti MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *J Endod.* 2007;33(9):1110-6.

Castro FL, Campos BB, Bruno KF, Reges RV. Temperature and curing time affect composite sorption and solubility. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(2):157-62.

Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2014;47(2):120-6.

Celikten B, Jacobs R, de Faria Vasconcelos K, Huang Y, Shaheen E, Nicolielo LFP, et al. Comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on blooming artifacts in human teeth filled with bioceramic sealers. *Clin Oral Investig.* 2019;23(8):3267-73.

Chavarria-Bolanos D, Komabayashi T, Shen I, Vega-Baudrit J, Gandolfi MG, Prati C, et al. Effects of heat on seven endodontic sealers. *J Oral Sci.* 2022;64(1):33-9.

Dentsply Sirona, 2023. AH Plus Jet Root Canal Sealer. Scientific Profile. Available online: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/pim/manufacturer/Endodontics/Obturation_Materials_and_Instruments/Sealers/AH_Plus___AH_Plus_Jet/AHPlusJet_IFU.pdf (Acessado em 6 de abril de 2023).

Donnermeyer D, Ibing M, Burklein S, Weber I, Reitze MP, Schafer E. Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. *Materials (Basel).* 2021;14(4).

Donnermeyer D, Urban K, Burklein S, Schafer E. Physico-chemical investigation of endodontic sealers exposed to simulated intracanal heat application: epoxy resins and zinc oxide-eugenols. *Int Endod J*. 2020;53(5):690-7.

Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Bernardes RA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. *J Endod*. 2010;36(6):1048-51.

El-Maksoud OA, Hamama HHH, Wafaie RA, El-Wassefy N, Mahmoud SH. Effect of shelf-storage temperature on degree of conversion and microhardness of composite restorative materials. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):57.

Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson PL, Camilleri J. The single cone obturation technique with a modified warm filler. *J Dent*. 2019;89:103181.

International Organization for Standardization. Dentistry – Root Canal Sealing Materials. ISO 6876. Geneva: International Organization for Standardization; 2002.

International Organization for Standardization. Dentistry – Root Canal Sealing Materials. ISO 6876. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.

Khedmat S, Aghajani F, Zaringhalam S. The effect of storage temperature on mechanical properties of gutta-percha and resilon. *J Dent (Tehran)*. 2013;10(6):548-53.

Lucas CP, Viapiana R, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical Properties and Dentin Bond Strength of a Tricalcium Silicate-Based Retrograde Material. *Braz Dent J*. 2017;28(1):51-6.

Marin-Bauza GA, Silva-Sousa YT, da Cunha SA, Rached-Junior FJ, Bonetti-Filho I, Sousa-Neto MD, et al. Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(4):455-61.

McHugh CP, Zhang P, Michalek S, Eleazer PD. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. *J Endod*. 2004;30(4):218-9.

Okabe T, Sakamoto M, Takeuchi H, Matsushima K. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. *J Endod*. 2006;32(3):198-201.

Qu W, Bai W, Liang YH, Gao XJ. Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. *J Endod*. 2016;42(12):1829-33.

Septodont, 2010. BioRoot RCS Bioactive mineral root canal sealer. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodontusa.com/wp-content/uploads/2022/11/BioRoot-SDS.pdf?x22685> (Acessado em 6 de abril de 2023).

Septodont, 2010. Endomethasone N Cimento Endodôntico para selamento dos canais radiculares. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodont.com.br/sites/br/files/202007/Bula%20Endomethasone%20-%20S%2005%2035%20086%2036%2000.pdf> (Acessado em 6 de abril de 2023).

Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J*. 2017;50 Suppl 2:e120-e36.

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.

Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J*. 2015;48(1):16-27.

Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*. 2013;39(10):1281-6.

Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chavez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod*. 2019;45(10):1248-52.

Tabelas

Tabela 1. Cimentos utilizados, sua composição e número de lote.

Cimento	Composição	Lote
<i>BioRoot RCS</i>	Pó: Silicato de tricálcio, óxido de zircônia, povidona. Líquido: Cloreto de cálcio dihidratado, areo, água purificada.	B25218
<i>Endomethasone N</i>	Acetato de hidrocortisona, excipientes (Iodeto de timol, sulfato de bário, óxido de zinco e estearato de magnésio)	Pó: 2004859501 Líquido: B23825AA
<i>Bio-C Sealer</i>	Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, óxido de cálcio, óxido de zircônia, óxido de silício, polietilenoglicol, óxido de ferro	54288
<i>AH Plus Jet</i>	Pasta A (cor âmbar): resina epóxi Bisphenol-A, resina epóxi Bisphenol-F, Tungstato de cálcio, Óxido de zircônio, Sílica, Pigmentos de óxido de ferro. Pasta B (cor branca): Dibenzylldiamine, Aminoadamantane, Tricyclodecane-diamine, Tungstato de cálcio, Óxido de zircônio, Sílica, Óleo de silicone.	2112000747

Tabela 2. Grupos formados de acordo com o cimento testado (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet) e condição de armazenamento (5°C, 20°C ou 35°C).

Cimento	Condição de armazenamento	Temperatura de armazenamento
<i>BioRoot RCS</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C
<i>Endomethasone N</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C
<i>Bio-C Sealer</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C
<i>AH Plus Jet</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C

Tabela 3. Valores de escoamento (mediana) para os cimentos testados (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet) e a condição de armazenamento (5°C, 20°C ou 35°C).

Cimento	Condição de armazenamento	ESCOAMENTO (mm) – mediana (desvio interquartilico)
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	19,57 (4,1) ^A
	20°C	22,66 (0,81) ^A
	35°C	21,86 (0,9) ^A
	p-valor	0,6703
<i>Endomethasone N</i>	5°C	18,95 (0,85) ^A
	20°C	21,27 (0,95) ^A
	35°C	18,65 (1,36) ^A
	p-valor	0,1931
<i>Bio-C Sealer</i>	5°C	29,86 (3,97) ^A
	20°C	25,34 (0,99) ^A
	35°C	25,93 (0,91) ^A
	p-valor	0,4857
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	14,6 (0,23) ^B
	20°C	17,22 (0,59) ^A
	35°C	15,5 (0,75) ^A
	p-valor	0,0273

Letras maiúsculas diferentes nas colunas: comparação entre as condições de armazenamento - 5°C, 20°C e 35°C (Kruskal-Wallis + *post hoc* Dunn).

Tabela 4. Valores de alteração dimensional (mediana) para os cimentos testados (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet), a condição de armazenamento (5°C, 20°C e 30°C) e os períodos avaliados.

Cimento	Temperatura de armazenamento	ALTERAÇÃO DIMENSIONAL (%) - mediana (desvio interquartilico)				
		24 h	7 d	14 d	30 d	p-valor
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	-0,28 (0,43) ^{A,a}	0,72(0,59) ^{A,b}	0,71(0,38) ^{A,b}	0,72 (1,15) ^{A,b}	0,0166
	20°C	-0,36 (0,26) ^{A,a}	0,57 (1,04) ^{A,a}	0,29 (0,4) ^{A,a}	-0,29 (1,02) ^{A,a}	0,0917
	35°C	0,29 (0,11) ^{A,a}	0,71 (0,42) ^{A,b}	0,71 (0,91) ^{A,b}	0,28 (0,28) ^{A,a}	0,0446
	p-valor	0,7151	0,8844	0,1391	0,083	-
<i>Endomethasone N</i>	5°C	0,5 (0,46) ^{A,a}	0,79 (0,46) ^{B,b}	1,65 (0,68) ^{B,c}	2,57 (1,17) ^{B,d}	0,0006
	20°C	0,07 (0,47) ^{A,a}	0,51 (0,47) ^{AB,a}	0,43 (0,22) ^{A,a}	0,79 (0,58) ^{A,a}	0,0839
	35°C	0,29 (0,22) ^{A,a}	0,29 (0,01) ^{A,a}	0,57 (0,23) ^{A,ab}	0,66 (0,25) ^{A,b}	0,0175
	p-valor	0,2454	0,0422	0,0091	0,0038	-
<i>Bio-C Sealer</i>	5°C	0,6 (0,45) ^{B,a}	1,04 (0,55) ^{B,a}	0,93 (0,82) ^{B,a}	1,47 (0,95) ^{B,a}	0,2004
	20°C	0,0 (0,0) ^{A,a}	0,0 (0,3) ^{A,a}	0,0 (0,3) ^{A,a}	0,15 (0,37) ^{A,a}	0,2971
	35°C	0,0 (0,0) ^{A,a}	0,29 (0,3) ^{AB,b}	0,29 (0,3) ^{AB,b}	0,3 (0,3) ^{A,b}	0,0152
	p-valor	0,0028	0,0257	0,0395	0,033	-
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	0,0 (0,65) ^{AB,a}	1,18 (1,05) ^{AB,b}	1,17 (0,46) ^{AB,b}	1,63 (2,43) ^{AB,b}	0,0244
	20°C	0,0 (0,0) ^{A,a}	0,58 (0,29) ^{A,ab}	0,59 (0,28) ^{A,b}	0,58 (0,89) ^{A,b}	0,0440
	35°C	4,97 (7,44) ^{B,a}	5,61 (9,8) ^{B,a}	6,89 (5,51) ^{B,a}	6,89 (4,3) ^{B,a}	0,8791
	p-valor	0,0424	0,0221	0,0422	0,0226	-

Letras minúsculas diferentes nas linhas: comparação entre os tempos de avaliação (ANOVA de Friedman + *post hoc* Durbin-Conover). Letras maiúsculas diferentes nas colunas: comparação entre as condições de armazenamento - 5°C, 20°C e 35°C (Kruskal-Wallis + *post hoc* Dunn).

Tabela 5. Valores de solubilidade úmida (porcentagem) para os cimentos testados (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet), a condição de armazenamento (5°C, 20°C e 30°C) e os períodos avaliados.

Cimento	Temperatura de armazenamento	SOLUBILIDADE (%) úmido				
		24 h	7 d	14 d	30 d	p-valor
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	-0,43 (0,07) ^{AB,a}	-0,79 (0,07) ^{B,b}	-0,43 (0,26) ^{B,a}	-0,96 (0,56) ^{A,b}	0,0181
	20°C	-0,34 (0,13) ^{A,a}	-0,57 (0,21) ^{A,b}	-0,87 (0,19) ^{A,c}	-1,09 (0,64) ^{A,c}	0,0009
	35°C	-0,88 (0,16) ^{B,a}	-0,67 (0,15) ^{AB,a}	-1,06 (0,12) ^{A,b}	-1,06 (0,24) ^{A,b}	0,0027
	p-valor	0,0189	0,0232	0,0024	0,6758	-
<i>Endomethasone N</i>	5°C	0,09 (0,06) ^{B,a}	0,36 (0,01) ^{B,b}	0,09 (0,24) ^{B,a}	0,54 (0,15) ^{A,c}	0,0016
	20°C	0,54 (0,44) ^{A,a}	0,09 (0,07) ^{A,b}	0,41 (0,3) ^{AB,a}	0,46 (0,24) ^{A,a}	0,0116
	35°C	0,45 (0,22) ^{A,a}	0,45 (0,13) ^{B,a}	0,69 (0,13) ^{A,a}	0,76 (0,28) ^{A,a}	0,0190
	p-valor	0,0034	0,0021	0,0021	0,3594	-
<i>Bio-C Sealer</i>	5°C	0,39 (0,36) ^{A,a}	0,49 (0,27) ^{A,a}	0,05 (0,07) ^{AB,b}	0,66 (0,22) ^{A,a}	0,0194
	20°C	0,08 (0,24) ^{A,a}	0,36 (0,86) ^{A,a}	-0,29 (0,29) ^{A,a}	0,0 (0,53) ^{A,a}	0,1059
	35°C	0,29 (0,58) ^{A,a}	1,28 (1,1) ^{A,a}	0,18 (0,35) ^{B,a}	0,7 (0,27) ^{A,a}	0,0954
	p-valor	0,0880	0,4538	0,0299	0,3104	-
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	0,21 (0,23) ^{B,a}	1,09 (1,24) ^{B,b}	0,04 (0,09) ^{A,a}	0,34 (0,14) ^{A,ab}	0,0293
	20°C	0,04 (0,14) ^{A,a}	0,16 (0,07) ^{A,b}	0,08 (0,26) ^{A,ab}	0,41 (0,38) ^{A,c}	0,0132
	35°C	0,29 (0,14) ^{B,a}	0,34 (0,06) ^{AB,a}	0,17 (0,16) ^{A,a}	0,62 (0,38) ^{A,b}	0,0081
	p-valor	0,0458	0,0388	0,3684	0,211	-

Letras minúsculas diferentes nas linhas: comparação entre os tempos de avaliação (ANOVA de Friedman + *post hoc* de Durbin-Conover). Letras maiúsculas diferentes nas colunas: comparação entre as condições de armazenamento - 5°C, 20°C e 35°C (Kruskal-Wallis + *post hoc* Dunn).

Tabela 6. Valores de solubilidade seca (porcentagem) para os cimentos testados (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet), a condição de armazenamento (5°C, 20°C e 30°C) e os períodos avaliados.

Cimento	Temperatura de armazenamento	SOLUBILIDADE (%) seco				
		24 h	7 d	14 d	30 d	p-valor
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	-0,98 (0,16) ^{B,a}	-1,11 (0,25) ^{A,b}	-1,56 (0,13) ^{A,c}	-2,77 (0,32) ^{A,d}	0,0004
	20°C	-0,55 (0,07) ^{A,a}	-1,57 (0,18) ^{A,b}	-2,02 (0,24) ^{A,c}	-2,83 (0,44) ^{A,d}	0,0004
	35°C	-0,85 (0,06) ^{AB,a}	-1,35 (0,1) ^{AB,b}	-1,72 (0,13) ^{AB,c}	-2,87 (0,44) ^{A,d}	0,004
	p-valor	0,0014	0,012	0,0115	0,63	-
<i>Endomethasone N</i>	5°C	0,18 (0,01) ^{B,a}	0,0 (0,0) ^{B,b}	0,0 (0,0) ^{B,b}	-0,18 (0,01) ^{A,c}	0,001
	20°C	-0,09 (0,01) ^{A,a}	-0,09 (0,07) ^{A,a}	-0,18 (0,07) ^{A,a}	-0,18 (0,07) ^{A,a}	0,3691
	35°C	0,05 (0,09) ^{AB,a}	-0,09 (0,07) ^{AB,b}	-0,05 (0,16) ^{AB,b}	-0,27 (0,01) ^{A,c}	0,0072
	p-valor	0,0005	0,0073	0,0148	0,1190	-
<i>Bio-C Sealer</i>	5°C	-1,19 (0,17) ^{B,a}	-1,44 (0,39) ^{B,b}	-1,94 (0,17) ^{B,c}	-1,94 (0,13) ^{B,c}	0,0046
	20°C	-2,51 (0,24) ^{A,a}	-2,69 (0,35) ^{A,b}	-3,14 (0,38) ^{A,c}	-3,32 (0,38) ^{A,d}	0,0037
	35°C	-1,81 (0,24) ^{AB,a}	-2,03 (0,19) ^{AB,b}	-2,39 (0,27) ^{AB,c}	-2,48 (0,27) ^{AB,d}	0,0023
	p-valor	0,0025	0,0019	0,0019	0,0019	-
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	0,17 (0,01) ^{B,a}	0,09 (0,06) ^{A,b}	0,25 (0,07) ^{B,c}	0,09 (0,06) ^{B,ab}	0,0307
	20°C	0,0 (0,06) ^{A,a}	0,0 (0,06) ^{A,a}	0,08 (0,06) ^{A,a}	0,0 (0,0) ^{A,a}	0,1244
	35°C	0,08 (0,01) ^{AB,a}	0,09 (0,01) ^{A,a}	0,08 (0,01) ^{AB,a}	0,08 (0,01) ^{AB,a}	0,8495
	p-valor	0,0012	0,0476	0,0045	0,0029	-

Letras minúsculas diferentes nas linhas: comparação entre os tempos de avaliação (ANOVA de Friedman + *post hoc* de Durbin-Conover). Letras maiúsculas diferentes nas colunas: comparação entre as condições de armazenamento - - 5°C, 20°C e 35°C (Kruskal-Wallis + *post hoc* Dunn).

Tabela 7. Valores de pH (média) para os cimentos testados (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet) a condição de armazenamento (5°C, 20°C e 30°C) e os períodos avaliados.

Cimento	Temperatura de armazenamento	pH				
		24 h	7 d	14 d	30 d	p-valor
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	11,27 ± 0,32 ^{B,a}	10,64 ± 0,42 ^{B,a}	10,84 ± 0,72 ^{A,a}	10,8 ± 0,17 ^{B,a}	0,1269
	20°C	11,81 ± 0,16 ^{A,a}	11,57 ± 0,28 ^{A,ab}	11,05 ± 0,55 ^{A,bc}	10,36 ± 0,31 ^{A,c}	<0,0001
	35°C	11,64 ± 0,12 ^{A,a}	11,02 ± 0,52 ^{AB,ab}	11,34 ± 0,57 ^{A,ab}	10,95 ± 0,33 ^{B,b}	0,0386
	p-valor	0,0026	0,0093	0,3905	0,0068	-
<i>Endomethasone N</i>	5°C	6,42 ± 0,19 ^{A,a}	6,29 ± 0,18 ^{A,a}	7,02 ± 0,2 ^{A,b}	6,37 ± 0,11 ^{B,a}	<0,0001
	20°C	6,6 ± 0,39 ^{A,a}	6,47 ± 0,19 ^{A,a}	7,17 ± 0,31 ^{A,b}	6,96 ± 0,23 ^{A,ab}	0,0029,
	35°C	6,71 ± 0,25 ^{A,a}	6,22 ± 0,28 ^{A,b}	7,56 ± 0,52 ^{A,c}	6,8 ± 0,33 ^{A,a}	0,0001
	p-valor	0,2511	0,1635	0,0648	0,0022	-
<i>Bio-C Sealer</i>	5°C	11,33 ± 0,26 ^{A,a}	11,17 ± 0,34 ^{A,a}	9,47 ± 0,56 ^{A,b}	8,29 ± 0,2 ^{A,c}	<0,0001
	20°C	11,32 ± 0,12 ^{A,a}	11,21 ± 0,27 ^{A,a}	10,12 ± 0,4 ^{A,b}	8,27 ± 0,04 ^{A,c}	<0,0001
	35°C	11,18 ± 0,11 ^{A,a}	11,29 ± 0,18 ^{A,a}	10,36 ± 0,77 ^{A,b}	8,23 ± 0,19 ^{A,c}	<0,0001
	p-valor	0,375	0,7734	0,0876	0,8511	-
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	7,06 ± 0,36 ^{A,a}	7,48 ± 0,17 ^{A,a}	6,71 ± 0,20 ^{A,a}	7,27 ± 0,09 ^{B,a}	0,0603
	20°C	7,01 ± 0,33 ^{A,a}	7,50 ± 0,21 ^{A,a}	6,74 ± 0,30 ^{A,a}	7,44 ± 0,67 ^{A,a}	0,0735
	35°C	7,00 ± 0,47 ^{A,a}	7,53 ± 0,15 ^{A,a}	6,68 ± 0,12 ^{A,a}	7,34 ± 0,12 ^{AB,a}	0,0941
	p-valor	0,9386	0,9193	0,9088	0,0161	-

Letras minúsculas diferentes nas linhas: comparação entre os tempos de avaliação (ANOVA para dados repetidos + pós-teste de Tukey). Letras maiúsculas diferentes nas colunas: comparação entre as condições de armazenamento – 5°C, 20°C ou 35°C (ANOVA + Tukey).

4 ARTIGO 2

Efeito de diferentes temperaturas de armazenamento na resistência de união
de cimentos endodônticos à dentina do canal radicular

Daniela Peressoni Vieira Schuldt¹, DDS, Msc.

Cleonice da Silveira Teixeira¹, DDS. Msc, PhD.

¹Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Artigo formatado conforme normas do periódico **International Endodontic Journal**

(acessado em: 10 de novembro de 2022).

Resumo

Objetivo Investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento na resistência de união de cimentos endodônticos à dentina radicular.

Metodologia Um total de 81 fatias de dentina radicular com 1,0 mm de espessura foram obtidas de 50 pré-molares inferiores extraídos de humanos. Em cada fatia, três cavidades de 1,2mm de diâmetro foram realizadas paralelamente à parede do canal radicular, mantendo distância constante de 1 mm entre o cimento e entre a parede canal radicular. As cavidades foram preenchidas com os cimentos BioRoot RCS, Endomethasone N e AH Plus Jet, que haviam permanecido por 30 dias em temperaturas controladas de 5°C, 20°C ou 35°C (n=24). Após sete dias, o teste de resistência de união (RU) ao cisalhamento por extrusão (*push-out*) foi realizado em máquina universal de testes e velocidade de cruzeta de 0,5mm/min. O modo de falha foi analisado em esteomicroscópio. A análise estatística foi realizada através dos testes de Kruskal-Wallis e *post hoc* de Dunn ($p = 0,05$).

Resultados Os cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N foram afetados pelas diferentes temperaturas de armazenamento, onde os valores obtidos para os cimentos armazenados em 5°C e 35°C foram estatisticamente mais baixos quando comparados aos cimentos armazenados em 20°C ($p < 0,0001$ e $p = 0,004$, respectivamente). Já o cimento AH Plus Jet não apresentou diferença nos valores em nenhuma das temperaturas investigadas ($p = 0,098$).

Conclusão As diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nos valores de resistência de união ao cisalhamento por extrusão dos cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N, mas não influenciaram os valores encontrados para o cimento AH Plus Jet. Apesar de ser um estudo inicial, sugere-se que a temperatura de armazenamento dos cimentos seja a de 20°C.

Palavras-chaves: Cimentos endodônticos, resistência de união à dentina radicular, BioRoot RCS, Endomethasone N, AH Plus.

Abstract

Aim To investigate the influence of three different storage temperatures on the extrusion shear bond strength of endodontic sealers to root dentin.

Methodology A total of 81 slices of 1.0 mm thick root dentin were obtained from 50 mandibular human premolars. In each slice, three cavities of 1.2 mm in diameter were made parallel to the root canal wall, maintaining a constant distance of 1 mm between them, between the cementum and between the root canal walls. The cavities were filled with BioRoot RCS, Endomethasone N and AH Plus Jet cements, which had previously remained for 30 days at controlled temperatures of 5°C, 20°C or 35°C (n=24). After seven days, the bond strength shear by extrusion test (push-out) was performed in a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5mm/min. The failure mode was analyzed under a stereomicroscope. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis and Dunn's post hoc tests ($p = 0.05$).

Results BioRoot RCS and Endomethasone N sealers were affected by the different storage temperatures, where the values obtained for the sealers stored in 5°C and 35°C were statistically lower when compared to sealers stored in 20°C ($p < 0.0001$ e $p = 0.004$, respectively). On the other hand, the AH Plus Jet sealer showed no difference in values at any of the investigated temperatures ($p = 0.098$).

Conclusion The different storage temperatures influenced the bond strength shear by extrusion values of the BioRoot RCS and Endomethasone N cements but did not influence the values found for the AH Plus Jet. Although it is an initial study, the 20°C storage temperature can be suggested.

Keywords: Endodontic sealers, push-out bond strength to root dentin, BioRoot RCS, Endomethasone N, AH Plus.

Introdução

A obturação dos canais radiculares é mais comumente realizada com guta-percha juntamente com um cimento obturador (De-Deus *et al.* 2008). A guta-percha não apresenta adesão à dentina radicular (Gogos *et al.* 2004), portanto o cimento contribui para a formação de uma interface contínua e homogênea entre a obturação e a dentina radicular (Tedesco *et al.* 2018), preenchendo espaços e estabelecendo a conexão entre a guta-percha e as paredes dentinárias (Whitworth *et al.* 2005). Dessa forma, as propriedades dos cimentos endodônticos têm um impacto na qualidade final da obturação (Orstavik 2005). Estudos laboratoriais que investigam essas propriedades físico-químicas podem contribuir para um melhor entendimento do comportamento clínico desses cimentos (Zhou *et al.* 2013).

A resistência ao deslocamento é um dos parâmetros utilizados para investigar a interface adesiva entre o material obturador e a dentina radicular (Donnemeyer *et al.* 2018). O teste de *push-out* é considerado o teste padrão para investigar a resistência de união, pois mede a resistência ao cisalhamento entre a interface de duas superfícies e mostra sua resistência ao deslocamento (Collares *et al.* 2016).

Os cimentos endodônticos são classificados de acordo com a sua composição (Torres *et al.* 2019). O cimento BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex, França) é um cimento endodôntico mineral bioativo composto por um pó de silicato tricálcico que, segundo seu fabricante, deve ser armazenado em temperatura inferior a 30°C, em local seco, e está indicado para as técnicas obturadores de condensação lateral e cone único (Septodont). Já o cimento Endomethasone N (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex, França) é um cimento endodôntico a base de óxido de zinco e eugenol, sem paraformaldeído (Ayer *et al.* 2017), que apresenta acetato de hidrocortisona em sua composição e deve ser conservado em temperatura inferior à 25°C e ao abrigo da umidade (Septodont). O cimento AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA) é um cimento à base de resina epóxi (Barros *et al.* 2014). De acordo com o fabricante, deve ser armazenado em temperatura a partir de 10°C até 24°C e deve ser utilizado em temperatura ambiente (Dentsply).

Diversos estudos já investigaram a influência do aquecimento nas propriedades físico-químicas dos cimentos obturadores (Camilleri 2015; Atmeh & AlShwaimi 2017, Donnermeyer *et al.* 2021). Tem sido demonstrado que o aquecimento, como o que ocorre durante técnicas de obturação termoplastificada, pode afetar negativamente as propriedades físico-químicas dos cimentos (Viapiana *et al.* 2015; Chavarria-Bolanos *et al.* 2022). No entanto, nenhum estudo encontrado na literatura investigou o efeito que a temperatura de armazenamento dos cimentos pode ter em suas propriedades. Em muitos locais do mundo as temperaturas médias no verão permanecem acima dos 30°C por muitos dias, fazendo com que os materiais sejam expostos constantemente à altas temperaturas ambientes, ou acabem sendo guardados em geladeira (El-Maksoud *et al.* 2023).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar a influência de três diferentes temperaturas de armazenamento na resistência de união ao cisalhamento por extrusão, de três diferentes cimentos endodônticos através do teste de micro *push-out*. A hipótese nula testada foi a de que as diferentes temperaturas de armazenamento não acarretariam em diferença na resistência de união ao cisalhamento por extrusão dos cimentos.

Materiais e Métodos

A realização desta pesquisa foi previamente aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (parecer 5.556.298, ANEXO A).

Cálculo Amostral

O tamanho da amostra foi estimado com base em estudos publicados que se assemelhavam ao tema e na utilização do software Sealed Envelope (Sealed Envelope Ltd., <http://sealedenvelope.com/>) para cálculo do tamanho mínimo da amostra. Desse modo, para análise dos dados com $\alpha=0.05$ e 90% de potência, pelo menos 24 espécimes foram alocados em cada grupo.

Grupos experimentais

Para a realização deste trabalho, os seguintes cimentos obturadores foram utilizados: BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Cedex,

França), Endomethasone N (Septodont) e AH Plus Jet (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA). Para maior garantia de padronização dos resultados, as embalagens adquiridas para o mesmo cimento eram todas do mesmo lote (Tabela 1).

Previamente a sua utilização, os cimentos foram mantidos durante 30 dias em três diferentes temperaturas armazenamento e, divididos em três diferentes grupos conforme a tabela (Tabela 2). O controle da temperatura dos ambientes de armazenamento se deu através de termômetro próprio para ambientes laboratoriais com leitura de -20°C à 150°C (ACC001CFC, Thermco Products Inc., Lafayette, NJ, USA). Previamente ao preparo das amostras para a realização do teste, os cimentos foram removidos das diferentes temperaturas de armazenamento e permaneceram em temperatura ambiente de 24°C, controlada por ar-condicionado, por pelo menos 30 minutos.

Preparo das amostras para o teste de união ao cisalhamento por extrusão (push-out)

Foram utilizados 50 dentes de humanos unirradiculados, extraídos por motivos alheios a esta pesquisa. Os dentes foram avaliados visual e radiograficamente e mantidos hidratados até o início do experimento.

Os dentes foram desinfetados em uma solução de hipoclorito de sódio a 2,5% (ASFER Indústria Química LTDA, São Caetano do Sul, SP, Brasil) por 2 min, lavados em água corrente e secos com toalhas de papel. Fatias de dentina radicular perpendiculares ao longo eixo da raiz e com 1,0 mm de espessura foram empregadas. Para a confecção das fatias, um disco diamantado (Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), acoplado à máquina de cortes (ISOMET, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA), calibrada com o peso de 75 g e velocidade de 325 rpm, foi utilizado em baixa rotação e constante irrigação. As secções radiculares foram realizadas nos terços cervical e médio da raiz e a espessura de cada secção foi confirmada com um paquímetro digital (Mitutoyo Corporation, Kanagawa, Japan). Foram selecionadas apenas as secções com canal radicular circular e maior amplitude de dentina ao redor, possibilitando a posterior realização das cavidades de teste.

Em cada secção transversal foram feitas 3 cavidades/perfurações com ponta diamantada cilíndrica com 1,2 mm de diâmetro (#3145, KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), em alta rotação e sob constante irrigação. As cavidades foram confeccionadas paralelamente à parede do canal radicular, mantendo uma distância constante de 1 mm entre o cimento e entre a parede do canal radicular (Scelza *et al.* 2015).

Após a confecção das cavidades, as amostras foram imersas em EDTA 17% (ASFER Indústria Química LTDA) por 1 minuto, seguidas por imersão em hipoclorito de sódio a 2,5% (ASFER Indústria Química LTDA), por mais 1 minuto, com o intuito de remover todos e quaisquer debris e lama dentinária provenientes do uso da ponta diamantada. Em seguida, as amostras foram imersas em água destilada por 5 minutos. Após, o excesso de água das amostras foi removido com folhas de papel absorvente e as cavidades foram secas com pontas de papel absorvente (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, EUA) e a face mais cervical da cavidade foi marcada com caneta preta de tinta permanente.

As secções radiculares foram aleatoriamente divididas entre os três cimentos (n=24) AH Plus Jet (Dentsply), BioRoot RCS (Septodont) e Endomethasone N (Septodont) e dispostas em lamínulas de vidro, cobertas por uma fita poliéster. Cada uma das cavidades recebeu o mesmo cimento, armazenado em diferentes temperaturas. Portanto, as 24 fatias que foram preenchidas com o cimento AH Plus Jet, tiveram uma cavidade preenchida com o cimento que foi armazenado à 5°C, uma com o cimento armazenado à 20°C e a outra, com o cimento armazenado à 35°C. O mesmo padrão se seguiu para os demais cimentos. Os cimentos foram manipulados conforme a recomendação do fabricante. O cimento AH Plus Jet (Dentsply) foi diretamente inserido nas cavidades com as pontas injetoras da própria embalagem. Já os cimentos BioRoot RCS (Septodont) e Endomethasone N (Septodont) foram proporcionados e manipulados, e posteriormente inseridos nas cavidades. Os cimentos foram colocados e condensados nas cavidades preparadas até que um ligeiro excesso fosse observado.

Após a inserção dos cimentos, uma nova lamínula de vidro coberta com uma tira de poliéster foi colocada em cima das amostras visando comprimir e planificar as superfícies. O conjunto foi mantido estável por um grampo em forma de “C” e mantido em estufa à estufa a 37°C e umidade relativa de 100% por 07

dias. Após esse período, as fatias foram removidas das placas de vidro e, com o auxílio de lixas d'água de granulação 600 sob água corrente, os excessos de cimento foram removidos e as superfícies planificadas.

Teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão

Para a realização do teste, cada fatia foi fixada sobre uma base metálica na Máquina de Testes Universal Instron, modelo 4444 (Instron Corp, Canton, Mass, EUA). Uma ponta cilíndrica metálica, com 0,6 mm de diâmetro, foi posicionada centralmente sobre o cimento presente nas cavidades, com carga acionada na direção ápico-coronal para padronizar as condições do teste.

O teste foi realizado com velocidade de cruzeta de 0,5 mm por minuto até o deslocamento do material obturador (Figura 5). A carga máxima no momento da falha foi medida em quilonewtons (kN), transformada em Newtons (N) e convertida em MegaPascal (Mpa), pela divisão da força pela área lateral (SL) da cavidade. A área de adesão (A) do cimento ao canal radicular foi calculada pela fórmula $A = \pi(r_1 - r_2)\sqrt{h^2 + (r_1 + r_2)^2} h$, onde π = a constante 3,14, r_1 = maior raio da cavidade contendo o cimento, r_2 = menor raio da cavidade contendo cimento e h = altura da cavidade.

Análise dos modos de falha

Posteriormente ao teste de *push-out*, as secções foram examinadas minuciosamente com o auxílio de um estereomicroscópio, com aumentos de até 50 × (SteREO Discovery.V12, Carl Zeiss, Jena, Alemanha). As falhas foram classificadas em 3 subtipos: Falha adesiva - Quando a superfície da dentina estava livre de cimento; Falha coesiva – Quando houve fratura do material, com a dentina ainda recoberta por cimento; Falha mista – Quando uma parte da dentina se encontrava recoberta por cimento e outra sem cimento (Donnermeyer *et al.* 2021; Durán *et al.* 2023).

Resultados

Os resultados do teste de micro *push-out* para cada cimento armazenado nas três diferentes temperaturas estão elencados na tabela 3 e os modos de falha encontrados, estão distribuídos na tabela 4.

Para o cimento BioRoot RCS, a maior resistência de união ao cisalhamento por extrusão ocorreu para o grupo de cimento armazenado à 20°C, sendo estatisticamente diferente dos cimentos armazenados em à 5°C e 35°C ($p < 0,001$). Para as amostras de Endomethasone N, o grupo armazenado à 20°C também obteve os maiores resultados de resistência, sendo estatisticamente diferente das amostras de cimento armazenadas à 35°C ($p = 0,004$). Já entre os cimentos AH Plus Jet armazenados em diferentes temperaturas, não houve diferença estatisticamente significativa entre nenhum dos grupos ($p = 0,098$).

Para os cimentos BioRoot RCS, a maior parte das falhas foi coesiva, seguida da mista. Não houve nenhuma falha adesiva. Para o cimento Endomethasone N, a maioria das falhas foi mista independentemente da temperatura de armazenamento. Ainda, para os cimentos Endomethasone N armazenados em à 20°C, o segundo tipo de falha mais encontrado foi a adesiva, e para os cimentos armazenados à 5°C e 35°C, foi a coesiva. Por último, para o cimento AH Plus Jet o tipo de falha mais comumente encontrado para os cimentos armazenados à 5°C e 20°C foi a coesiva, e para os cimentos AH Plus Jet armazenados à 35°C, a falha mais comum foi a adesiva. Na figura 1 está representada uma fatia de dentina e os diferentes tipos de falhas encontrados.

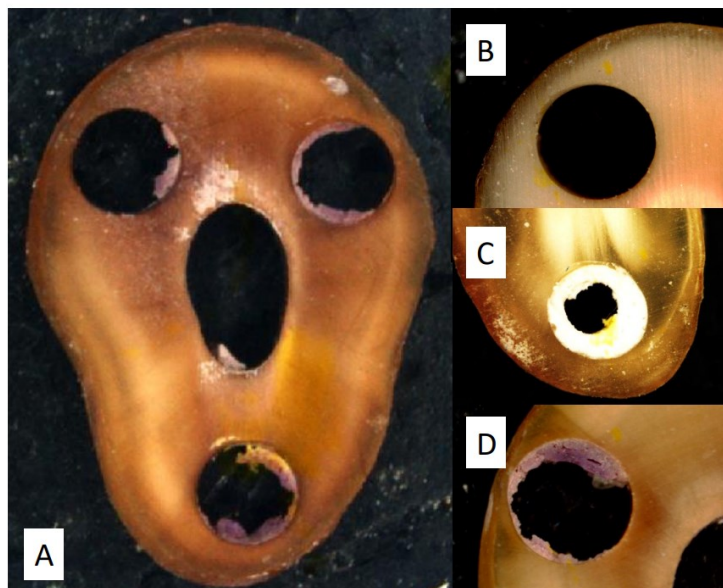


Figura 1. Fotografias em estereomicroscópio. (A) Uma das fatias de dentina após o teste de micro *push-out* (10x). (B) Representação de falha adesiva (30x); (C) representação de falha coesiva; (D) representação de falha mista (30x).

Discussão

O presente estudo teve como objetivo investigar se diferentes temperaturas de armazenamento poderiam influenciar na resistência de união ao cisalhamento por extrusão de três diferentes cimentos endodônticos através do teste de micro *push-out*. A hipótese nula foi parcialmente aceita, pois as diferentes temperaturas influenciaram a resistência de dois, dos três cimentos investigados. Muitos estudos já investigaram a influência do aquecimento de diferentes cimentos endodônticos em diferentes temperaturas e períodos, visando simular as técnicas obturadoras termoplastificadas (Camilleri 2015; Atmeh & AlShwaimi 2017; Donnermeyer *et al.* 2021), mas nenhum investigou o efeito da temperatura de armazenamento.

Os testes de *push-out* convencionais são realizados normalmente no canal radicular original após acesso, preparo e obturação; e sequente secção horizontal da raiz após presa final do cimento (Jowkar *et al.* 2020). Essa metodologia dificulta a criação de um padrão de comparação devido às diferenças anatômicas existentes entre os canais radiculares (Scelza *et al.* 2015). Neste trabalho, com o intuito de evitar esse tipo de viés, foram realizadas perfurações longitudinais artificiais padronizadas, assim como em prévios estudos (Scelza *et al.* 2015; Carvalho *et al.* 2017; Silva *et al.* 2019). Esse cuidado evita que fatores como a dureza da dentina, grau de mineralização e idade do dente possam interferir nos resultados (Scelza *et al.* 2015; Carvalho *et al.* 2017). Ainda, apenas fatias dos terços cervicais e médios das raízes foram utilizadas (Teixeira *et al.* 2009). Além disso, com o intuito de padronizar ainda mais os resultados, o mesmo cimento armazenado nas três diferentes temperaturas foi aplicado na mesma fatia de dentina. Por último, com o intuito de promover um melhor controle sobre o modo de falha (Scelza *et al.* 2015), as perfurações foram preenchidas apenas com os diferentes cimentos, sem guta-percha. O uso apenas do cimento não representa a situação clínica, mas a presença da guta-percha pode influenciar no resultado do teste (Carvalho *et al.* 2017; Silva *et al.* 2019). A guta-percha tem a menor resistência de união dentre os materiais obturadores e solta-se facilmente sob pressão (Jainen *et al.* 2007). Amostras obturadas apenas com cimentos biocerâmicos e AH Plus apresentam maior

resistência de união ao cisalhamento por extrusão comparadas a amostras obturadas com guta-percha e um dos cimentos (Retana-Lobo *et al.* 2021).

O cimento BioRoot RCS sofreu influência da temperatura de armazenamento. O grupo armazenado à 20°C, que imitava a temperatura de armazenamento recomendada pelo fabricante, apresentou os maiores valores de resistência de união ao cisalhamento por extrusão, sendo estatisticamente diferente dos cimentos armazenados à 35°C e 5°C. No entanto, os valores foram mais baixos do que os encontrados por Donnermeyer *et al.* em 2018. Essa diferença pode ser atribuída ao tempo de armazenamento das amostras após a manipulação. Neste estudo, os testes foram realizados após 7 dias de armazenamento em estufa e no referido estudo, as amostras permaneceram por dois meses. Estudos já demonstraram que cimentos à base de silicato de cálcio podem continuar sua reação de presa por 21 dias (Gancedo-Caravia & García-Barbero 2006) ou por até um mês (Camilleri 2008; Chedella & Berzins 2010). Durán *et al.* (2023), armazenou os cimentos por 21 dias para garantir a presa completa, antes da realização do teste de *push-out*. Novos estudos com diferentes tempos de armazenamento após a manipulação devem ser considerados. A diferença estatística dos cimentos armazenados à 5°C e 35°C precisa ser mais profundamente investigada, embora outros estudos já tenham demonstrado que o calor compromete as propriedades físicas do BioRoot RCS (Donnermeyer *et al.* 2021) e de outros cimentos à base de silicato de cálcio (Yamauchi *et al.* 2021). Com relação ao modo de falha, a falha coesiva foi a mais encontrada para todas as amostras de BioRoot RCS, seguida da falha mista. Outros estudos que investigaram o tipo de falha de cimentos biocerâmicos, também encontraram predominância de falhas coesivas, seguidas de falhas mistas (Shokouhinejad *et al.* 2013; Carvalho *et al.* 2017).

O cimento Endomethasone N também sofreu alterações em sua resistência de união após armazenamento à 35°C e 5°C. O cimento armazenado à 20°C, dentro da temperatura ideal, apresentou valores de RU estatisticamente maiores do que os cimentos armazenados à 35°C. Já o cimento armazenado à 5°C obteve valores estatisticamente semelhantes aos cimentos armazenados à 20 e 35°C. Independentemente, os valores foram mais baixos do que os encontrados na literatura. Gade *et al.* em 2015 encontraram valores de 2,0 MPa

para o mesmo cimento. Já outro estudo encontrou valores médios de 0,79 MPa para um cimento à base de óxido de zinco e eugenol (Fisher *et al.* 2007), assemelhando-se um pouco mais aos resultados do presente estudo para os cimentos armazenados em temperatura recomendada pelo fabricante. Os baixos valores de resistência de união dos cimentos à base de óxido de zinco e eugenol podem ser explicados pela reação de quelação que ocorre enquanto o cimento está tomando presa, onde o íon zinco do óxido de zinco pode reagir com o componente mineral da dentina radicular (Fisher *et al.* 2007), expondo fibras colágenas e reduzindo a dureza da dentina (De-Deus *et al.* 2006). Os menores valores de resistência encontrados no cimento armazenado à 35°C podem ser atribuídos ao calor. Atmeh *et al.* (2020) observaram que o calor gera detrimento da estrutura molecular de cimentos à base de óxido de zinco e eugenol. Com relação ao modo de falha, independentemente do armazenamento, a falha mista foi o tipo de falha mais encontrada para o cimento à base de óxido de zinco e eugenol, assim como já verificado outro estudo (Vivan *et al.* 2016).

Diferentemente dos outros cimentos testados, as temperaturas de armazenamento não influenciaram na resistência de união ao cisalhamento por extrusão do cimento AH Plus Jet. Independentemente da temperatura, as amostras apresentaram forças estatisticamente semelhantes, e próximos aos resultados de estudos prévios que encontraram valores de 3,5 MPa (Neelakantan *et al.* 2011) e 4,89 MPa (Retana-Lobo *et al.* 2021). Em ambos os estudos, o cimento foi aplicado sem gutapercha, assim como no presente estudo. No entanto, Cakici *et al.* 2016 encontrou valores mais baixos (1,0 MPa) para o mesmo cimento, em fatias do terço médio. Esse resultado pode ser devido a diferenças metodológicas, onde os autores realizaram o teste de *push-out* na presença de gutapercha juntamente com o cimento. Como já discutido, a gutapercha pode influenciar na resistência do material obturador (Jainaen *et al.* 2007; Retana-Lobo *et al.* 2021). Com relação ao modo de falha, a falha coesiva foi majoritariamente encontrada para o cimento AH Plus Jet armazenado à 5°C e à 20°C, o que corrobora com os resultados descritos da literatura (Carvalho *et al.* 2017; Donnermeyer *et al.* 2018). No entanto, para o cimento armazenado à 35°C, a falha coesiva foi predominante. Essa diferença pode ser devido ao

aquecimento do cimentos, pois, sabe-se que o aquecimento pode influenciar as propriedades do AH Plus (Camilleri 2015).

Dentro das limitações do presente estudo, destacam-se aquelas relacionadas ao design laboratorial e *in vitro* dos experimentos realizados, os quais não representam, em sua totalidade, uma situação clínica (Nouroloyouni *et al.* 2023). O armazenamento prévio dos cimentos em ambientes encontrados em consultórios e laboratórios visou simular o mais verdadeiramente possível a realidade clínica. No entanto, novos estudos que investiguem a influência de diferentes temperaturas de armazenamento na adesão dos cimentos endodônticos à dentina radicular, e em outras propriedades físico-químicas, ainda precisam ser conduzidos. Simulações de padrões de desgaste por longevidade e por ação mecânica desses cimentos, associados ou não a gutapercha, podem ser úteis para mais fielmente prever o que acontece nos tratamentos endodônticos em pacientes.

Conclusão

Dentro das limitações do presente estudo, pode-se concluir que as diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nos valores de resistência de união ao cisalhamento por extrusão dos cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N, mas não influenciaram os valores encontrados para o cimento AH Plus Jet.

Ainda, apesar de ser um estudo inicial, sugere-se que a temperatura de armazenamento dos cimentos seja a de 20°C, pois os cimentos armazenados nessa temperatura apresentaram, de modo geral, melhor desempenho. Além disso, essa temperatura enquadra-se nas temperaturas de armazenamento recomendadas pelos fabricantes dos cimentos testados.

Referências

Atmeh AR, AlShwaimi E. The Effect of Heating Time and Temperature on Epoxy Resin and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. J Endod. 2017;43(12):2112-8.

Atmeh AR, Hadis M, Camilleri J. Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. *Int Endod J*. 2020;53(5):698-708.

Ayer A, Manandhar TR, Agrawal N, Vikram M, Suwal P. A comparative study of apical microleakage of different root canal sealers by apical dye penetration. *Bangla J Med Sci*. 2017;16(2):219-24.

Barros J, Costa-Rodrigues J, Lopes MA, Pina-Vaz I, Fernandes MH. Response of human osteoblastic and osteoclastic cells to AH plus and pulp canal sealer containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles. *J Endod*. 2014;40(8):1149-55.

Cakici F, Cakici EB, Ceyhanli KT, Celik E, Kucukekenci FF, Gunseren AO. Evaluation of bond strength of various epoxy resin based sealers in oval shaped root canals. *BMC Oral Health*. 2016;16(1):106.

Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2008;41(5):408-17.

Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *J Endod*. 2015;41(7):1139-45.

Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J*. 2017;12(3):343-8.

Chavarria-Bolanos D, Komabayashi T, Shen I, Vega-Baudrit J, Gandolfi MG, Prati C, et al. Effects of heat on seven endodontic sealers. *J Oral Sci*. 2022;64(1):33-9.

Chedella SC, Berzins DW. A differential scanning calorimetry study of the setting reaction of MTA. *Int Endod J*. 2010;43(6):509-18.

Collares FM, Portella FF, Rodrigues SB, Celeste RK, Leitune VCB, Samuel SMW. The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *Int Endod J*. 2016;49(9):836-49.

De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J*. 2006;39(5):401-7.

De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod*. 2008;34(11):1401-5.

Dentsply Sirona, 2023. AH Plus Jet Root Canal Sealer. Scientific Profile. Available online: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Obturation_Materials_and_Instruments/Sealers/AH_Plus___AH_Plus_Jet/AHPlusJet_IFU.pdf (Acessado em 6 de abril de 2023).

Donnermeyer D, Dornseifer P, Schafer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med*. 2018;14(1):13.

Donnermeyer D, Ibing M, Burklein S, Weber I, Reitze MP, Schafer E. Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. *Materials (Basel)*. 2021;14(4).

Duran CR, Gancedo-Caravia DL, Gonzalez VV, Losada CG. Push out bond strength of hydraulic cements used at different thicknesses. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):81.

El-Maksoud OA, Hamama HHH, Wafaie RA, El-Wassefy N, Mahmoud SH. Effect of shelf-storage temperature on degree of conversion and microhardness of composite restorative materials. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):57.

Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod*. 2007;33(7):856-8.

Gade VJ, Belsare LD, Patil S, Bhede R, Gade JR. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):124-7.

Gancedo-Caravia L, Garcia-Barbero E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *J Endod.* 2006;32(9):894-6.

Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *J Endod.* 2004;30(4):238-40.

Jainaen A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007;40(11):882-90.

Jowkar Z, Hamidi SA, Shafiei F, Ghahramani Y. The Effect of Silver, Zinc Oxide, and Titanium Dioxide Nanoparticles Used as Final Irrigation Solutions on the Fracture Resistance of Root-Filled Teeth. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020;12:141-8.

Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, De-Deus G, Zehnder M. The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J.* 2011;44(6):491-8.

Nouroloyouni A, Samadi V, Salem Milani A, Noorolouny S, Valizadeh-Haghi H. Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. *Int J Dent.* 2023;2023:3427151.

Orstavik D. Material used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics.* 2005;12:25-38.

Retana-Lobo C, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Benavides-Garcia M, Hernandez-Meza E, Reyes-Carmona J. Push-Out Bond Strength, Characterization, and Ion Release of Premixed and Powder-Liquid Bioceramic Sealers with or without Gutta-Percha. *Scanning.* 2021;2021:6617930.

Scelza MZ, da Silva D, Scelza P, de Noronha F, Barbosa IB, Souza E, et al. Influence of a new push-out test method on the bond strength of three resin-based sealers. *Int Endod J.* 2015;48(8):801-6.

Septodont, 2010. BioRoot RCS Bioactive mineral root canal sealer. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodontusa.com/wp->

content/uploads/2022/11/BioRoot-SDS.pdf?x22685 (Acessado em 6 de abril de 2023).

Septodont, 2010. Endomethasone N Cimento Endodôntico para selamento dos canais radiculares. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodont.com.br/sites/br/files/202007/Bula%20Endomethasone%20-%20S%2005%2035%20086%2036%2000.pdf> (Acessado em 6 de abril de 2023).

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.

Silva E, Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Bovine teeth can reliably substitute human dentine in an intra-tooth push-out bond strength model? *Int Endod J*. 2019;52(7):1063-9.

Tedesco M, Chain MC, Bortoluzzi EA, da Fonseca Roberti Garcia L, Alves AMH, Teixeira CS. Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. *Clin Oral Investig*. 2018;22(6):2353-61.

Teixeira CS, Alfredo E, Thome LH, Gariba-Silva R, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(2):129-35.

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.

Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J*. 2015;48(1):16-27.

Vivan RR, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Costa BC, Duarte MA, Tanomaru-Filho M. Push-out Bond Strength of Root-end Filling Materials. *Braz Dent J*. 2016;27(3):332-5.

Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics* 2005;12(1):2-24.

Yamauchi S, Watanabe S, Okiji T. Effects of heating on the physical properties of premixed calcium silicate-based root canal sealers. *J Oral Sci.* 2020;63(1):65-9.

Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* 2013;39(10):1281-6.

Tabelas

Tabela 1. Cimentos utilizados, sua composição e número de lote.

Cimento	Composição	Lote
<i>BioRoot RCS</i>	Pó: Silicato de tricálcio, óxido de zircônia, povidona. Líquido: Cloreto de cálcio dihidratado, areo, água purificada.	B25218
<i>Endomethasone N</i>	Acetato de hidrocortisona, excipientes (Iodeto de timol, sulfato de bário, óxido de zinco e estearato de magnésio)	Pó: 2004859501 Líquido: B23825AA
<i>AH Plus Jet</i>	Pasta A (cor âmbar): resina epóxi Bisphenol-A, resina epóxi Bisphenol-F, Tungstato de cálcio, Óxido de zircônio, Sílica, Pigmentos de óxido de ferro. Pasta B (cor branca): Dibenzylidiamine, Amino adamantane, Tricyclodecane-diamine, Tungstato de cálcio, Óxido de zircônio, Sílica, Óleo de silicone	2112000747

Tabela 2. Grupos formados de acordo com o cimento testado (BioRoot RCS, Endomethasone N, Bio-C Sealer e AH Plus Jet) e condição de armazenamento (5°C, 20°C ou 35°C).

Cimento	Condição de armazenamento	Temperatura de armazenamento
<i>BioRoot RCS</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C
<i>Endomethasone N</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C
<i>AH Plus Jet</i>	Geladeira	5°C
	Adega	20°C
	Estufa	35°C

Tabela 3. Resultados do teste de micro *push-out* dos cimentos endodônticos armazenados nas diferentes temperaturas de armazenamento (n=24).

Cimento	Temperatura de armazenamento	Micro push-out Mediana (desvio interquartilico)
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	0,30 (0,12) ^B
	20°C	0,63 (0,15) ^A
	35°C	0,31 (0,10) ^B
	p-valor	<0,0001
<i>Endomethasone N</i>	5°C	0,70 (0,34) ^{AB}
	20°C	0,76 (0,32) ^A
	35°C	0,53 (0,16) ^B
	p-valor	0,004
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	4,95 (2,36) ^A
	20°C	3,63 (2,02) ^A
	35°C	3,54 (3,25) ^A
	p-valor	0,098

Comparação entre os grupos experimentais – (5°C, 20°C ou 35°C): Teste Kruskal-Wallis + *post hoc* de Dunn.

Tabela 4 - Apresentação dos modos de falhas (coesiva, adesiva ou mista) ocorridos após o teste de micro *push-out* dos cimentos endodônticos armazenados nas diferentes temperaturas de armazenamento (n=24).

Cimento	Temperatura de armazenamento	Modo de falha (%)		
		Adesiva	Coesiva	Mista
<i>BioRoot RCS</i>	5°C	0%	100%	0%
	20°C	0%	75%	25%
	35°C	0%	90%	10%
<i>Endomethasone N</i>	5°C	8,3%	12,5%	79,2%
	20°C	29,2%	25%	45,8%
	35°C	16,7%	25%	58,3%
<i>AH Plus Jet</i>	5°C	0%	94,1%	5,9%
	20°C	5,9%	88,2%	5,9%
	35°C	88,2%	11,8%	0%

5 ARTIGO 3

Association between postoperative pain and root canal filling overextension: a systematic review and meta-analysis

Daniela Peressoni Vieira Schuldt¹, DDS, Msc.

Cleonice da Silveira Teixeira¹, DDS, Msc, PhD.

¹Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

Artigo formatado conforme normas do periódico **International Endodontic Journal**

(acessado em: 10 de novembro de 2022).

Abstract

Background: Prognosis for endodontic treatments with overextension of material has been a subject of controversy in the literature and might induce undesirable pain.

Aim: This systematic review aimed to investigate if the overextension of obturation material increased the incidence of postoperative pain by reviewing and meta-analysis.

Methodology: Two reviewers identified studies from Cochrane Library, Embase, Google Scholar, Lilacs, ProQuest, PubMed, OpenGrey, Scopus and Web of Science databases up to October 2022. Randomized clinical trials (RCT) comparing the incidence of postoperative pain within 7 days, in permanent teeth receiving primary endodontic treatment with obturation material overextension and without overextension were included. The quality of the selected studies was assessed by the Cochrane Risk of Bias 2.0 tool. Meta-analysis using Mantel-Haenszel method and random-effect models were performed to find the pooled estimates of risk ratios (RR) with 95% confidence interval (CI). The quality of evidence was assessed using the Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) Approach.

Results: Twelve RCT were included in the qualitative analysis and six for the quantitative analysis. Information such as the number of treated teeth, pulp diagnosis, pain analysis, and obturation level were collected. Six studies were classified as “low risk of bias”, three studies as “unclear risk of bias”, and three as “high risk of bias”. The meta-analyses performed with the evaluation point at 24h did not found association between overextension and higher incidence of postoperative pain, but the meta-analyses performed at 7 days evaluation point demonstrated that teeth with overextension presented higher incidence of postoperative pain when compared to teeth without overextension. The certainty of evidence regarding the association between overextension of filling material and a higher incidence of postoperative pain suggested a very low confidence in estimating the outcome. No evidence of publication bias was observed ($p = 0.5375$).

Conclusion: The results suggest a positive association between obturation material overextension and higher incidence of postoperative pain. However, the heterogeneity and the very low certainty of evidence requires interpreting these results with caution. Additional RCT with high quality standardized methodology must be conducted to improve the certainty of the evidence.

Registration: CRD42020141515 (PROSPERO).

Keywords: Systematic review, Postoperative pain, Root canal obturation, Overextension of filling material.

Introduction

Ideally, the filling material should remain restricted inside the intraradicular space (Ricucci & Langeland 1998). Studies have demonstrated that the highest success rate of root canal treatment remains for teeth with obturation fillings ending 0-2 mm short of the radiographic apex (Ng *et al.* 2011). According to the American Association of Endodontists (AAE) overextension is considered a solid or semi-solid core root canal filling extending beyond the apical foramen (AAE 2020). Cases with overextension demonstrate a significantly lower rate of success (Schaeffer *et al.* 2005; Ricucci *et al.* 2011). Schaeffer *et al.* (2005) wrote a meta-analysis to determine optimal obturation length and reported that teeth without overextension have a significantly better prognosis than those overextended (Schaeffer *et al.* 2005). Also, it has been reported that the extrusion of obturation material is a factor that delays bone repair (Sarin *et al.* 2016) and can damage the nerve structures in the periapical tissue (Rosen *et al.* 2016).

The incidence of postoperative pain after nonsurgical root canal treatment is reported to range from 3% to 58% in different studies (Sathorn *et al.* 2008). This pain may persist for a few hours or many days after endodontic therapy (Siqueira *et al.* 2002). Factors such as preoperative pain (Tan *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021), gender (Ng *et al.* 2004), age and overextension were already related to postoperative pain (Yu *et al.* 2021). In a study that histologic evaluated nonhuman primate's teeth after obturation with and without overextension and four different sealers observed that independently of the sealer used all overfilled teeth showed mild or moderate to severe lymphocytic/plasmocytic infiltration and granulomatous reaction around the sealer particles, and from the total of 24 obturated without overextension, only 5 presented mild to moderate (Bernáth & Szabó 2003). A study that investigated postoperative pain after endodontic retreatment and observed low postoperative pain scores recorded suggested that it could potentially be explained by the absence of overfills, indicating a small contact area between the filling material and the periapical tissues (Graunaite *et al.* 2018).

Sadaf *et al.* in 2014 investigated factors associated with postoperative pain after endodontic treatment. Obturation length and overextension were among the

investigated factors, and the authors found no significant correlation between them and postoperative pain. Contrary, Shashirekha *et al.* in 2018 found that periapical overextension of filling material caused postoperative pain. Song *et al.* in 2022 also encountered an association between overextension and postoperative pain, independently of the sealer type.

Prognosis for endodontic treatments with overextension of material has been a subject of controversy in the literature (Nino-Barrera *et al.* 2018). The clinical implications of overextension might induce undesirable pain and possible pooling of sealer in the apical portion of the canal (Wong *et al.* 2017). In order to understand the role of overextension and post obturation pain, the aim of this systematic review (SR) is to answer the following question: Does the overextension of filling material increase the incidence of postoperative pain?

Materials and methods

Protocol and registration

This Systematic Review (SR) was reported following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement (Page *et al.* 2021). The protocol of this SR was developed based on the PRISMA 2020 statement (Page *et al.* 2021) and registered at the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) database (CRD42020141515).

Eligibility criteria and research question

The research question was created based on the PICOS acronym (Population, Intervention, Comparison, Outcomes, Studies), in which: (P) permanent teeth submitted to primary endodontic treatment; (I) root canal obturation presenting overextension of root canal filling; (C) root canal obturation without overextension of root canal filling; (O): incidence of postoperative pain; (S) randomized clinical trials (RCT). Studies that analyzed endodontic treatments of vital or non-vital teeth were included. Studies that started assessing the incidence of postoperative pain after endodontic treatment in a period between 1 hour until 07 days were selected, regardless of the pain assessment method used. The presence of overextension of root canal filling was detected by any available radiographic means. No restrictions were applied to the publication time

or patient age or sex. Only articles written using the Latin (Roman) alphabet were accepted.

The following exclusion criteria were adopted: (1) studies that did not evaluate the obturation level; (2) studies in which the sealer had additional medicines as corticoid; (3) studies that were not randomized clinical trials; (4) studies that did not evaluate or associate pain within the first week after treatment; (5) studies with secondary endodontic treatment sample; (6) studies containing deciduous teeth; (7) studies not published in Latin (Roman) alphabet; (8) studies that did not have a control group; (9) studies that did not compare the obturation level and pain.

Search strategy

A literature search was performed on the following electronic databases: Cochrane Library, Embase, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), PubMed, Scopus, and Web of Science. Additionally, unpublished, and gray literature were searched on ProQuest, OpenGrey, and Google Scholar (the first 100 items). Also, the search was manually supplemented from the reference lists of the included studies. All searches were conducted up to October 14th, 2022, with no restriction of publication date. As for language, only papers published in the Latin-roman alphabet were included. The references were managed, and the duplicated hits were removed using reference management software (EndNote Web; Thomson Reuters, Toronto, Canada).

Study selection

Two reviewers (D.P.V.S and C.S.T.) independently performed the study selection in a two-phase process. Firstly, both reviewers read title and abstracts independently, using the electronically available application, Rayyan QCRI (Qatar Computing Research Institute - Data Analytics, Doha, Qatar), while applying the eligibility criteria. In phase two, both reviewers performed a full text reading applying the same inclusion criteria. In both phases any discrepancies were settled by discussion between reviewers or by consulting the third reviewer (J.A.C.S.). If the data necessary for the study inclusion were missing or inexplicit, the corresponding author of the study in question was contacted by email to clarify or complement it.

Primary outcome measure

The primary outcome measure was the incidence of postoperative pain in teeth with overextension of root canal filling, when compared to teeth without overextension, after primary root canal treatment in permanent teeth with complete root formation within the first week after treatment conclusion. Studies not reporting the primary outcome were excluded.

Data extraction

Pertinent data from the included studies were extracted by two independent reviewers (D.P.V.S. and C.S.T.). The data extraction form included the following: first author last name, year of publication, country, participants and permanent teeth, pulp status, professional training, obturation technique, endodontic sealer, pain analysis, obturation level and studies main conclusion. Any conflicts between reviewers in data extraction were resolved through discussion and consensus, or by a third reviewer (J.A.C.S.) until a mutual agreement was reached. In case of missing information, the corresponding authors of the selected studies were contacted up to five attempts with one-week interval.

Risk of bias in individual studies

Two reviewers (D.P.V.S. and C.S.T.) independently assessed the risk of bias of the included studies using the revised Cochrane risk of bias tool for randomized trials (RoB 2.0 tool). Any disagreement in the assessment of the RoB was resolved by a third reviewer (J.A.C.S.). Quality was categorized into “low risk of bias,” “unclear risk of bias,” or “high risk of bias,” based on the following domains: randomization process; deviations from the intended interventions; missing outcome data; measurement of the outcome; and selection of the reported result. Overall bias was assessed based on each domain classification. Scoring all domains as “low risk” or only one as “some concerns” granted the study a “low risk of bias” overall score. When two domains presented “some concerns” or only one domain scored “high risk of bias”, the overall quality was “unclear risk of bias.” Scoring three or more domains as “some concerns” or one domain as “some concerns” and one domain “high risk of bias”, or even, at least

two domains as “high risk of bias” rendered a study the “high risk of bias” overall quality.

Summary measures and data synthesis

Quantitative analysis of the results was performed considering the general incidence of postoperative pain in teeth with overextension of root canal filling, when compared to teeth without overextension, measured by relative or absolute frequencies and their 95% confidence intervals (CI).

Data analyses were executed by using the Comprehensive Meta Analysis Version 3.3.070 software (Biostat Inc., Englewood, NJ, USA). The presence of heterogeneity among studies was investigated by the I-square statistics and considered significant when above 50%. The analysis used the incidence of postoperative pain to investigate whether there was a statistically significant difference between patients with overextension of root canal filling and patients without overextension. Meta-analyses using the Mantel-Haenszel method and random-effect models were performed to find the pooled estimates of odds ratio (RR) with a 95% confidence interval (CI).

Confidence in cumulative evidence

The Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation (GRADE) approach was used to assess the strength of cumulative evidence of the pooled estimates from meta-analyses of the primary outcome. The GRADE approach is used to substantiate intervention recommendations with four levels of evidence quality, ranging from high to very low. Two reviewers (D.P.V.S. and L.C.D.L.J.) independently used the GRADEpro GDT software (<https://www.gradepro.org>) to assess the following categories: risk of bias, inconsistency, indirectness, imprecision, and other considerations. (Schünemann *et al.* 2020a, 2020b).

To assess potential publication bias in the meta-analyses, Egger’s test was used to verify funnel plot asymmetry where $p\text{-value} < 0.05$ indicates publication bias.

Results

Study selection and characteristics

After electronic search, a total of 2605 records were identified on the various online databases consulted. After duplicates removal, 1363 references were screened by a comprehensive evaluation of the titles and abstracts (phase 1). For full-text assessment (phase 2), 49 articles were considered potentially useful and were selected. Of the total of 49 articles, 37 were subsequently excluded. Thus, twelve articles were selected to answer the question proposed by this systematic review. Detailed processes of studies identification, inclusion, and exclusion criteria are displayed in Figure 1.

Summary of descriptive characteristics of included articles are displayed in Table 1. Twelve RCT published from 1982 to 2022 in different countries like Brazil (Risso *et al.* 2008; Lopes *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021;), Canada (Mulhern *et al.* 1982), Colombia (Nino-Barrera *et al.* 2018), India (Khandelwal *et al.* 2022), Italy (Gesi *et al.* 2016), Turkey (Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Koçer *et al.* 2022), and USA (Harrison *et al.* 1983; Yu *et al.* 2021), were included in this SR. A total of 1478 completed rooted permanent teeth requiring a primary root canal treatment were investigated, whereas 487 were non-vital (Mulhern *et al.* 1982; Risso *et al.* 2006; Demirci *et al.* 2016; Portela *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022), 606 were vital (Gesi *et al.* 2006; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021; Koçer *et al.* 2022) and 385 could be vital or non-vital (Harrison *et al.* 1983; Atav Ates *et al.* 2019). From all the non-vital teeth 200 were preoperative asymptomatic (Mulhern *et al.* 1982; Portela *et al.* 2021), 57 symptomatic (Khandewal *et al.* 2022) and 230 could be symptomatic or asymptomatic (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016). For the vital teeth, 90 were preoperative asymptomatic (Koçer *et al.* 2022) and 516 could be symptomatic or asymptomatic (Gesi *et al.* 2006; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021). Finally, for the teeth that could be vital or non-vital, 229 had no preoperative pain (Harrison *et al.* 1983) and 156 could be painful or not (Atav Ates *et al.* 2019).

Five studies did not use tooth type as criteria, totalizing 825 teeth (Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.*

al. 2021). two treated 178 lower 1st and 2nd molars (Risso *et al.* 2008; Lopes *et al.* 2019), one treated 156 mandibular molars or premolars (Atav Ates *et al.* 2019) and four treated 319 single rooted teeth (Mulhern *et al.* 1983; Demirci *et al.* 2016; Koçer *et al.* 2022; Khandewal *et al.* 2022), being in one study only maxillary anterior teeth (Khandewal *et al.* 2022) and another study, only anterior teeth (Demirci *et al.* 2016).

In most studies, the professionals who performed the endodontic treatment had an endodontic background (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Nino-Barrera *et al.* 2018; Atav Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022). Only one study did not mention anything about the operator endodontic relation (Lopes *et al.* 2019). Cold lateral condensation (CLC) technique was performed in 7 of the studies (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), but other techniques and obturations system were also employed, such as Calamus (Nino-Barrera *et al.* 2018), cold free-flow (Koçer *et al.* 2022), GuttaCore (Nino-Barrera *et al.* 2018; Koçer *et al.* 2022), Herofill Soft Care (Atav Ates *et al.* 2019), sealer-based technique (SBT) (Yu *et al.* 2021) single-cone (SC) technique (Portela *et al.* 2021), Thermafill (Demirci *et al.* 2016), thermomechanical compaction with McSpadden (Lopes *et al.* 2019), and warm vertical compaction (WVC) (Yu *et al.* 2021). The most employed sealer was AH Plus (Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021, Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), followed by zinc-oxid-eugenol based sealers, such as TubliSeal, used in five studies (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Risso *et al.* 2008; Khandewal *et al.* 2022). Other sealers like BioRoot RCS (Khandewal *et al.* 2022), Endosequence (Yu *et al.* 2021), Guttaflow 2 (Koçer *et al.* 2022), iRoot,SP (Atav Ates *et al.* 2019) and TopSeal (Nino-Barrera *et al.* 2018) were used at least in one study.

Regarding pain assessment, different methods and periods of evaluation were employed. Some studies employed more than one method, and most of the studies evaluated pain more than one time. Seven studies used the Visual Analog Scale (VAS) (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Nino-Barrera *et al.* 2018; Atav

Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022) to designated pain level, two studies employed the Verbal Rating Scale (VRS) (Gesi *et al.* 2006; Lopes *et al.* 2019), two studies used the Numerical Rating Scale (NRS) (Lopes *et al.* 2019; Yu *et al.* 2021) and finally, one study interviewed the participants (Harrison *et al.* 1983) and another used a questionnaire (Mulhern *et al.* 1982). The period of evaluation started at 4 hours in one study (Yu *et al.* 2021) and ended up at 60 days (Harrison *et al.* 1983). Post-obturation pain was also evaluated at after 6h (Risso *et al.* 2008; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Koçer *et al.* 2022), 12h (Risso *et al.* 2008; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Koçer *et al.* 2022), 24h (Harrison *et al.* 1983; Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), 48h (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), 72h (Risso *et al.* 2008; Atav Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), 7 days (Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Risso *et al.* 2008; Mulhern *et al.* 1982; Portela *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022) and daily until one week after treatment completion (Koçer *et al.* 2022). Also, one study interviewed the patients after 30 and 60 days (Harrison *et al.* 1983) and another kept the following up until day nine after treatment completion (Risso *et al.* 2008).

Concerning the obturation level, all studies employed x-rays to determine whether there was overextension of filling materials. Some classified different obturations levels (Harrison *et al.* 1983, Gesi *et al.* 2006; Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Koçer *et al.* 2022) and some just recorded the overextension of filling material (Mulhern *et al.* 1982; Risso *et al.* 2008; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018) Three studies reported the extrusion was only from the sealer (Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022), all the other studies, did not differentiate the obturation material extruded.

Finally, when associating the overextension of filling material and post-obturation pain, only four studies did not find any association or correlation with a higher incidence of post-obturation pain when there was overextension (Mulhern *et al.* 1982; Risso *et al.* 2008; Atav Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021). Conversely, the majority of the studies found a correlation or association between

filling overextension and postoperative pain in at least one of the investigated criteria (Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Demirci *et al.* 2016; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022).

Risk of bias assessment

The summary of the risk of bias of the included studies can be found in figures 2 and 3. All the included studies presented at least one topic classified as “some concerns”, that it was the effect of assignment to intervention, because of the impossibility to blind the professional who performed the intervention. If that was the only concern found, the study was classified as “low risk of bias”. One study charged the patients in one of the groups treated (Mulhern *et al.* 1982). Five studies had different operators performing the treatment (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021). On two studies treatment was performed in different places (Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006). Finally, one study had problems with the randomization process, where patients were assigned by the month they appeared for treatment (Yu *et al.* 2021). Thus, in the total analysis, six studies were classified as “low risk of bias” (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), three as “unclear risk of bias” (Gesi *et al.* 2006; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021), and three as “high risk of bias” (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Yu *et al.* 2021).

Meta-analyses

Three meta-analyses were performed comparing the incidence of postoperative pain in teeth with filling overextension and teeth without overextension (Figure 4). The first meta-analysis evaluated pain after 24h in vital and non-vital teeth and no association was found between overextension and a higher incidence of postoperative pain. The second meta-analysis also evaluated pain after 24h but only on non-vital teeth and did not encounter significant differences. The third meta-analysis evaluated pain within 7 days on vital and non-vital teeth and demonstrated that teeth with overextension presented a higher incidence of postoperative pain when compared to teeth without overextension.

Confidence in cumulative evidence

Based on the GRADE approach, the certainty of evidence regarding the association between overextension of filling material and a higher incidence of postoperative pain was considered “very low” (Table 2). No evidence of publication bias was observed ($p = 0.5375$) (Figure 5).

Main Conclusion

Four studies found no statistically significant association between the overextension of filling material and a higher incidence of postoperative pain (Mulhern *et al.* 1982; Risso *et al.* 2008; Atav Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021). On the other hand, most of the studies found statistically significant difference in at least one of the evaluated periods and the material or the obturation technique employed (Harrison *et al.* 1983; Gesi *et al.* 2006; Demirci *et al.* 2016; Lopes *et al.* 2019; Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021; Khandelwal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022;). Harrison *et al.* (1983) found that there was a higher incidence and degree of postoperative pain in teeth without periapical lesions that were filled with overextension, and Gesi *et al.* (2006) found that postoperative pain after one week was associated with overextension. Demirci *et al.* (2016) found a statistically significant difference in the incidence of postoperative pain after 48 hours, in the group that was filled with the Thermafill technique, when compared to the group that was filled using the lateral condensation technique. The authors themselves suggest that this pain can be explained by the overextension of filling material (Demirci *et al.* 2016). Another study found after stratification by extrusion of filling material that the difference in the incidence of postoperative pain persisted after 6h and 24h (Lopes *et al.* 2019). In addition, two studies found an association between the presence of overextension of filling material and a higher incidence of postoperative pain regardless of the evaluation period (Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021). Khandewal *et al.* (2022), found a statistically significant difference in postoperative pain in teeth that had overextension when obturated with BioRoot RCS, after 24h and 48h. Finally, Koçer *et al.* (2022), found that material overextension led to an increased pain severity on the first and second postoperative days.

Discussion

This SR aimed to investigate if the overextension of obturation material was associated with increasing the prevalence of postoperative pain. The results of this study suggest that there is a positive association between overextension of root filling material and postoperative pain.

A SR involves the application of scientific strategies, in ways that limit bias, to the assembly, critical appraisal, and synthesis of all relevant studies that address a specific clinical question (Cook *et al.* 1997). In the hierarchy of evidence, SR of randomized trials offer the highest level of evidence (Guyatt *et al.* 2008; Vitali *et al.* 2022). In this study, only RCT were included. From a total of twelve RCT, eight found an association between overextension and a higher incidence of postoperative pain after endodontic treatment.

Although SR is a useful form of research, differences in study design or patient experience can make comparison problematic (Pak *et al.* 2011). High heterogeneity on the included studies treatment protocol, patients, pulp status, and presence of preoperative pain is a negative point of this SR. For example, preoperative pain has been suggested to be a factor that has significant effects on postoperative pain (Genet *et al.* 1987). Contrary, other studies did not find this correlation (Ng *et al.* 2004; Atav Ates *et al.* 2019). From the studies that found association in between overextension and higher incidence of postoperative pain, only one reported that all patients had preoperative pain (Khandelwal *et al.* 2022). In two other studies, patients were asymptomatic (Harrison *et al.* 1983; Koçer *et al.* 2022) or with irreversible pulpitis with little or no pain (Lopes *et al.* 2019). And on the other four studies, preoperative pain could be present or not (Gesi *et al.* 2006; Demirci *et al.* 2016; Nino-Barrera *et al.* 2018; Yu *et al.* 2021).

For determining pain analysis, seven studies used VAS (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Nino-Barrera *et al.* 2018; Atav Ates *et al.* 2019; Portela *et al.* 2021; Khandelwal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), other three studies used VRS or NRS (Gesi *et al.* 2006; Lopes *et al.* 2019; Yu *et al.* 2021). All three are unidimensional pain scales recommended for the assessment of pain intensity (Hjermstad *et al.* 2011). As for the period of pain analysis, only studies that evaluated pain within the first week were included. Studies have already

demonstrated that postoperative pain is higher on the first and second day after treatment (Ng *et al.* 2004) and was found to reduce over the course of the next 3 to 7 days (Pak *et al.* 2011; Kherlakian *et al.* 2016).

As for the obturation level, all studies recognized overextension as obturation material beyond the radiographic apex observed on the final obturation radiograph. When extruded through the apical foramen, sealers may be solubilized in the periradicular tissue fluids, phagocytosed, or encapsulated by fibrous connective tissue (Siqueira 2022). Thus, the local inflammation caused by root canal obturation materials may result in postoperative pain (Granauite *et al.* 2018). Also, it has been demonstrated that even with given enough time postoperatively, some extruded sealers can remain apparently unchanged on radiographs for periods longer than 8 years (Ricucci *et al.* 2016).

The risk of bias of the included studies were critically analyzed by the revised Cochrane risk of bias tool for randomized trials (RoB 2.0 tool). One of the biggest problems was found in blinding the professional who performed the intervention. Blinding during a trial can be difficult or impossible in some contexts (Higgins *et al.* 2022). In the included studies the operators had to know at some point, for example, the kind of obturation technique addressed to that patient (Koçer *et al.* 2022) or the type of sealer (Atav Ates *et al.* 2019). For that reason, all the studies received an unclear risk of bias in the “effect of assignment to intervention” domain. One study charged the patients only on one of the groups treated (Mulhern *et al.* 1982). Five studies had different operators performing the treatment (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021; Yu *et al.* 2021). Also, on the studies of Harrison *et al.* (1983) and Gesi *et al.* (2006), treatment was performed in different places. All these could affect the adhering to intervention according to patient not willing to pay or preference between one professional or another, for example. Finally, one study had problems with the randomization process, where patients were assigned by the month they appeared for treatment (Yu *et al.* 2021). Knowledge of a deterministic assignment rule, such as by alternation, date of birth or day of admission (Higgins *et al.* 2022), and in this case month of admission, can lead to a failure of allocation sequence concealment, then bias can arise through selective enrolment of participants into a study (Higgins *et al.* 2022) In the total

analysis, six studies were classified as “low risk of bias” (Risso *et al.* 2008; Demirci *et al.* 2016; Atav Ates *et al.* 2019; Lopes *et al.* 2019; Khandewal *et al.* 2022; Koçer *et al.* 2022), three as “unclear risk of bias” (Gesi *et al.* 2006; Nino-Barrera *et al.* 2018; Portela *et al.* 2021), and three as “high risk of bias” (Mulhern *et al.* 1982; Harrison *et al.* 1983; Yu *et al.* 2021).

Three meta-analyses were conducted (Figure 4). A positive association between overextension and a higher incidence of postoperative pain was found only in one meta-analysis that included vital and non-vital teeth with pain been evaluated within 7 days after treatment conclusion. For the other two meta-analyses performed, no statistical significance was found. The certainty of evidence was accessed based on the GRADE approach, considering the domains “risk of bias”, “inconsistency”, “indirectness”, and “imprecision”, and “other considerations”, and suggested a very low confidence in estimating the outcome. For the “risk of bias” studies had “serious” and “very serious” outcomes due to the fact most of the studies had a high or an unclear risk of bias. For the “inconsistency” domain, studies were classified as “serious” due to methodological heterogeneity. And finally, for the “imprecision” domain, studies were classified as serious due to small sample sizes, where all the studies had less than 300 events. No evidence of publication bias was observed ($p = 0.5375$).

Postoperative pain after endodontic procedures is an undesirable occurrence for both patients and clinicians (Siqueira *et al.* 2002) and affects patient relationship with the dentist (Risso *et al.* 2008). From a total of twelve RCT, eight found an association between overextension and a higher incidence of postoperative pain after endodontic treatment. It is difficult to attribute the pain incidence to any specific factor in clinical research because endodontic treatment comprises a complex of procedures including chemomechanical debridement and obturation (Graunaite *et al.* 2018). Female patients, molar tooth, periapical lesion smaller than 3 mm and single-visit treatment have been suggested as factors that may lead to postoperative pain (Ng *et al.* 2004). Further studies are needed to investigate the effect of canal obturation materials in the overfilled cases (Graunaite *et al.* 2018).

Conclusion

Within this study limitation, a positive association between obturation material overextension and a higher incidence of postoperative pain was encountered. From the twelve RCT included, eight found a positive association between obturation material overextension and a higher incidence of postoperative pain. However, additional randomized clinical trials with high quality standardized methodology must be conducted to improve the certainty of evidence.

References

American Association of Endodontists (AAE). Glossary of Endodontic Terms. Tenth Edition. Chicago, IL. Updated March 2020. Aae.org.

Atav Ates A, Dumani A, Yoldas O, Unal I. Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH Plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial. Clin Oral Investig. 2019;23(7):3053-61.

Bernath M, Szabo J. Tissue reaction initiated by different sealers. Int Endod J. 2003;36(4):256-61.

Cook DJ, Mulrow CD, Haynes RB. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. Ann Intern Med. 1997;126(5):376-80.

Demirci GK, Caliskan MK. A Prospective Randomized Comparative Study of Cold Lateral Condensation Versus Core/Gutta-percha in Teeth with Periapical Lesions. J Endod. 2016;42(2):206-10.

Genet JM, Hart AA, Wesselink PR, Thoden van Velzen SK. Preoperative and operative factors associated with pain after the first endodontic visit. Int Endod J. 1987;20(2):53-64.

Gesi A, Hakeberg M, Warfvinge J, Bergenholtz G. Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pulpectomy--a clinical and radiographic evaluation of 1- versus 2-session treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;101(3):379-88.

Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Machiulskiene V. Effect of Resin-based and Bioceramic Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Split-mouth Randomized Controlled Trial. *J Endod*. 2018;44(5):689-93.

Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ*. 2008;336(7650):924-6.

Harrison JW, Baumgartner JC, Svec TA. Incidence of pain associated with clinical factors during and after root canal therapy. Part 2. Postobturation pain. *J Endod*. 1983;9(10):434-8.

Higgins JPT TJ, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 2022.

Hjermstad MJ, Fayers PM, Haugen DF, Caraceni A, Hanks GW, Loge JH, et al. Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. *J Pain Symptom Manage*. 2011;41(6):1073-93.

Khandelwal A, Jose J, Teja KV, Palanivelu A. Comparative evaluation of postoperative pain and periapical healing after root canal treatment using three different base endodontic sealers - A randomized control clinical trial. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(2):e144-e52.

Kherlakian D, Cunha RS, Ehrhardt IC, Zuolo ML, Kishen A, da Silveira Bueno CE. Comparison of the Incidence of Postoperative Pain after Using 2 Reciprocating Systems and a Continuous Rotary System: A Prospective Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2016;42(2):171-6.

Koçer A, Donmez Ozkan H, Turk T. Postoperative pain intensity and incidence following single visit root canal treatment with different obturation techniques: a randomized clinical trial. *PeerJ*. 2022;10:e13756.

Lopes LPB, Herkrath FJ, Vianna ECB, Gualberto Junior EC, Marques AAF, Sponchiado Junior EC. Effect of photobiomodulation therapy on postoperative pain after endodontic treatment: a randomized, controlled, clinical study. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):285-92.

Mulhern JM, Patterson SS, Newton CW, Ringel AM. Incidence of postoperative pain after one-appointment endodontic treatment of asymptomatic pulpal necrosis in single-rooted teeth. *J Endod*. 1982;8(8):370-5.

Ng YL, Glennon JP, Setchell DJ, Gulabivala K. Prevalence of and factors affecting post-obturation pain in patients undergoing root canal treatment. *Int Endod J*. 2004;37(6):381-91.

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J*. 2011;44(7):583-609.

Nino-Barrera JL, Gamboa-Martinez LF, Laserna-Zuluaga H, Unapanta J, Hernandez-Mejia D, Olaya C, et al. Factors associated to apical overfilling after a thermoplastic obturation technique - Calamus(R) or Guttacore(R): a randomized clinical experiment. *Acta Odontol Latinoam*. 2018;31(1):45-52.

Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.

Pak JG, White SN. Pain prevalence and severity before, during, and after root canal treatment: a systematic review. *J Endod*. 2011;37(4):429-38.

Portela FSMF, De Martin AS, Pelegri RA, Gutmann JL, Kato AS, Bueno C. Effect of Foraminal Enlargement on Postoperative Pain in Necrotic Single-Rooted Teeth: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2021;47(7):1046-51.

Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*. 1998;31(6):394-409.

Ricucci D, Rocas IN, Alves FR, Loghin S, Siqueira JF, Jr. Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. *J Endod*. 2016;42(2):243-9.

Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spangberg LS. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(6):825-42.

Risso PA, Cunha AJ, Araujo MC, Luiz RR. Postobturation pain and associated factors in adolescent patients undergoing one- and two-visit root canal treatment. *J Dent*. 2008;36(11):928-34.

Rosen E, Goldberger T, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, Tsesis I. The Prognosis of Altered Sensation after Extrusion of Root Canal Filling Materials: A Systematic Review of the Literature. *J Endod*. 2016;42(6):873-9.

Sadaf D, Ahmad MZ. Factors associated with postoperative pain in endodontic therapy. *Int J Biomed Sci*. 2014;10(4):243-7.

Sarin A, Gupta P, Sachdeva J, Gupta A, Sachdeva S, Nagpal R. Effect of Different Obturation Techniques on the Prognosis of Endodontic Therapy: A Retrospective Comparative Analysis. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(7):582-6.

Sathorn C, Parashos P, Messer H. The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: a systematic review. *Int Endod J*. 2008;41(2):91-9.

Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod*. 2005;31(4):271-4.

Schunemann HJ, Mustafa RA, Brozek J, Steingart KR, Leeflang M, Murad MH, et al. GRADE guidelines: 21 part 1. Study design, risk of bias, and indirectness in rating the certainty across a body of evidence for test accuracy. *J Clin Epidemiol*. 2020;122:129-41.

Schunemann HJ, Mustafa RA, Brozek J, Steingart KR, Leeflang M, Murad MH, et al. GRADE guidelines: 21 part 2. Test accuracy: inconsistency, imprecision, publication bias, and other domains for rating the certainty of evidence and presenting it in evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol*. 2020;122:142-52.

Shashirekha G, Jena A, Pattanaik S, Rath J. Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. *J Conserv Dent*. 2018;21(5):546-50.

Siqueira JF, Jr. *Treatment of Endodontic Infections*. Second ed. London: Quintessence Publishing; 2022.

Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, et al. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* 2002;28(6):457-60.

Song M, Park MG, Kwak SW, Kim RH, Ha JH, Kim HC. Pilot Evaluation of Sealer-Based Root Canal Obturation Using Epoxy-Resin-Based and Calcium-Silicate-Based Sealers: A Randomized Clinical Trial. *Materials (Basel).* 2022;15(15).

Tan HSG, Lim KC, Lui JN, Lai WMC, Yu VSH. Postobturation Pain Associated with Tricalcium Silicate and Resin-based Sealer Techniques: A Randomized Clinical Trial. *J Endod.* 2021;47(2):169-77.

Vitali FC, Santos PS, Cardoso M, Massignan C, Garcia L, Bortoluzzi EA, et al. Are electronic apex locators accurate in determining working length in primary teeth pulpectomies? A systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Int Endod J.* 2022;55(10):989-1009.

Wong AW, Zhang S, Li SK, Zhang C, Chu CH. Clinical studies on core-carrier obturation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2017;17(1):167.

Yu YH, Kushnir L, Kohli M, Karabucak B. Comparing the incidence of postoperative pain after root canal filling with warm vertical obturation with resin-based sealer and sealer-based obturation with calcium silicate-based sealer: a prospective clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2021;25(8):5033-42.

Figure 1 - Detailed processes of studies identification, inclusion, and exclusion criteria

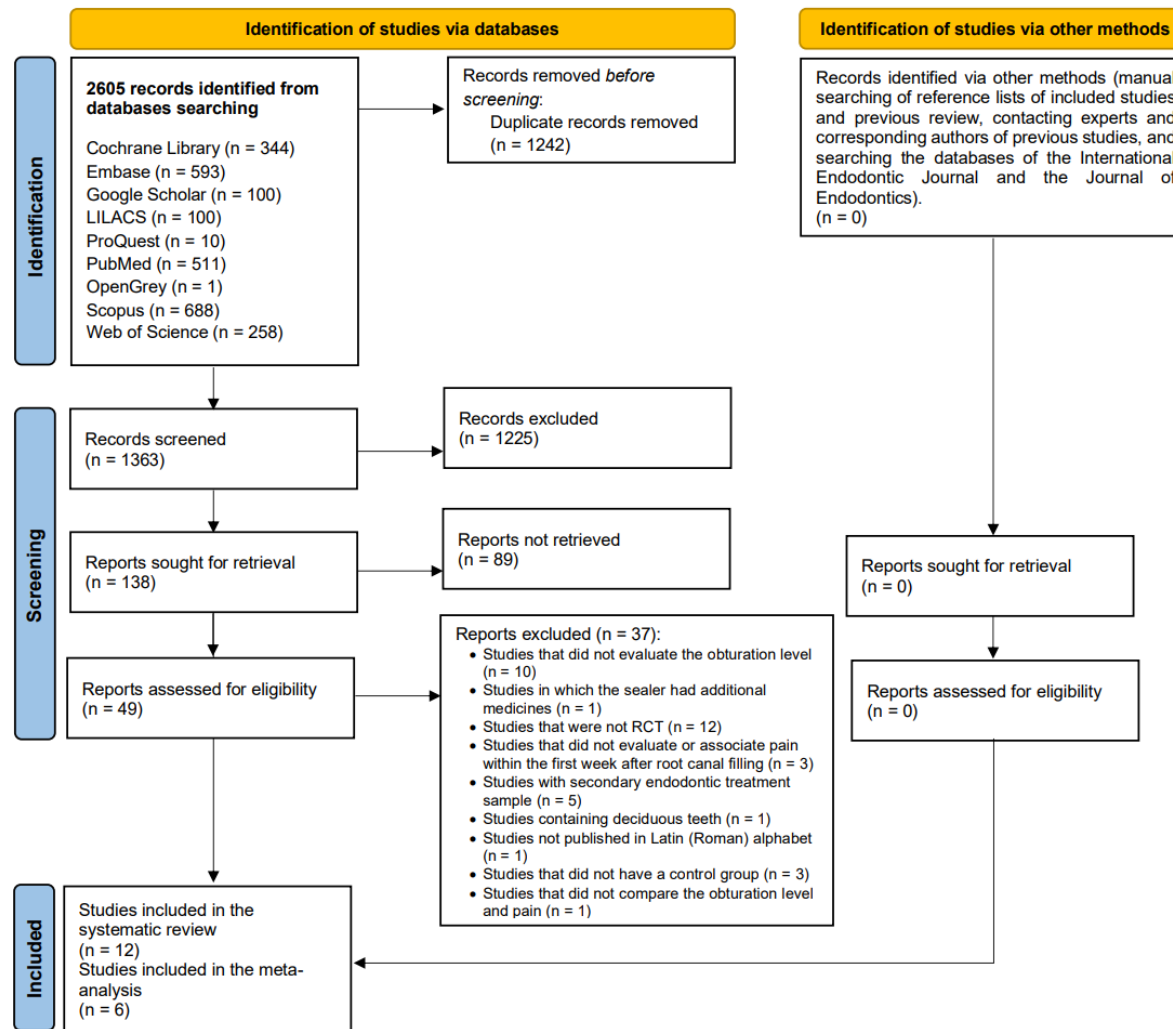


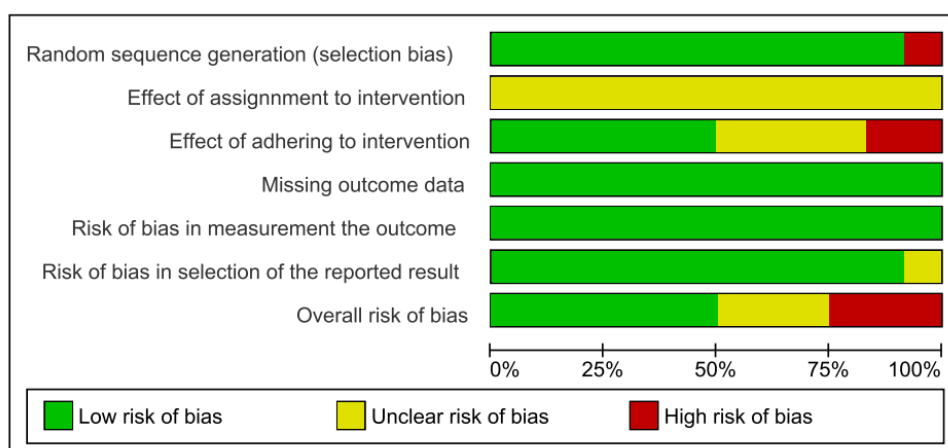
Table 1 - Summary of descriptive characteristics of included articles (=12)

Author, year, country	Participants (N) and permanent teeth (n)	Pulp diagnosis	Professional training	Obturation Technique	Sealer	Pain Analysis	Obturation Level	Main conclusion
Atav Ates et al. 2019 Turkey	N=156 (age 18-65y) One tooth per patient n=156 (mandibular premolar or molar)	Vital or necrotic with or without symptoms	One investigator (from the endodontic department)	HerofillTM Soft-Core obturators n=156	iRoot SP n=78 AHPlus n=78	Visual Analog Scale (VAS) form with pain scores (0-10 cm) and quantity and timing of ibuprofen intake at 6, 12, 24 and 72h	Presence or absence and extent of root canal filling overextension 0=no sealer or GP at the foramen 1=sealer/GP at the foramen 2=sealer/GP extending beyond the foramen	There was no correlation between extrusion of root canal material-pain intensity ($p < 0.05$)
Demirci et al. 2016 Turkey	N=92 (age 18-65y) n=112 (anterior teeth)	Necrotic with periapical periodontitis (< 5 mm)	One endodontist	Cold Lateral condensation (CLC) n=56 Thermafill obturator (TF) n=56	AH Plus n=112	VAS from 1 to 4 at 24 and 48h	Classified: "short" - > 2 mm from the x-ray apex "acceptable" - 0-2 mm from the x-ray apex "overextended" - beyond the x-ray apex	At 24h – no significant difference between groups ($p > .05$) At 48h – TF treat group was significantly higher than CLC ($p < .05$) This can be explained by the extrusion of root canal filling
Gesi et al. 2006 Italy	N=244 (age 10->60) n=244 (maxillary or mandibular teeth)	Vital with or without pain	Clinical Associate Professor Endodontics	CLC n=244	Zinc oxide-eugenol based n=244	Verbal rating scale (VRS) graded 0-3 and percussion 1 week after completion of the root filling	Groups of length determination were 0-2 mm, 2 mm from the x-ray apex and overextended.	After one-week postoperative pain after permanent filling was significantly associated with overextension ($p = 0,000$)

Harrison et al. 1983 USA	N=229 (age 18-82y) N=229 (maxillary or mandibular teeth)	Vital or necrotic free of symptoms	Two endodontists in separate practices	CLC n=229	Zinc oxide-eugenol based n=229	Interviewed for the absence or pain degree (none, slight, or moderate to severe) After 24h, 7d, 30d and 60d	1=more than 1 mm short of the x-ray apex, 2=1 mm short of the radiographic apex to flush with the x-ray apex 3=overextension of sealer/GP beyond the x-ray apex	Significantly higher incidence ($p < 0.05$) and degree ($p < 0.05$) of postoperative pain in teeth with no periapical radiolucent with overextension after 24h
Khandelwal et al. 2022 India	N=57 (aged 18-60y) n=57 (maxillary anterior teeth)	Necrotic pulp with apical periodontitis and VAS score of 30 mm and above	One operator (from the dentistry and endodontics department)	CLC n=57	TubliSeal (n=19) AH Plus (n=19) BioRoot RCS (n=19)	VAS from 0 mm to 100 mm After 24, 48, 72h and 7 days	Sealer extrusion	There was no significant difference in postoperative pain based on the extrusion of sealer except for BioRoot RCS at 24h ($p = 0.028$) and 48h ($p = 0.040$)
Koçer et al. 2022 Turkey	(N=90 aged 18 to 65y) n=90 Single rooted teeth	Vital without symptoms	Single operator with 5y of clinical experience (Endodontic department)	CLC technique n=30 Cold free-flow compaction technique n=30 Guttacore obturator n=30	AH Plus n=60 GuttaFlo w2 n=30	VAS from 0 to 100 or analgesic intake After 6, 12, 24h and daily until the 7th day	Obturation length at a distance within 0-2 mm of the x-ray apex was considered "acceptable", more than 2mm was "short" and an extension beyond the apex was "overextended"	Material overextension led to an increased pain severity on the 1st ($p = 0.003$) and 2nd ($p = 0.005$) postoperative days
Lopes et al. 2019 Brazil	N=60 (aged 18-60y) n=60 (mandibular first and second molar)	Vital teeth with irreversible pulpitis, with little or none pain	Single operator	Thermomechanical compaction with size 60 McSpadden n=60	AH Plus n=60	VRS graded 0 to 3 Numerical rate scale (NRS) graded 0 to 10 After 6, 12 and 24h	Apical extrusion of filling material	Increased pain intensity was associated with filling overextension in both groups (odds of 8.4 for VRS, and 8.1 for NRS)

Mulhern et al. 1982 Canada	N=not mentioned (aged 13-75y) n=60 (maxillary and mandibular singled rooted)	Non-Vital asymptomatic single rooted teeth	Two graduate endodontic students	CLC n=60	TubliSeal n=60	Questionnaire and clinical examination one week after all treatment was completed, and percussion	Level of root canal sealer with respect to the x-ray apex.	Clinically and radiographically, the apical terminus of the root canal filling seemed to have no effect on the incidence of pain
Nino-Barrera et al. 2018 Colombia	N= not mentioned (aged 18-60y) n=120	Vital pulp	Post-graduate residents under teacher supervision	Calamus n=60 Guttacore obturator n=60	Top Seal n=120	VAS from 1mm to 170mm After 24h	Overextension of filling material evaluated in the final x-ray by an endodontic specialist	Significant association between presence of extruded filling material and mild/moderate pain (p=0,002) All teeth presenting pain also presented extruded filling material
Portela et al. 2021 Brazil	N=140 (aged 19-55y) n=140	Necrotic and asymptomatic single rooted teeth with or without apical pathosis	Two endodontists (more than 10 years of experience)	SC technique n=140	AH Plus n=140	VAS from 0 to 10 After 24, 48, and 72h and 1 week	Periapical radiograph was taken to check for sealer extrusion	No association was found between apical extrusion and either the reporting or the intensity of postoperative pain at either the 24- or 48-hour time points (P> 0.05)
Risso et al. 2008 Brazil	N=118 (aged 11-18y) n=118 (mandibular first or second molar)	Necrotic with or without symptoms	One doctoral student	CLC n=118	Zinc oxide-eugenol-based n=118	VAS from 0 to 5, and questionnaire After 6, 12 and 24h and then every 24h during 9 following days	Extrusion of filling material (overextension of sealer and/or gutta-percha beyond x-ray apex)	No statistically significant association was found between overextension of obturation material and postoperative pain (p= 0.14)

Yu et al. 2021 USA	N=92 (aged 18y or more) n=92	Vital with or without symptoms	First or second year postgraduate endodontic resident	Sealer-based technique (SBT) n=51 Warm vertical compaction (WVT) n=41	Endoseq uence n=51 AH Plus Jet n=41	NRS from 0 to 10 After 4, 24 and 48h	Sealer extrusion	Cases with sealer extrusion had higher levels of postoperative pain (p= 0.004)
--------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	---	--	--	--	------------------	--

Figure 2. Risk of bias graph.**Figure 3.** Risk of bias summary.

	Random sequence generation (selection bias)	Effect of assignment to intervention	Effect of adhering to intervention	Missing outcome data	Risk of bias in measurement the outcome	Risk of bias in selection of the reported result	Overall risk of bias
AtavAtes et al., 2018	+	?	+	+	+	+	+
Demirci et al., 2016	+	?	+	+	+	+	+
Gesi et al., 2006	+	?	?	+	+	+	?
Harrison et al., 1983	+	?	-	+	+	?	-
Khandelwal et al., 2022	+	?	+	+	+	+	+
Koçer et al., 2022	+	?	+	+	+	+	+
Lopes et al., 2019	+	?	+	+	+	+	+
Mulhern et al., 1982	+	?	-	+	+	+	-
Nino-Barrera et al., 2018	+	?	?	+	+	+	?
Portela et al., 2021	+	?	?	+	+	+	?
Risso et al., 2008	+	?	+	+	+	+	+
Yu et al., 2021	-	?	?	+	+	+	-

Figure 4. Meta-analysis of the incidence of postoperative pain in teeth with overextension and teeth without overextension analyzed within 24h and 7 days.

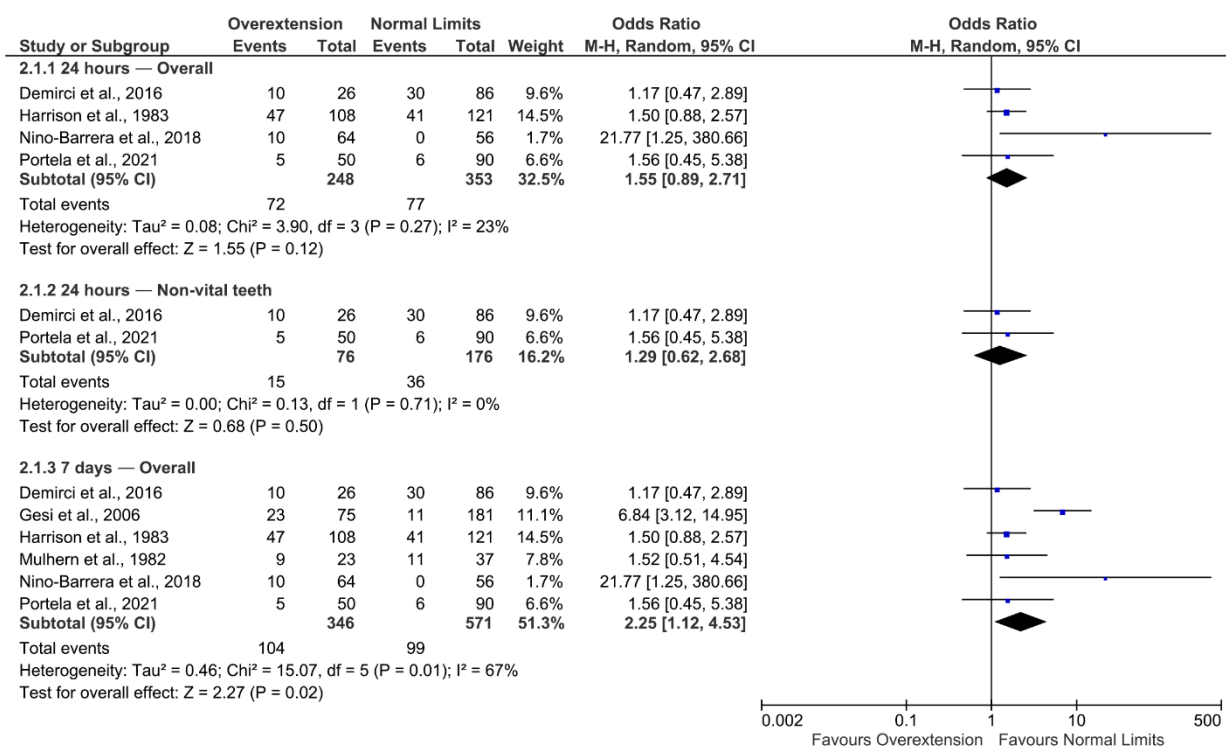
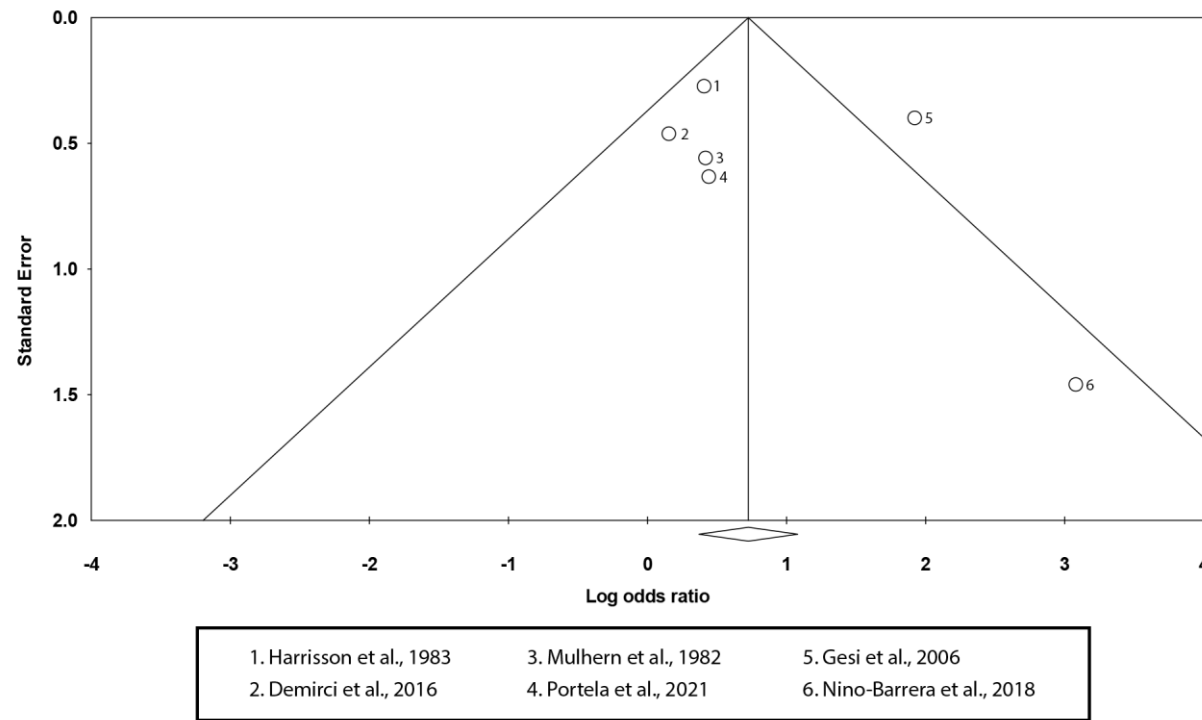


Table 2. GRADE's summary-of-findings table.

Outcomes	Certainty Assessment					N° of patients		Effect		Certainty of the evidence
	Risk of bias	Inconsistency	Indirectness	Imprecision	Other considerations	Over-extension	Normal limits	Relative (95% CI)	Absolute (95% CI)	
24 hours										
Overall	serious ^a	serious ^b	not serious	serious ^c	none	72/248 (29.0%)	77/353 (21.8%)	OR 1.55 (0.89 to 2.71)	8 more per 100 (from 2 fewer to 21 more)	⊕○○○ VERY LOW
Non-vital teeth	serious ^a	serious ^b	not serious	serious ^c	none	15/76 (19.7%)	36/176 (20.5%)	OR 1.29 (0.62 to 2.68)	10 more per 100 (from 7 fewer to 20 more)	⊕○○○ VERY LOW
7 days										
Overall	very serious ^a	serious ^b	not serious	serious ^c	strong association (upgrade +1)	104/346 (30.1%)	99/571 (17.3%)	OR 2.25 (1.12 to 4.53)	15 more per 100 (from 2 more to 31 more)	⊕○○○ VERY LOW

CI: confidence interval; OR: odds ratio. Explanations: a. Fifty percent or more of the included studies presented high or unclear risk of bias; b. Methodological heterogeneity; c. Small sample size (<300 events).

Figure 5. Funnel plot asymmetry for potential publication bias in the meta-analyses ($p=0.5375$).



Supplementary Table 1 – Search strategy for each database

Data Base	Search strategy	Findings
Cochrane Library	("pain" OR "pains" OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless") AND ("obturation" OR "obturations" OR "obturated" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation") AND ("Endodontics" OR "Endodontic" OR "Root Canal" OR "Root Canals")	344
Embase	("pain" OR "pains" OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless") AND ("obturation" OR "obturations" OR "obturated" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation") AND ("Endodontics" OR "Endodontic" OR "Root Canal" OR "Root Canals")	593
Google Scholar	(pain OR pains OR painful OR ache OR aches OR painless) AND (obturation OR obturations OR obturated OR obturative OR "canal filling" OR "root filling" OR "Postobturation" OR "Post-obturation") AND (Endodontics OR Endodontic OR "Root Canal")	100
LILACS	(tw:("pain" OR "pains" OR "painfull" OR "ache" OR "aches" OR "painless" OR "dor" OR "dores" OR "doendo" OR dolor*)) AND (tw:("obturation" OR "obturations" OR "obturated" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR postobtur* OR "Post-obturation" OR obtura* OR "Preenchimento do Canal" OR "Preenchimento Radicular" OR "Pós-obturaç�o" OR "Relleno Radicular" OR "Pos obturaci�n" OR "Post obturaci�n")) AND (tw:(endodonti* OR "Root Canal" OR "Root Canals" OR "Endodoncia" OR "canal radicular" OR "canais radiculares" OR "Conducto Radicular" OR "Conductos Radiculares")) AND (instance:"regional") AND (db:("LILACS"))	100

ProQuest	NOFT(("pain" OR "pains" OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless") AND ("obturation" OR "obturations" OR "obtured" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation") AND ("Endodontics" OR "Endodontic" OR "Root Canal" OR "Root Canals"))	10
PubMed	#1 "pain"[MeSH Terms] OR "pain" OR "pains" OR "Pain, Postoperative"[Mesh] OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless"	1,041,527
	#2 "root canal obturation"[MeSH Terms] OR "obturation" OR "obturations" OR "obtured" OR "obturative" OR "Root Canal Filling Materials"[Mesh] OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation"	13,875
	#3 "Endodontics"[Mesh] OR "Endodontics"[Title/Abstract] OR "Endodontic"[Title/Abstract] OR "Root Canal Therapy"[Mesh] OR "Root Canal" OR "Root Canals"	47,710
	#1 AND #2 AND #3	511
Scopus	(TITLE-ABS-KEY("pain" OR "pains" OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless")) AND (TITLE-ABS-KEY("obturation" OR "obturations" OR "obtured" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation")) AND (TITLE-ABS-KEY("Endodontics" OR "Endodontic" OR "Root Canal" OR "Root Canals"))	688
Web of Science	("pain" OR "pains" OR "painful" OR "ache" OR "aches" OR "painless") AND ("obturation" OR "obturations" OR "obtured" OR "obturative" OR "canal filling" OR "canal fillings" OR "root filling" OR "root fillings" OR "Postobturation" OR "Post-obturation") AND ("Endodontics" OR "Endodontic" OR "Root Canal" OR "Root Canals")	258

Supplementary Table 2 – Excluded articles with reason for exclusion.

Supplementary Table 2. Studies selected for full-text reading and reviewer's judgment.

Study	Reviewer's judgment–Reason for exclusion
Ali et al. (2021) ¹	1
Aslan et al. (2021) ²	1
Atav Ates et al. (2019) ³	Included
Chen et al. (2006) ⁴	2
De Figueiredo et al. (2020) ⁵	1
Demirci et al. (2016) ⁶	Included
Drumond et al. (2021) ⁷	8
Estrela et al. (1996) ⁸	1
Garakani et al. (2014) ⁹	3
Georgopoulou et al. (1988) ¹⁰	3
Gesi et al. (2006) ¹¹	Included
Gor et al. (2019) ¹²	3
Goreva et al. (2004) ¹³	3
Graunaite et al. (2018) ¹⁴	5
Gupta et al. (2021) ¹⁵	1
Harrison et al. (1983) ¹⁶	Included
Jethi et al. (2021) ¹⁷	1
Jimenez Guerra et al. (1987) ¹⁸	6
Juan et al. (2017) ¹⁹	3
Kane et al. (1999) ²⁰	3
Khandewal et al. (2022) ²¹	Included
Kim et al. (2022) ²²	5
Koçer et al. (2022) ²³	Included
Lopes et al (2019) ²⁴	Included
Motta Júnior et al. (1997) ²⁵	1
Mulhern et al. (1982) ²⁶	Included
Mustafa et al. (2021) ²⁷	3
Negm et al. (1987) ²⁸	3
Neiburger (1993) ²⁹	4
Ng et al. (2004) ³⁰	5
Nino-Barrera et al. (2018) ³¹	Included
Patel et al. (2021) ³²	1
Portela et al. (2021) ³³	Included
Rana et al. (2019) ³⁴	1
Risso et al. (2008) ³⁵	Included
Sadaf et al. (2014) ³⁶	3
Shashirekha et al. (2018) ³⁷	8
Shim et al. (2021) ³⁸	9
Shu et al. (2018) ³⁹	7

Soares (2002) ⁴⁰	3
Song et al. (2022) ⁴¹	4
Tan et al. (2021) ⁴²	5
Torabinejad et al. (1994) ⁴³	3
Washio et al. (2020) ⁴⁴	5
Wong et al. (2015) ⁴⁵	4
Yesilsoy et al. (1988) ⁴⁶	3
Yousaf et al. (2021) ⁴⁷	1
Yousuf et al. (2015) ⁴⁸	8
Yu et al. (2021) ⁴⁹	Included

Exclusion criteria: (1) Studies that did not evaluate the obturation level; (2) Studies in which the sealer had additional medicines as corticoid; (3) Studies that were not RCT; (4) Studies that did not evaluate pain within the first week after treatment; (5) Studies with secondary endodontic treatment sample; (6) Studies containing deciduous teeth; (7) Studies not published in Latin (Roman alphabet); (8) Studies that did not have a control group; (9) Studies that did not compare the obturation level and pain.

Supplementary list of references

1. Ali SG, Mulay S, Palekar A, Sejjal D, Joshi A, Gufran H. Prevalence of and factors affecting post-obturation pain following single visit root canal treatment in Indian population: A prospective, randomized clinical trial. *Contemp Clin Dent*. 2012;3(4):459-63.
2. Aslan T, Donmez Ozkan H. The effect of two calcium silicate-based and one epoxy resin-based root canal sealer on postoperative pain: a randomized controlled trial. *Int Endod J*. 2021;54(2):190-7.
3. Atav Ates A, Dumani A, Yoldas O, Unal I. Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH Plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2019;23(7):3053-61.
4. Chen S, Yang X, Guo Z, Li X. Comparison of the occurrence of pain after root canal filling with three different materials. *Medical Journal of Wuhan University* 2006;27(4):492-4.
5. de-Figueiredo FED, Lima LF, Lima GS, Oliveira LS, Ribeiro MA, Brito-Junior M, et al. Apical periodontitis healing and postoperative pain following endodontic treatment with a reciprocating single-file, single-cone approach: A randomized controlled pragmatic clinical trial. *PLoS One*. 2020;15(2):e0227347.
6. Demirci KG, Caliskan MK. A Prospective Randomized Comparative Study of Cold Lateral Condensation Versus Core/Gutta-percha in Teeth with Periapical Lesions. *J Endod*. 2016;42(2):206-10.
7. Drumond J, Maeda W, Nascimento WM, Campos DL, Prado MC, de-Jesus-Soares A, et al. Comparison of Postobturation Pain Experience after Apical Extrusion of Calcium Silicate- and Resin-Based Root Canal Sealers. *J Endod*. 2021;47(8):1278-84.

8. Estrela C, Siqueira RMG, Resende EV, Silva AS, Silva FAC. Influência da substância química, do cimento obturador e do número de sessões na incidência de pericementite traumática. *ROBRAC*. 1996;6(20):9-13.
9. Garakani SG, Sadeghi S. Evaluation of pain and swelling after root canal treatment and the affecting factors. *Advances in Environmental Biology*. 2014;8(23):130-7.
10. Georgopoulou M, Sikaras S, Anastasiadis P. [Pain after obturation of the root canals]. *Hell Stomatol Chron*. 1988;32(4):249-54.
11. Gesi A, Hakeberg M, Warfvinge J, Bergenholtz G. Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pulpectomy--a clinical and radiographic evaluation of 1-versus 2-session treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;101(3):379-88.
12. Gor IA, Tarasenko SV, Grigor'janc LA, Safarov AS. Management of the Patients with Overfilled Root Canals. *Indo Am J Pharm Sci*. 2019;6(2):3997-4002.
13. Goreva LA, Petrikas A. [Postobturation pain associated with endodontic treatment]. *Stomatologija (Mosk)*. 2004;83(2):14-6.
14. Graunaite I, Skucaite N, Lodiene G, Agentiene I, Machiulskiene V. Effect of Resin-based and Bioceramic Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Split-mouth Randomized Controlled Trial. *J Endod*. 2018;44(5):689-93.
15. Gupta NK, Mantri SP, Paul B, Dube KA, Ghosh S. Incidence of postoperative pain after single-visit and multiple-visit root canal therapy: A randomized controlled trial. *J Conserv Dent*. 2021;24(4):348-53.
16. Harrison JW, Baumgartner JC, Svec TA. Incidence of pain associated with clinical factors during and after root canal therapy. Part 2. Postobturation pain. *J Endod*. 1983;9(10):434-8.
17. Jethi N, Beniwal J, Yadav R, Kaur S, Nain VJ, Gupta C. The Effect of Speed and Rotation for Protaper File Systems on Postobturation Pain in a Single Visit and Multiple (Two) Visits in Root Canal Therapy: An In Vivo Study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2021;11(6):695-702.
18. Jimenez Guerra JC, Jimenez Guerra G, Jimenez Ortega G, Davila Bravo A. [Frequency of immediate post-endodontic pain. Evaluation of factors]. *Rev Esp Estomatol*. 1987;35(5):323-8.
19. Juan W, Kun Z. An observational study on effect of warm gutta-percha filling with microscopic root canal technique. *Biomed Res- India*. 2017;Special Issue S67-S72.
20. Kane AW, Sarr M, Faye B, Toure B, Ba A. [Incidence of postoperative pain in single session root canal therapy (study in black senegalese apropos of 96 cases)]. *Dakar Med*. 1999;44(1):114-8.
21. Khandelwal A, Jose J, Teja KV, Palanivelu A. Comparative evaluation of postoperative pain and periapical healing after root canal treatment using three different base endodontic sealers - A randomized control clinical trial. *J Clin Exp Dent*. 2022;14(2):e144-e52.
22. Kim JH, Cho SY, Choi Y, Kim DH, Shin SJ, Jung IY. Clinical Efficacy of Sealer-based Obturation Using Calcium Silicate Sealers: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2022;48(2):144-51.

23. Koçer A, Donmez Ozkan H, Turk T. Postoperative pain intensity and incidence following single visit root canal treatment with different obturation techniques: a randomized clinical trial. *PeerJ*. 2022;10:e13756.
24. Lopes LPB, Herkrath FJ, Vianna ECB, Gualberto Junior EC, Marques AAF, Sponchiado Junior EC. Effect of photobiomodulation therapy on postoperative pain after endodontic treatment: a randomized, controlled, clinical study. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):285-92.
25. Motta Júnior AG, Hana NRA, Lomba EC. Incidência dolorosa após o tratamento endodôntico em uma sessão em dentes com polpa mortificada. *Rev Bras Odontol*:1997;54(3):150-2.
26. Mulhern JM, Patterson SS, Newton CW, Ringel AM. Incidence of postoperative pain after one-appointment endodontic treatment of asymptomatic pulpal necross in single-rooted teeth. *J Endod*. 1982;8(8):370-5.
27. Mustafa M, Almuhaiza M, Alamri HM, Abdulwahed A, Alghomlas ZI, Alothman TA, et al. Evaluation of the causes of failure of root canal treatment among patients in the City of Al-Kharj, Saudi Arabia. *Niger J Clin Pract*. 2021;24(4):621-8.
28. Negm MM. Biologic evaluation of SPAD. II. A clinical comparison of Traitement SPAD with the conventional root canal filling technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1987;63(4):487-93.
29. Neiburger EJ. Patient comfort using three methods of endodontic therapy: traditional, paraformaldehyde, and hybrid sealer techniques. *J Ala Dent Assoc*. 1993;77(4):36-9.
30. Ng YL, Glennon JP, Setchell DJ, Gulabivala K. Prevalence of and factors affecting post-obturation pain in patients undergoing root canal treatment. *Int Endod J*. 2004;37(6):381-91.
31. Nino-Barrera JL, Gamboa-Martinez LF, Laserna-Zuluaga H, Unapanta J, Hernandez-Mejia D, Olaya C, et al. Factors associated to apical overfilling after a thermoplastic obturation technique - Calamus(R) or Guttacore(R): a randomized clinical experiment. *Acta Odontol Latinoam*. 2018;31(1):45-52.
32. Patel R, Bansal N, Dudulwar DG, Gupta D, Dodwad R, Saidath K. Evaluation of Post-Obturation Pain after Single Visit Versus Multiple-Visit Non-Surgical Endodontic Treatments. *Int J Cur Res Rev*. 2021;13(5):S66-9.
33. Portela FSMF, De Martin AS, Pelegrine RA, Gutmann JL, Kato AS, Bueno C. Effect of Foraminal Enlargement on Postoperative Pain in Necrotic Single-Rooted Teeth: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2021;47(7):1046-51.
34. Rana SAA, Akhtar M, Jameel M, Rana MA, Nazir A, Kashif M. Frequency of Post Obturation Pain after Single versus Multiple Visits Endodontic Therapy by using Hybrid Root Canal Preparation Technique. *Int J Med Res Health*. 2019;8(3):78-84.
35. Risso PA, Cunha AJ, Araujo MC, Luiz RR. Postobturation pain and associated factors in adolescent patients undergoing one- and two-visit root canal treatment. *J Dent*. 2008;36(11):928-34.
36. Sadaf D, Ahmad MZ. Factors associated with postoperative pain in endodontic therapy. *Int J Biomed Sci*. 2014;10(4):243-7.
37. Shashirekha G, Jena A, Pattanaik S, Rath J. Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. *J Conserv Dent*. 2018;21(5):546-50.

38. Shim K, Jang YE, Kim Y. Comparison of the Effects of a Bioceramic and Conventional Resin-Based Sealers on Postoperative Pain after Nonsurgical Root Canal Treatment: A Randomized Controlled Clinical Study. *Materials (Basel)*. 2021;14(10).
39. Shu Y, Luo Y. Curative effect of warm gutta-percha filling technique combined with different sealers in root canal filling. *Shanghai J Stomatol*. 2018;27(6):645-48.
40. Soares JA. Incidência de dor após tratamento endodôntico de pacientes com necrose pulpar e patologias periapicais crônicas. *RBO*. 2002;59(4):231-5.
41. Song M, Park MG, Kwak SW, Kim RH, Ha JH, Kim HC. Pilot Evaluation of Sealer-Based Root Canal Obturation Using Epoxy-Resin-Based and Calcium-Silicate-Based Sealers: A Randomized Clinical Trial. *Materials (Basel)*. 2022;15(15).
42. Tan HSG, Lim KC, Lui JN, Lai WMC, Yu VSH. Postobturation Pain Associated with Tricalcium Silicate and Resin-based Sealer Techniques: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2021;47(2):169-77.
43. Torabinejad M, Dorn SO, Eleazer PD, Frankson M, Jouhari B, Mullin RK, et al. Effectiveness of various medications on postoperative pain following root canal obturation. *J Endod*. 1994;20(9):427-31.
44. Washio A, Miura H, Morotomi T, Ichimaru-Suematsu M, Miyahara H, Hanada-Miyahara K, et al. Effect of Bioactive Glass-Based Root Canal Sealer on the Incidence of Postoperative Pain after Root Canal Obturation. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(23).
45. Wong AW, Zhang S, Li SK, Zhu X, Zhang C, Chu CH. Incidence of post-obturation pain after single-visit versus multiple-visit non-surgical endodontic treatments. *BMC Oral Health*. 2015;15:96.
46. Yesilsoy C, Koren LZ, Morse DR, Rankow H, Bolanos OR, Furst ML. Post-endodontic obturation pain: a comparative evaluation. *Quintessence Int*. 1988;19(6):431-8.
47. Yousaf A, Ali F, Bhangar F, Alam M. Effect of Apical Patency on Postoperative Pain after Single-visit Endodontic Treatment in Necrotic Teeth with Asymptomatic Apical Periodontitis: A Randomised Control Trial. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2021;31(10):1154-8.
48. Yousuf W, Khan M, Sheikh A. Success Rate of Overfilled Root Canal Treatment. *J Ayub Med Coll Abbottabad*. 2015;27(4):780-3.
49. Yu YH, Kushnir L, Kohli M, Karabucak B. Comparing the incidence of postoperative pain after root canal filling with warm vertical obturation with resin-based sealer and sealer-based obturation with calcium silicate-based sealer: a prospective clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2021;25(8):5033-42.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro das limitações do presente estudo, foi possível observar que as diferentes temperaturas de armazenamento influenciaram nas propriedades físico-químicas dos cimentos testados. A propriedade que apresentou menor alteração com as diferentes temperaturas foi o escoamento, na qual apenas o cimento AH Plus Jet armazenado em geladeira apresentou diferença significativa em seus valores. Nas demais propriedades, todos os cimentos apresentaram diferenças estatisticamente significativas em pelo menos uma das temperaturas e/ou períodos avaliados.

Na investigação da resistência de união ao cisalhamento por extrusão (*push-out*), também foi observada a influência da temperatura de armazenamento. Os cimentos BioRoot RCS e Endomethasone N apresentaram valores estatisticamente diferentes nas diferentes temperaturas.

De modo geral, os cimentos armazenados à 20°C, temperatura que se enquadra dentro das recomendações de todos os fabricantes, apresentaram os melhores resultados. Novos estudos que investiguem a influência da temperatura de armazenamento nas propriedades físico-químicas dos cimentos endodônticos precisam ser realizados, principalmente com novos cimentos, novos testes e diferentes períodos de armazenamento.

Quanto aos efeitos da sobre-extensão da obturação na incidência de dor pós-operatória, os resultados da revisão sistemática realizada mostraram que, na maioria dos estudos clínicos randomizados incluídos, houve maior incidência de dor pós-operatória em dentes permanentes recebendo tratamento endodôntico primário onde houve sobre-extensão, quando comparados aos dentes que tiveram a obturação restrita aos limites do canal radicular. No entanto, o risco de viés foi considerado incerto em seis dos estudos avaliados, e a aplicação do GRADE apontou muito baixa certeza do nível de evidência do resultado encontrado na RS. Diante disso, novos estudos clínicos randomizados com maior padronização e qualidade metodológica são ainda necessários para comprovar a evidência dos resultados encontrados.

REFERÊNCIAS

- ALI, S. G.; MULAY, S.; PALEKAR, A.; SEJPAL, D. *et al.* Prevalence of and factors affecting post-obturation pain following single visit root canal treatment in Indian population: A prospective, randomized clinical trial. **Contemp Clin Dent**, 3, n. 4, p. 459-463, Oct 2012.
- ALONSO-EZPELETA, L. O.; GASCO-GARCIA, C.; CASTELLANOS-COSANO, L.; MARTIN-GONZALEZ, J. *et al.* Postoperative pain after one-visit root-canal treatment on teeth with vital pulps: comparison of three different obturation techniques. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, 17, n. 4, p. e721-727, Jul 1 2012.
- ALRAHABI, M. K. Predictors, prevention, and management of postoperative pain associated with nonsurgical root canal treatment: A systematic review. **J Taibah Univ Med Sci**, 12, n. 5, p. 376-384, Oct 2017.
- AMERICA NATIONAL STANDARDS/AMERICAN DENTAL ASSOCIATION (ANSI/ADA). Endodontic Sealing Materials. **Standard nº 57**. Aug 2012.
- ANGELUS SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2013. Bio-C Sealer Bioceramic Root Canal Sealer. Scientific Profile. Available online: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2019/12/Bio-C-Sealer-Technical-Scientific-Profile-Angelus.pdf> (Acessado em 6 de abril de 2023).
- ANTUNES, T. B. M.; JANINI, A. C. P.; PELEPENKO, L. E.; ABUNA, G. F. *et al.* Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. **Int Endod J**, 54, n. 7, p. 1175-1188, Jul 2021.
- ASLAN, T.; DONMEZ OZKAN, H. The effect of two calcium silicate-based and one epoxy resin-based root canal sealer on postoperative pain: a randomized controlled trial. **Int Endod J**, 54, n. 2, p. 190-197, Feb 2021.
- ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE ENDODONTISTAS (AAE). **Glossário de Termos Endodônticos**. Décima Edição. Chicago, IL. Atualizado em março de 2020. Aae.org.
- ATAV ATES, A.; DUMANI, A.; YOLDAS, O.; UNAL, I. Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH Plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial. **Clin Oral Investig**, 23, n. 7, p. 3053-3061, Jul 2019.
- ATMEH, A. R.; ALSHWAIMI, E. The Effect of Heating Time and Temperature on Epoxy Resin and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. **J Endod**, 43, n. 12, p. 2112-2118, Dec 2017.
- ATMEH, A. R.; HADIS, M.; CAMILLERI, J. Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. **Int Endod J**, 53, n. 5, p. 698-708, May 2020.

AYER, A.; MANANDHAR, T. R.; AGRAWAL, N.; VIKRAM, M.; SUWAL, P. A comparative study of apical microleakage of different root canal sealers by apical dye penetration. **Bangla J Med Sci**, 16, n. 2, p. 219-24, 2017.

BARROS, J.; COSTA-RODRIGUES, J.; LOPES, M. A.; PINA-VAZ, I. *et al.* Response of human osteoblastic and osteoclastic cells to AH plus and pulp canal sealer containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles. **J Endod**, 40, n. 8, p. 1149-1155, Aug 2014.

BERNARDI, A.; BORTOLUZZI, E. A.; FELIPPE, W. T.; FELIPPE, M. C. *et al.* Effects of the addition of nanoparticulate calcium carbonate on setting time, dimensional change, compressive strength, solubility and pH of MTA. **Int Endod J**, 50, n. 1, p. 97-105, Jan 2017.

BERNATH, M.; SZABO, J. Tissue reaction initiated by different sealers. **Int Endod J**, 36, n. 4, p. 256-261, Apr 2003.

BIGGS, S. G.; KNOWLES, K. I.; IBARROLA, J. L.; PASHLEY, D. H. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. **J Endod**, 32, n. 8, p. 759-761, Aug 2006.

CAKICI, F.; CAKICI, E. B.; CEYHANLI, K. T.; CELIK, E. *et al.* Evaluation of bond strength of various epoxy resin-based sealers in oval shaped root canals. **BMC Oral Health**, 16, n. 1, p. 106, Sep 30 2016.

CAMARGO, R. V.; SILVA-SOUSA, Y. T. C.; ROSA, R.; MAZZI-CHAVES, J. F. *et al.* Evaluation of the physicochemical properties of silicone- and epoxy resin-based root canal sealers. **Braz Oral Res**, 31, p. e72, Aug 2017.

CAMILLERI, J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. **Int Endod J**, 41, n. 5, p. 408-417, May 2008.

CAMILLERI, J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. **J Endod**, 41, n. 7, p. 1139-1145, Jul 2015.

CANDEIRO, G. T.; CORREIA, F. C.; DUARTE, M. A.; RIBEIRO-SIQUEIRA, D. C. *et al.* Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. **J Endod**, 38, n. 6, p. 842-845, Jun 2012.

CARVALHO, C. N.; GRAZZIOTIN-SOARES, R.; DE MIRANDA CANDEIRO, G. T.; GALLEGU MARTINEZ, L. *et al.* Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. **Iran Endod J**, 12, n. 3, p. 343-348, Summer 2017.

CARVALHO-JUNIOR, J. R.; CORRER-SOBRINHO, L.; CORRER, A. B.; SINHORETI, M. A. *et al.* Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. **J Endod**, 33, n. 9, p. 1110-1116, Sep 2007.

CASTRO, F. L.; CAMPOS, B. B.; BRUNO, K. F.; REGES, R. V. Temperature and curing time affect composite sorption and solubility. **J Appl Oral Sci**, 21, n. 2, p. 157-162, Mar-Apr 2013.

CAVENAGO, B. C.; PEREIRA, T. C.; DUARTE, M. A.; ORDINOLA-ZAPATA, R. *et al.* Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. **Int Endod J**, 47, n. 2, p. 120-126, Feb 2014.

CELIK TEN, B.; JACOBS, R.; DE FARIA VASCONCELOS, K.; HUANG, Y. *et al.* Comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on blooming artifacts in human teeth filled with bioceramic sealers. **Clin Oral Investig**, 23, n. 8, p. 3267-3273, Aug 2019.

CHAVARRIA-BOLANOS, D.; KOMABAYASHI, T.; SHEN, I.; VEGA-BAUDRIT, J. *et al.* Effects of heat on seven endodontic sealers. **J Oral Sci**, 64, n. 1, p. 33-39, Jan 2022.

CHEDELLA, S. C.; BERZINS, D. W. A differential scanning calorimetry study of the setting reaction of MTA. **Int Endod J**, 43, n. 6, p. 509-518, Jun 2010.

CHEN, S.; YANG, X.; GUO, Z.; LI, X. Comparison of the occurrence of pain after root canal filling with three different materials. **Medical Journal of Wuhan University**, 27, n. 4, p. 492-4, 2006.

CHEN, X.; OU, J.; WEI, Y.; HUANG, Z. *et al.* Effect of MgO contents on the mechanical properties and biological performances of bioceramics in the MgO-CaO-SiO₂ system. **J Mater Sci Mater Med**, 21, n. 5, p. 1463-1471, May 2010.

COLLARES, F. M.; PORTELLA, F. F.; RODRIGUES, S. B.; CELESTE, R. K. *et al.* The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. **Int Endod J**, 49, n. 9, p. 836-849, Sep 2016.

COOK, D. J.; MULROW, C. D.; HAYNES, R. B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Ann Intern Med**, 126, n. 5, p. 376-380, Mar 1997.

DE-DEUS, G.; PACIORNIK, S.; MAURICIO, M. H. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. **Int Endod J**, 39, n. 5, p. 401-407, May 2006.

DE-DEUS, G.; REIS, C.; BEZNOS, D.; DE ABRANCHES, A. M. *et al.* Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. **J Endod**, 34, n. 11, p. 1401-1405, Nov 2008.

DE-FIGUEIREDO, F. E. D.; LIMA, L. F.; LIMA, G. S.; OLIVEIRA, L. S. *et al.* Apical periodontitis healing and postoperative pain following endodontic treatment with a reciprocating single-file, single-cone approach: A randomized controlled pragmatic clinical trial. **PLoS One**, 15, n. 2, p. e0227347, 2020.

DEMIRCI, G.K.; CALISKAN, M. K. A Prospective Randomized Comparative Study of Cold Lateral Condensation Versus Core/Gutta-percha in Teeth with Periapical Lesions. **J Endod**, 42, n. 2, p. 206-210, Feb 2016.

DENTSPLY SIRONA, 2023. AH Plus Jet Root Canal Sealer. Scientific Profile. Available online: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/pim/manufacturer/Endodontics/Obturation_Materials_and_Instruments/Sealers/AH_Plus___AH_Plus_Jet/AHPlusJet_IFU.pdf (Acessado em 6 de abril de 2023).

DONNERMEYER, D.; DORNSEIFER, P.; SCHAFER, E.; DAMMASCHKE, T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. **Head Face Med**, 14, n. 1, p. 13, Aug 2018.

DONNERMEYER, D.; IBING, M.; BURKLEIN, S.; WEBER, I. *et al.* Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. **Materials (Basel)**, 14, n. 4, Feb 2021.

DONNERMEYER, D.; URBAN, K.; BURKLEIN, S.; SCHAFER, E. Physico-chemical investigation of endodontic sealers exposed to simulated intracanal heat application: epoxy resins and zinc oxide-eugenols. **Int Endod J**, 53, n. 5, p. 690-697, May 2020.

DRUMOND, J.; MAEDA, W.; NASCIMENTO, W. M.; CAMPOS, D. L. *et al.* Comparison of Postobturation Pain Experience after Apical Extrusion of Calcium Silicate- and Resin-Based Root Canal Sealers. **J Endod**, 47, n. 8, p. 1278-1284, Aug 2021.

DUARTE, M. A.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; BERNARDES, R. A.; BRAMANTE, C. M. *et al.* Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. **J Endod**, 36, n. 6, p. 1048-1051, Jun 2010.

DURAN, C. R.; GANCEDO-CARAVIA, D. L.; GONZALEZ, V. V.; LOSADA, C. G. Push out bond strength of hydraulic cements used at different thicknesses. **BMC Oral Health**, 23, n. 1, p. 81, Feb 2023.

EL MUBARAK, A. H.; ABU-BAKR, N. H.; IBRAHIM, Y. E. Postoperative pain in multiple-visit and single-visit root canal treatment. **J Endod**, 36, n. 1, p. 36-39, Jan 2010.

EL-MAKSoud, O. A.; HAMAMA, H. H. H.; WAFAlE, R. A.; EL-WASSEFY, N. *et al.* Effect of shelf-storage temperature on degree of conversion and microhardness of composite restorative materials. **BMC Oral Health**, 23, n. 1, p. 57, Jan 2023.

ESTRELA, C.; SIQUEIRA, R. M.G.; RESENDE, E. V.; SILVA, A.S.; SILVA, F. A. C. Influência da substância química, do cimento obturador e do número de sessões na incidência de pericementite traumática. **ROBRAC**, 6, n. 20, p. 9-13, 1996.

FARIAS-JUNIOR, N. B.; TANOMARU-FILHO, M.; BERBERT, F. L.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. **Int Endod J**, 46, n. 8, p. 755-762, Aug 2013.

FISHER, M. A.; BERZINS, D. W.; BAHCALL, J. K. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. **J Endod**, 33, n. 7, p. 856-858, Jul 2007.

FRISTAD, I.; MOLVEN, O.; HALSE, A. Nonsurgically retreated root filled teeth-radiographic findings after 20-27 years. **Int Endod J**, 37, n. 1, p. 12-18, Jan 2004.

GADE, V. J.; BELSARE, L. D.; PATIL, S.; BHEDE, R. *et al.* Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. **J Conserv Dent**, 18, n. 2, p. 124-127, Mar-Apr 2015.

GANCEDO-CARAVIA, L.; GARCIA-BARBERO, E. Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. **J Endod**, 32, n. 9, p. 894-896, Sep 2006.

GARAKANI, S.G.; SADEGHI, S. Evaluation of pain and swelling after root canal treatment and the affecting factors. **Advances in Environmental Biology**, 8, n. 23, p. 130-7, 2014.

GENET, J. M.; HART, A. A.; WESSELINK, P. R.; THODEN VAN VELZEN, S. K. Preoperative and operative factors associated with pain after the first endodontic visit. **Int Endod J**, 20, n. 2, p. 53-64, Mar 1987.

GEORGOPOULOU, M.; SIKARAS, S.; ANASTASIADIS, P. [Pain after obturation of the root canals]. **Hell Stomatol Chron**, 32, n. 4, p. 249-254, Oct-Dec 1988.

GESI, A.; HAKEBERG, M.; WARFVINGE, J.; BERGENHOLTZ, G. Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pulpectomy--a clinical and radiographic evaluation of 1- versus 2-session treatment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 101, n. 3, p. 379-388, Mar 2006.

GLASSMAN, G.; KRASNER, P.; MORSE, D. R.; RANKOW, H. *et al.* A prospective randomized double-blind trial on efficacy of dexamethasone for endodontic interappointment pain in teeth with asymptomatic inflamed pulps. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, 67, n. 1, p. 96-100, Jan 1989.

GOGOS, C.; ECONOMIDES, N.; STAVRIANOS, C.; KOLOKOURIS, I. *et al.* Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. **J Endod**, 30, n. 4, p. 238-240, Apr 2004.

GOR, I. A.; TARASENKO, S. V.; GRIGOR'JANC, L. A.; SAFAROV, A. S. Management of the Patients with Overfilled Root Canals. **Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences**, 6, n. 2, p. 3997-4002, Feb 2019.

GOREVA, L. A.; PETRIKAS, A. [Postobturation pain associated with endodontic treatment]. **Stomatologija (Mosk)**, 83, n. 2, p. 14-16, 2004.

GRAUNAITE, I.; SKUCAITE, N.; LODIENE, G.; AGENTIENE, I. *et al.* Effect of Resin-based and Bioceramic Root Canal Sealers on Postoperative Pain: A Split-mouth Randomized Controlled Trial. **J Endod**, 44, n. 5, p. 689-693, May 2018.

GROSSMAN, L. **Endodontic practice**. 10th ed. ed. Philadelphia (PA): Henry Kimpton Publishers, 1981.

GUPTA, N. K.; MANTRI, S. P.; PAUL, B.; DUBE, K. A. *et al.* Incidence of postoperative pain after single-visit and multiple-visit root canal therapy: A randomized controlled trial. **J Conserv Dent**, 24, n. 4, p. 348-353, Jul-Aug 2021.

GUTMANN, J. L.; RAKUSIN, H. Perspectives on root canal obturation with thermoplasticized injectable gutta-percha. **Int Endod J**, 20, n. 6, p. 261-270, Nov 1987.

GUYATT, G. H.; OXMAN, A. D.; VIST, G. E.; KUNZ, R. *et al.* GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. **BMJ**, 336, n. 7650, p. 924-926, Apr 2008.

HARRISON, J. W.; BAUMGARTNER, J. C.; SVEC, T. A. Incidence of pain associated with clinical factors during and after root canal therapy. Part 2. Postobturation pain. **J Endod**, 9, n. 10, p. 434-438, Oct 1983.

HERAN, J.; KHALID, S.; ALBAAJ, F.; TOMSON, P. L. *et al.* The single cone obturation technique with a modified warm filler. **J Dent**, 89, p. 103181, Oct 2019.

HIGGINS JPT, T. J., CHANDLER J, CUMPSTON M, LI T, PAGE MJ, WELCH VA. **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3**. 2022.

HJERMSTAD, M. J.; FAYERS, P. M.; HAUGEN, D. F.; CARACENI, A. *et al.* Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. **J Pain Symptom Manage**, 41, n. 6, p. 1073-1093, Jun 2011.

INGLE JI, B. E., GLICK DH, WEICHMAN JA. **Endodontic success & failure: the Washington Study. Chapter 1: Modern Endodontic Therapy**. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994. (Endodontics).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Dentistry – Root Canal Sealing Materials. ISO 6876. Geneva: International Organization for Standardization; 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Dentistry – Root Canal Sealing Materials. ISO 6876. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.

JAINAEN, A.; PALAMARA, J. E.; MESSER, H. H. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. **Int Endod J**, 40, n. 11, p. 882-890, Nov 2007.

JEANNEAU, C.; GIRAUD, T.; MILAN, J. L.; ABOUT, I. Investigating unset endodontic sealers' eugenol and hydrocortisone roles in modulating the initial steps of inflammation. **Clin Oral Investig**, 24, n. 2, p. 639-647, Feb 2020.

JETHI, N.; BENIWAL, J.; YADAV, R.; KAUR, S. *et al.* The Effect of Speed and Rotation for Protaper File Systems on Postobturation Pain in a Single Visit and Multiple (Two) Visits in Root Canal Therapy: An In Vivo Study. **J Int Soc Prev Community Dent**, 11, n. 6, p. 695-702, Nov-Dec 2021.

JIMENEZ GUERRA, J. C.; JIMENEZ GUERRA, G.; JIMENEZ ORTEGA, G.; DAVILA BRAVO, A. [Frequency of immediate post-endodontic pain. Evaluation of factors]. **Rev Esp Estomatol**, 35, n. 5, p. 323-328, Sep-Oct 1987.

JOWKAR, Z.; HAMIDI, S. A.; SHAFIEI, F.; GHAHRAMANI, Y. The Effect of Silver, Zinc Oxide, and Titanium Dioxide Nanoparticles Used as Final Irrigation Solutions on the Fracture Resistance of Root-Filled Teeth. **Clin Cosmet Investig Dent**, 12, p. 141-148, 2020.

JUAN, W.; KUN Z. An observational study on effect of warm gutta-percha filling with microscopic root canal technique. **Biomed Res- India**, Special Issue S67-S72, 2017.

KANE, A. W.; SARR, M.; FAYE, B.; TOURE, B. *et al.* [Incidence of postoperative pain in single session root canal therapy (study in black senegalese apropos of 96 cases)]. **Dakar Med**, 44, n. 1, p. 114-118, 1999.

KHANDELWAL, A.; JOSE, J.; TEJA, K. V.; PALANIVELU, A. Comparative evaluation of postoperative pain and periapical healing after root canal treatment using three different base endodontic sealers - A randomized control clinical trial. **J Clin Exp Dent**, 14, n. 2, p. e144-e152, Feb 2022.

KHEDMAT, S.; AGHAJANI, F.; ZARINGHALAM, S. The effect of storage temperature on mechanical properties of gutta-percha and resilon. **J Dent (Tehran)**, 10, n. 6, p. 548-553, Nov 2013.

KHERLAKIAN, D.; CUNHA, R. S.; EHRHARDT, I. C.; ZUOLO, M. L. *et al.* Comparison of the Incidence of Postoperative Pain after Using 2 Reciprocating Systems and a Continuous Rotary System: A Prospective Randomized Clinical Trial. **J Endod**, 42, n. 2, p. 171-176, Feb 2016.

KIM, J. H.; CHO, S. Y.; CHOI, Y.; KIM, D. H. *et al.* Clinical Efficacy of Sealer-based Obturation Using Calcium Silicate Sealers: A Randomized Clinical Trial. **J Endod**, 48, n. 2, p. 144-151, Feb 2022.

KOÇER, A.; DONMEZ OZKAN, H.; TURK, T. Postoperative pain intensity and incidence following single visit root canal treatment with different obturation techniques: a randomized clinical trial. **PeerJ**, 10, p. e13756, 2022.

LOPES, H. P., SIQUEIRA JR, J.F. **Endodontia. Biologia e técnica**. 4th ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

LOPES, L. P. B.; HERKRATH, F. J.; VIANNA, E. C. B.; GUALBERTO JUNIOR, E. C. *et al.* Effect of photobiomodulation therapy on postoperative pain after endodontic treatment: a randomized, controlled, clinical study. **Clin Oral Investig**, 23, n. 1, p. 285-292, Jan 2019.

LUCAS, C. P.; VIAPIANA, R.; BOSSO-MARTELO, R.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M. *et al.* Physicochemical Properties and Dentin Bond Strength of a Tricalcium Silicate-Based Retrograde Material. **Braz Dent J**, 28, n. 1, p. 51-56, Jan-Feb 2017.

MARIN-BAUZA, G. A.; RACHED-JUNIOR, F. J.; SOUZA-GABRIEL, A. E.; SOUSA-NETO, M. D. *et al.* Physicochemical properties of methacrylate resin-based root canal sealers. **J Endod**, 36, n. 9, p. 1531-1536, Sep 2010.

MARIN-BAUZA, G. A.; SILVA-SOUSA, Y. T.; DA CUNHA, S. A.; RACHED-JUNIOR, F. J. *et al.* Physicochemical properties of endodontic sealers of different bases. **J Appl Oral Sci**, 20, n. 4, p. 455-461, Jul-Aug 2012.

MCHUGH, C. P.; ZHANG, P.; MICHALEK, S.; ELEAZER, P. D. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. **J Endod**, 30, n. 4, p. 218-219, Apr 2004.

MOTTA JÚNIOR, A.G.; HANA, N.R.A.; LOMBA, E. C. Incidência dolorosa após o tratamento endodôntico em uma sessão em dentes com polpa mortificada. **Rev Bras Odontol**, 54, N. 3, P. 150-2, 1997.

MULHERN, J. M.; PATTERSON, S. S.; NEWTON, C. W.; RINGEL, A. M. Incidence of postoperative pain after one-appointment endodontic treatment of asymptomatic pulpal necrosis in single-rooted teeth. **J Endod**, 8, n. 8, p. 370-375, Aug 1982.

MUSTAFA, M.; ALMUHAIZA, M.; ALAMRI, H. M.; ABDULWAHED, A. *et al.* Evaluation of the causes of failure of root canal treatment among patients in the City of Al-Kharj, Saudi Arabia. **Nigerian Journal of Clinical Practice**, 24, n. 4, p. 621-628, Apr 2021.

NEELAKANTAN, P.; SUBBARAO, C.; SUBBARAO, C. V.; DE-DEUS, G. *et al.* The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. **Int Endod J**, 44, n. 6, p. 491-498, Jun 2011.

NEGM, M. M. Biologic evaluation of SPAD. II. A clinical comparison of Traitement SPAD with the conventional root canal filling technique. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, 63, n. 4, p. 487-493, Apr 1987.

NEIBURGER, E. J. Patient comfort using three methods of endodontic therapy: traditional, paraformaldehyde, and hybrid sealer techniques. **J Ala Dent Assoc**, 77, n. 4, p. 36-39, Fall 1993.

NG, Y. L.; GLENNON, J. P.; SETCHELL, D. J.; GULABIVALA, K. Prevalence of and factors affecting post-obturation pain in patients undergoing root canal treatment. **Int Endod J**, 37, n. 6, p. 381-391, Jun 2004.

NG, Y. L.; MANN, V.; GULABIVALA, K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. **Int Endod J**, 44, n. 7, p. 583-609, Jul 2011.

NINO-BARRERA, J. L.; GAMBOA-MARTINEZ, L. F.; LASERNA-ZULUAGA, H.; UNAPANTA, J. *et al.* Factors associated to apical overfilling after a thermoplastic obturation technique - Calamus(R) or Guttacore(R): a randomized clinical experiment. **Acta Odontol Latinoam**, 31, n. 1, p. 45-52, Jun 2018.

NOUROLOYOUNI, A.; SAMADI, V.; SALEM MILANI, A.; NOOROLOUNY, S. *et al.* Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. **Int J Dent**, 2023, p. 3427151, 2023.

OKABE, T.; SAKAMOTO, M.; TAKEUCHI, H.; MATSUSHIMA, K. Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. **J Endod**, 32, n. 3, p. 198-201, Mar 2006.

ORSTAVIK, D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. **Endodontic Topics** 12, p. 25-38, 2005.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, 372, p. n71, Mar 2021.

PAK, J. G.; WHITE, S. N. Pain prevalence and severity before, during, and after root canal treatment: a systematic review. **J Endod**, 37, n. 4, p. 429-438, Apr 2011.

PATEL, R.; BANSAL, N.; DUDULWAR, D.G.; GUPTA, D.; DODWAD, R.; SAIDATH, K. Evaluation of Post-Obturation Pain after Single Visit Versus Multiple-Visit Non-Surgical Endodontic Treatments. **Int J Cur Res Rev**, 13, n. 5, n. S66-9, 2021.

PORTELA, F. S. M. F.; DE MARTIN, A. S.; PELEGRINE, R. A.; GUTMANN, J. L. *et al.* Effect of Foraminal Enlargement on Postoperative Pain in Necrotic Single-Rooted Teeth: A Randomized Clinical Trial. **J Endod**, 47, n. 7, p. 1046-1051, Jul 2021.

QU, W.; BAI, W.; LIANG, Y. H.; GAO, X. J. Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers. **J Endod**, 42, n. 12, p. 1829-1833, Dec 2016.

RANA, S. A. A.; AKHTAR, M.; JAMEEL, M.; RANA, M. A. *et al.* Frequency of Post Obturation Pain after Single versus Multiple Visits Endodontic Therapy by using Hybrid Root Canal Preparation Technique. **International Journal of Medical Research & Health Sciences**, 8, n. 3, p. 78-84, 2019.

RETANA-LOBO, C.; TANOMARU-FILHO, M.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; BENAVIDES-GARCIA, M. *et al.* Push-Out Bond Strength, Characterization, and Ion Release of Premixed and Powder-Liquid Bioceramic Sealers with or without Gutta-Percha. **Scanning**, 2021, p. 6617930, 2021.

RICUCCI, D.; LANGE LAND, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. **Int Endod J**, 31, n. 6, p. 394-409, Nov 1998.

RICUCCI, D.; ROCAS, I. N.; ALVES, F. R.; LOGHIN, S. *et al.* Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. **J Endod**, 42, n. 2, p. 243-249, Feb 2016.

RICUCCI, D.; RUSSO, J.; RUTBERG, M.; BURLESON, J. A. *et al.* A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 112, n. 6, p. 825-842, Dec 2011.

RISSO, P. A.; CUNHA, A. J.; ARAUJO, M. C.; LUIZ, R. R. Postobturation pain and associated factors in adolescent patients undergoing one- and two-visit root canal treatment. **J Dent**, 36, n. 11, p. 928-934, Nov 2008.

ROSEN, E.; GOLDBERGER, T.; TASCHIERI, S.; DEL FABBRO, M. *et al.* The Prognosis of Altered Sensation after Extrusion of Root Canal Filling Materials: A Systematic Review of the Literature. **J Endod**, 42, n. 6, p. 873-879, Jun 2016.

SADAF, D.; AHMAD, M. Z. Factors associated with postoperative pain in endodontic therapy. **Int J Biomed Sci**, 10, n. 4, p. 243-247, Dec 2014.

SARIN, A.; GUPTA, P.; SACHDEVA, J.; GUPTA, A. *et al.* Effect of Different Obturation Techniques on the Prognosis of Endodontic Therapy: A Retrospective Comparative Analysis. **J Contemp Dent Pract**, 17, n. 7, p. 582-586, Jul 2016.

SATHORN, C.; PARASHOS, P.; MESSER, H. The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: a systematic review. **Int Endod J**, 41, n. 2, p. 91-99, Feb 2008.

SCELZA, M. Z.; DA SILVA, D.; SCELZA, P.; DE NORONHA, F. *et al.* Influence of a new push-out test method on the bond strength of three resin-based sealers. **Int Endod J**, 48, n. 8, p. 801-806, Aug 2015.

SCHAEFFER, M. A.; WHITE, R. R.; WALTON, R. E. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. **J Endod**, 31, n. 4, p. 271-274, Apr 2005.

SCHUNEMANN, H. J.; MUSTAFA, R. A.; BROZEK, J.; STEINGART, K. R. *et al.* GRADE guidelines: 21 part 1. Study design, risk of bias, and indirectness in rating the certainty across a body of evidence for test accuracy. **J Clin Epidemiol**, 122, p. 129-141, Jun 2020.

SCHUNEMANN, H. J.; MUSTAFA, R. A.; BROZEK, J.; STEINGART, K. R. *et al.* GRADE guidelines: 21 part 2. Test accuracy: inconsistency, imprecision, publication bias, and other domains for rating the certainty of evidence and presenting it in evidence profiles and summary of findings tables. **J Clin Epidemiol**, 122, p. 142-152, Jun 2020.

SEPTODONT, 2010. BioRoot RCS Bioactive mineral root canal sealer. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodontusa.com/wp-content/uploads/2022/11/BioRoot-SDS.pdf?x22685> (Acessado em 6 de abril de 2023).

SEPTODONT, 2010. Endomethasone N Cimento Endodôntico para selamento dos canais radiculares. Scientific Profile. Available online: <https://www.septodont.com.br/sites/br/files/202007/Bula%20Endomethasone%20-%20S%2005%2035%20086%2036%2000.pdf> (Acessado em 6 de abril de 2023).

SHASHIREKHA, G.; JENA, A.; PATTANAIK, S.; RATH, J. Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. **J Conserv Dent**, 21, n. 5, p. 546-550, Sep-Oct 2018.

SHIM, K.; JANG, Y. E.; KIM, Y. Comparison of the Effects of a Bioceramic and Conventional Resin-Based Sealers on Postoperative Pain after Nonsurgical Root Canal Treatment: A Randomized Controlled Clinical Study. **Materials (Basel)**, 14, n. 10, May 2021.

SHOKOUHINEJAD, N.; GORJESTANI, H.; NASSEH, A. A.; HOSEINI, A. *et al.* Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. **Aust Endod J**, 39, n. 3, p. 102-106, Dec 2013.

SHU, Y.; LUO Y. Curative effect of warm gutta-percha filling technique combined with different sealers in root canal filling. **Shanghai J Stomatol**, 27, n. 6, p. 645-48, 2018.

SIBONI, F.; TADDEI, P.; ZAMPARINI, F.; PRATI, C. *et al.* Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. **Int Endod J**, 50 Suppl 2, p. e120-e136, Dec 2017.

SILVA ALMEIDA, L. H.; MORAES, R. R.; MORGENTAL, R. D.; PAPPEN, F. G. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to

Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. **J Endod**, 43, n. 4, p. 527-535, Apr 2017.

SILVA, E.; CARVALHO, N. K.; PRADO, M. C.; SENNA, P. M. *et al.* Bovine teeth can reliably substitute human dentine in an intra-tooth push-out bond strength model? **Int Endod J**, 52, n. 7, p. 1063-1069, Jul 2019.

SILVA, E; CARDOSO, M.L.; RODRIGUES, J.P.; DE-DEUS, G.; FIDALGO T. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. **Aust Endod J**, 47, n. 3; p. 690-72, 2021.

SIQUEIRA, J. F., JR. **Treatment of Endodontic Infections**. Second ed. London: Quintessence Publishing, 2022. 978-1-78698-112-7.

SIQUEIRA, J. F., JR.; ROCAS, I. N.; FAVIERI, A.; MACHADO, A. G. *et al.* Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. **J Endod**, 28, n. 6, p. 457-460, Jun 2002.

SJOGREN, U.; HAGGLUND, B.; SUNDQVIST, G.; WING, K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. **J Endod**, 16, n. 10, p. 498-504, Oct 1990.

SOARES, J. A. Incidência de dor após tratamento endodôntico de pacientes com necrose pulpar e patologias periapicais crônicas. **RBO**, 59, n. 4, p. 231-5, 2002.

SONG, M.; PARK, M. G.; KWAK, S. W.; KIM, R. H. *et al.* Pilot Evaluation of Sealer-Based Root Canal Obturation Using Epoxy-Resin-Based and Calcium-Silicate-Based Sealers: A Randomized Clinical Trial. **Materials (Basel)**, 15, n. 15, Jul 2022.

TAN, H. S. G.; LIM, K. C.; LUI, J. N.; LAI, W. M. C. *et al.* Postobturation Pain Associated with Tricalcium Silicate and Resin-based Sealer Techniques: A Randomized Clinical Trial. **J Endod**, 47, n. 2, p. 169-177, Feb 2021.

TEDESCO, M.; CHAIN, M. C.; BORTOLUZZI, E. A.; DA FONSECA ROBERTI GARCIA, L. *et al.* Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. **Clin Oral Investig**, 22, n. 6, p. 2353-2361, Jul 2018.

TEIXEIRA, C. S.; ALFREDO, E.; THOME, L. H.; GARIBA-SILVA, R. *et al.* Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. **J Appl Oral Sci**, 17, n. 2, p. 129-135, Mar-Apr 2009.

TORABINEJAD, M.; DORN, S. O.; ELEAZER, P. D.; FRANKSON, M. *et al.* Effectiveness of various medications on postoperative pain following root canal obturation. **J Endod**, 20, n. 9, p. 427-431, Sep 1994.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M.; DUMMER, P. M. H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. **Int Endod J**, 51, n. 3, p. 284-317, Mar 2018.

TORRES, F. F. E.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; BOSSO-MARTELO, R.; ESPIR, C. G. *et al.* Solubility, Porosity, Dimensional and Volumetric Change of Endodontic Sealers. **Braz Dent J**, 30, n. 4, p. 368-373, Jul 2019.

VERMA, N.; SANGWAN, P.; TEWARI, S.; DUHAN, J. Effect of Different Concentrations of Sodium Hypochlorite on Outcome of Primary Root Canal Treatment: A Randomized Controlled Trial. **J Endod**, 45, n. 4, p. 357-363, Apr 2019.

VIAPIANA, R.; BALUCI, C. A.; TANOMARU-FILHO, M.; CAMILLERI, J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. **Int Endod J**, 48, n. 1, p. 16-27, Jan 2015.

VITALI, F. C.; SANTOS, P. S.; CARDOSO, M.; MASSIGNAN, C. *et al.* Are electronic apex locators accurate in determining working length in primary teeth pulpectomies? A systematic review and meta-analysis of clinical studies. **Int Endod J**, 55, n. 10, p. 989-1009, Oct 2022.

VIVAN, R. R.; GUERREIRO-TANOMARU, J. M.; BOSSO-MARTELO, R.; COSTA, B. C. *et al.* Push-out Bond Strength of Root-end Filling Materials. **Braz Dent J**, 27, n. 3, p. 332-335, May-Jun 2016.

WANG, C.; XU, P.; REN, L.; DONG, G. *et al.* Comparison of post-obturation pain experience following one-visit and two-visit root canal treatment on teeth with vital pulps: a randomized controlled trial. **Int Endod J**, 43, n. 8, p. 692-697, Aug 2010.

WASHIO, A.; MIURA, H.; MOROTOMI, T.; ICHIMARU-SUEMATSU, M. *et al.* Effect of Bioactive Glass-Based Root Canal Sealer on the Incidence of Postoperative Pain after Root Canal Obturation. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 23, Nov 2020.

WHITWORTH, J. Methods of filling root canals: principles and practices. **Endodontic Topics** 12, n. 1, p. 2-24, 2005.

WILLIAMSON, A. E.; DAWSON, D. V.; DRAKE, D. R.; WALTON, R. E. *et al.* Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. **J Endod**, 31, n. 8, p. 599-604, Aug 2005.

WONG, A. W.; ZHANG, S.; LI, S. K.; ZHANG, C. *et al.* Clinical studies on core-carrier obturation: a systematic review and meta-analysis. **BMC Oral Health**, 17, n. 1, p. 167, Dec 2017.

WONG, A. W.; ZHANG, S.; LI, S. K.; ZHU, X. *et al.* Incidence of post-obturation pain after single-visit versus multiple-visit non-surgical endodontic treatments. **BMC Oral Health**, 15, p. 96, Aug 2015.

WU, M. K.; OZOK, A. R.; WESSELINK, P. R. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. **Int Endod J**, 33, n. 4, p. 340-345, Jul 2000.

YAMAUCHI, S.; WATANABE, S.; OKIJI, T. Effects of heating on the physical properties of premixed calcium silicate-based root canal sealers. **J Oral Sci**, 63, n. 1, p. 65-69, Dec 2020.

YESILSOY, C.; KOREN, L. Z.; MORSE, D. R.; RANKOW, H. *et al.* Post-endodontic obturation pain: a comparative evaluation. **Quintessence Int**, 19, n. 6, p. 431-438, Jun 1988.

YOUSAF, A.; ALI, F.; BHANGAR, F.; ALAM, M. Effect of Apical Patency on Postoperative Pain after Single-visit Endodontic Treatment in Necrotic Teeth with Asymptomatic Apical Periodontitis: A Randomised Control Trial. **J Coll Physicians Surg Pak**, 31, n. 10, p. 1154-1158, Oct 2021.

YOUSUF, W.; KHAN, M.; SHEIKH, A. Success Rate of Overfilled Root Canal Treatment. **J Ayub Med Coll Abbottabad**, 27, n. 4, p. 780-783, Oct-Dec 2015.

YU, Y. H.; KUSHNIR, L.; KOHLI, M.; KARABUCAK, B. Comparing the incidence of postoperative pain after root canal filling with warm vertical obturation with resin-based sealer and sealer-based obturation with calcium silicate-based sealer: a prospective clinical trial. **Clin Oral Investig**, 25, n. 8, p. 5033-5042, Aug 2021.

ZHOU, H. M.; SHEN, Y.; ZHENG, W.; LI, L. *et al.* Physical properties of 5 root canal sealers. **J Endod**, 39, n. 10, p. 1281-1286, Oct 2013.

ZORDAN-BRONZEL, C. L.; ESTEVES TORRES, F. F.; TANOMARU-FILHO, M.; CHAVEZ-ANDRADE, G. M. *et al.* Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. **J Endod**, 45, n. 10, p. 1248-1252, Oct 2019.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Diferentes temperaturas de armazenamento de cimentos obturadores e a força de adesão à dentina radicular.

Pesquisador: CLEONICE DA SILVEIRA TEIXEIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 60612322.1.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.556.298

Apresentação do Projeto:

As informações que seguem e as elencadas nos campos "Objetivo da pesquisa" e "Avaliação dos riscos e benefícios" foram retiradas do arquivo PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1951735pdf, de 06/07/2022, preenchido pelos pesquisadores.

Segundo os pesquisadores:

RESUMO

"O objetivo deste trabalho é avaliar se diferentes temperaturas de armazenamento irão afetar a adesão à dentina do sistema de canais radiculares de três diferentes cimentos endodônticos. Os cimentos AH Plus, BioRoot RCS e Endomethasone serão armazenados durante 30 dias em três diferentes temperaturas (5°C, 20°C e 35°C). Serão utilizados dentes permanentes extraídos de humanos maiores de 18 anos, com canal único e reto. As partes coronal e apical dos dentes serão descartadas e a partir do remanescente serão obtidas seções horizontais (perpendiculares ao longo eixo do dente) com 1 mm de espessura. Em cada seção transversal serão feitas 3 cavidades. Em seguida, as amostras serão imersas com EDTA 17% por 1 minuto e hipoclorito de sódio a 2,5% também por 1 minuto. Essas cavidades receberão os cimentos AH Plus, Bioroot RCS e o Endomethasone, sendo que a mesma fatia receberá o mesmo cimento, após diferentes temperaturas de armazenamento. Após a presa completa, uma ponta pistão será posicionada

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

Continuação do Parecer: 5.556.298

sobre o cimento e oferecerá uma carga. A carga máxima no momento da falha será medida em quiloNewtons (kN), transformada em Newtons (N) e convertida em MPa, pela divisão da força pela área lateral (SL) da cavidade. As secções serão examinadas em um estereomicroscópio. As falhas serão classificadas em 3 subtipos: falha adesiva; falha coesiva ou falha mista. As informações obtidas serão analisadas com o teste estatístico de ANOVA e Tukey post hoc test, com nível de significância de 5%. Os resultados serão discutidos de acordo com os objetivos e confrontados com a literatura existente."

METODOLOGIA

"Neste trabalho, serão utilizados três diferentes cimentos: AH Plus ((Dentsply Sirona, Indiana, EUA), BioRoot RCS (Septodont, Louisville, EUA) e Endomethasone (Septodont, Louisville, EUA). Os cimentos serão armazenados durante 30 dias em três diferentes temperaturas: 5°C (em geladeira), 20°C (em adega) e 35°C (em estufa). Todos os cimentos serão retirados dos ambientes de armazenamento e permanecerão 20 minutos em temperatura ambiente de 23°C controlada por ar-condicionado, antes do início de sua manipulação. Serão obtidos dentes de humanos, unirradiculados, extraídos por motivos alheios ao presente estudo. Em cada raiz serão realizadas três ou mais secções horizontais (perpendiculares ao longo eixo do dente) com 1mm de espessura, mediante disco diamantado (Buehler, Lake Forest, IL, EUA) acoplado à máquina de corte Isomet 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, EUA) sob constante irrigação. A espessura de cada secção será conferida com paquímetro (Nagano, São Paulo, SP, Brasil). Ao final desse processo, as fatias que apresentarem canal circular e maior extensão de dentina ao redor do mesmo serão selecionadas. Em cada secção transversal serão feitas 3 cavidades/perfurações com ponta diamantada cilíndrica com 1 mm de diâmetro (#3145, KG Sorensen, São Paulo, Brasil), em alta rotação e sob spray ar/água. As cavidades serão confeccionadas em direção paralela à parede do canal radicular, mantendo uma distância constante de 1 mm da luz do canal e também entre si. Em seguida, as amostras serão irrigadas com EDTA 17% (ASFER Indústria Química LDTA) por 1 minuto, seguidas de hipoclorito de sódio a 2,5%, também por 1 minuto, com o intuito de remover todos e quaisquer debris e lama dentinária provenientes do uso da ponta diamantada. Após isso, as amostras serão secas com papel toalha e pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, São Paulo, SP, Brasil) e a face de uso da ponta diamantada será marcada com caneta preta de tinta permanente. Em cada fatia, as cavidades serão obturadas com o mesmo cimento (AH Plus, BioRoot RCS ou Endomethasone), após armazenamento em 3 diferentes temperaturas. Dessa forma, uma perfuração será obturada com o cimento que permaneceu na adega, outra com o cimento que

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 5.556.298

permaneceu na estufa e a última, com o cimento que permaneceu na geladeira. O preparo dos cimentos será realizado de acordo com as especificações dos fabricantes e, após a manipulação, os cimentos serão colocados e condensados nas cavidades previamente preparadas até que se observe um ligeiro excesso. Logo após, uma tira de poliéster e uma placa de vidro serão colocados em cima dos espécimes para comprimir e planificar as superfícies, sendo mantidos em posição com um grampo. Este conjunto será levado à estufa a 37°C e umidade relativa de 100% por 07 dias. Após esse período, os espécimes serão removidos das placas de vidro e, com o auxílio de lixas d'água de granulação 600 sob água corrente, os excessos de cimento serão removidos e as superfícies planificadas. Para a realização do teste, cada espécime será fixado sobre uma base metálica na Máquina de Testes Universal Instron, modelo 4444 (Instron Corp, Canton, Mass, EUA). Uma ponta cilíndrica metálica, com 0,6 mm de diâmetro, será posicionada centralmente sobre o cimento presente nas cavidades, com carga acionada na direção ápico-coronal para padronizar as condições do teste. O teste será realizado com velocidade de cruzeta de 0,5 mm por minuto até o deslocamento do material obturador. A carga máxima no momento da falha será medida em quilonewtons (kN), transformada em Newtons (N) e convertida em MPa, pela divisão da força pela área lateral (SL) da cavidade. A área de adesão do cimento ao canal radicular será calculada pela fórmula $\text{ÁREA} = 2r \times h$, onde r = a constante 3,14, r = raio da cavidade contendo cimento e h = altura do material. Posteriormente ao teste de push-out, as seções serão examinadas minuciosamente com o auxílio de um estereomicroscópio, com aumento de até 100 X."

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

"Serão incluídos no estudo dentes permanentes extraídos de humanos, com canal único e reto, sem calcificações. Dentes com canais circulares ou ligeiramente ovais. Apenas pacientes maiores de 18 anos serão convidados a participar do estudo como cedentes dos dentes extraídos."

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

"Dentes com trincas ou fraturas. Pacientes menores de 18 anos."

Objetivo da Pesquisa:

Segundo os pesquisadores:

Objetivo Primário:

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 5.556.298

- Avaliar se as diferentes temperaturas de armazenamento dos cimentos endodônticos afetam a adesão à dentina do sistema de canais radiculares.

Objetivo Secundário:

- Comparar a resistência adesiva (resistência de união ao cisalhamento por extrusão, push out) de três cimentos endodônticos à dentina do canal radicular.
- Comparar se as diferentes temperaturas de armazenamento (5°, 20° e 35°) dos cimentos irão influenciar na resistência de união ao cisalhamento por extrusão.
- Avaliar as falhas ocorridas após o teste de push out em estereomicroscópio e em MEV.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo os pesquisadores:

Riscos

Quanto aos riscos, como acontece na extração de qualquer dente, existe a possibilidade de cedente ter desconforto e sensibilidade no local devido à cirurgia, e necessidade de pontos para auxiliar na cicatrização, mas essa sensibilidade pode estar presente no pós-operatório de qualquer cirurgia e é resolvida com o uso de analgésicos, receitados pelo dentista que está realizando a cirurgia, e que podem ser obtidos gratuitamente nos postos de saúde. Importante deixar claro que o dente está sendo extraído por motivos do interesse do cedente, e seria descartado ou armazenado pelo cedente após a extração. Além disso, apesar de não ter benefícios diretos com a pesquisa, o cedente poderá contribuir com seu dente para o melhor desenvolvimento da técnica a ser utilizada para o tratamento de canal. Os pesquisadores ressaltam a garantia de manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes da pesquisa durante todas as fases da pesquisa. Os dados coletados para identificação dos dentes não serão incluídos na publicação da pesquisa, garantindo assim, maior privacidade do consentidor. Porém, ainda que sejam tomados os devidos cuidados para o completo sigilo dos consentidores, torna-se obrigatório informar que pode existir, ainda que remota, involuntária e não intencional, a possibilidade de quebra de sigilo.

Benefícios

Apesar de não haver benefícios diretos com a pesquisa, o cedente poderá contribuir com seu dente para o melhor desenvolvimento da técnica a ser utilizada para o tratamento de canal. Dessa

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 5.556.298

maneira, os resultados do presente estudo levarão à melhor qualidade dos tratamentos endodônticos, com economia e melhor emprego dos materiais obturadores empregados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Informações retiradas primariamente do formulário com informações básicas sobre a pesquisa, gerado pela Plataforma Brasil e/ou do projeto de pesquisa e demais documentos postados, conforme lista de documentos e datas no final deste parecer.

Tese de doutorado de Daniela Peressoni Vieira Schuldt, do programa de pós-graduação em Odontologia da UFSC, orientada pela professora Cleonice da Silveira Teixeira.

Estudo nacional e unicêntrico, prospectivo.

Financiamento: próprio

País de origem: Brasil

Número de participantes no Brasil: 50

Número de participantes no mundo: 50

Previsão de início do estudo: 05/09/2022

Previsão de término do estudo: 31/12/2022

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- A folha de rosto vem assinada pela pesquisadora responsável e pela autoridade institucional competente.
- Consta declaração da instituição onde será realizada a pesquisa, autorizando a pesquisa e comprometendo-se a cumprir os termos da res. 466/12.
- Consta cronograma e orçamento.
- Consta TCLE.

Recomendações:

Este CEP aceita documentos assinados escaneados e documentos com assinatura digital sem questionar ou verificar a sua autenticidade. Isso pressupõe que o pesquisador responsável (ou seu delegado), que carregou o documento na Plataforma Brasil ao fazer o acesso com nome de usuário e senha, responsabiliza-se pela sua autenticidade e por eventuais consequências decorrentes dessa situação. Recomendamos aos pesquisadores que, para fins de eventual verificação, guardem

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 5.556.298

em seus arquivos todos os documentos originais assinados manual ou digitalmente.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todos os documentos obrigatórios foram adequadamente apresentados, não havendo pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o CEP/SH/UFSC deverá receber, por meio de notificação, os relatórios parciais sobre o andamento da pesquisa e o relatório completo ao final do estudo.

Qualquer alteração nos documentos apresentados deve ser encaminhada para avaliação do CEP/SH. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e as suas justificativas.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1951735.pdf	06/07/2022 23:21:18		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Cimentos.docx	06/07/2022 23:17:04	CLEONICE DA SILVEIRA TEIXEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_06_07_2022.docx	06/07/2022 23:14:16	CLEONICE DA SILVEIRA TEIXEIRA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_da_Instituicao_2.pdf	08/06/2022 15:53:06	Daniela Peressoni Vieira Schuldt	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_da_Instituicao_1.pdf	08/06/2022 15:52:48	Daniela Peressoni Vieira Schuldt	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_Comite_Daniela_assinado.pdf	08/06/2022 07:44:47	Daniela Peressoni Vieira Schuldt	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 5.556.298

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 01 de Agosto de 2022

Assinado por:
Nelson Canzian da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 701
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br