

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

LARISSA VOLFART DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS DE ESCOAMENTO E VISCOSIDADE DE CIMENTOS
ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICO E À BASE DE RESINA EPÓXI**

Porto Alegre

2024

LARISSA VOLFART DA ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS DE ESCOAMENTO E VISCOSIDADE DE CIMENTOS
ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICO E À BASE DE RESINA EPÓXI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Odontologia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como requisito parcial
para obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Dr. Marcus Vinícius Reis Só

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Rocha, Larissa Volfart da
Caracterização e análise comparativa das
propriedades físico-químicas de escoamento e
viscosidade de cimentos endodônticos biocerâmico e à
base de resina epóxi / Larissa Volfart da Rocha. --
2024.

30 f.

Orientador: Marcus Vinícius Reis Só.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre,
BR-RS, 2024.

1. Cimentos Endodônticos. 2. Escoamento. 3.
Viscosidade. I. Só, Marcus Vinícius Reis, orient. II.
Título.

LARISSA VOLFART DA ROCHA

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-
QUÍMICAS DE ESCOAMENTO E VISCOSIDADE DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS
BIOCERÂMICO E À BASE DE RESINA EPÓXI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Odontologia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como requisito parcial
para obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

Porto Alegre, 8 de agosto de 2024

Prof. Dr. Marcus Vinícius Reis Só – Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Francisco Montagner
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Tiago André Fontoura de Melo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar agradecendo todos àqueles que de alguma forma tocaram meu coração e me fizeram seguir em frente nesta jornada.

À minha mãe, Denise, por todo o amor, por ser meu porto seguro e meu maior exemplo de vida e ao meu pai, Marco, pelo apoio incondicional e encorajamento desde pequena. Obrigada pelo amor incondicional dedicados à mim.

À minha irmã, Vitória, pelo suporte emocional e por ser minha base durante todos esses anos de graduação e ao meu amigo, Andrey, que se tornou um irmão e um exemplo ao longo desses anos.

Ao meu namorado, Christian, pelo amor, por ser meu suporte inabalável e meu maior incentivador. Aos meus sogros, Elisete e Nadir, que sempre me apoiaram e foram meu lar no momento em que precisei.

Ao meu orientador, Dr. Marcus Só, pela orientação precisa e pela confiança no meu trabalho e à professora Dra. Rosane Soares, à Camila e ao Laboratório de Biomateriais Poliméricos (Poli-Bio) da UFRGS, por terem cedido seu tempo e seu apoio na realização desta pesquisa.

Às minhas amigas e amigos, com os maiores corações que conheço, e que tornam minha vida mais completa. Vocês são minha felicidade diária.

Essa jornada não teria sido completa sem o suporte de todos vocês. Agradeço por fazerem parte desta etapa tão importante na minha vida e torná-la inesquecível.

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades físico-químicas de viscosidade e escoamento de cimentos endodônticos biocerâmico e à base de resina epóxi.

Metodologia: O teste de escoamento foi realizado seguindo as diretrizes da ISO 6876:2012, envolvendo a produção de três amostras de cimento ($0,7 \pm 0,1$ mL cada) aquecidas a 37°C . Uma quantidade de $0,5 \pm 0,05$ mL de cada amostra foi aplicada entre duas placas de vidro ($40 \times 40 \times 5$ mm) e sujeita a uma carga de 100g por 10 minutos. Os diâmetros mais longo e mais curto foram medidos usando um paquímetro digital. Para o teste de viscosidade as amostras foram avaliadas em um reômetro rotacional com condições controladas, utilizando um sistema cone-placa. Os ensaios foram conduzidos em temperatura ambiente (25°C) e da boca (37°C). A análise estatística foi realizada por meio do teste T de Student ($P < 0,05$).

Resultados: Na análise de escoamento o cimento biocerâmico Bio-C Sealer Ion+ apresentou maiores valores médios de escoamento ($51,5 \pm 0,50$ mm) em comparação ao cimento à base de resina epóxi Sealer Plus ($38,1 \pm 0,59$ mm) ($p < 0,05$). No teste de viscosidade, o cimento Bio-C Sealer Ion+ apresentou menor viscosidade durante toda a curva de viscosidade, tanto em 25°C quanto em 37°C , em comparação ao Sealer Plus. Entretanto, ambos cimentos apresentaram um comportamento semelhante na curva de fluxo de viscosidade por taxa de cisalhamento, se comportando como fluidos pseudoplásticos. **Conclusão:** Tanto o cimento Sealer Plus quanto o cimento Bio-C Sealer Ion+ apresentam propriedades físico-químicas de escoamento e viscosidade adequadas para a terapia endodôntica, entretanto, estudos adicionais das demais propriedades físico-químicas destes cimentos se fazem necessários.

Palavras-chave: cimento endodôntico; viscosidade; escoamento.

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate the physicochemical properties of viscosity and flow of bioceramic and epoxy resin-based endodontic sealer. **Methodology:** The flow test was carried out following the guidelines of ISO 6876:2012, involving the production of three sealer samples ($0.7 \pm 0.1\text{mL}$ each) heated to 37°C . An amount of $0.5 \pm 0.05\text{mL}$ of each sample was applied between two glass plates ($40 \times 40 \times 5\text{mm}$) and subjected to a load of 100g for 10 minutes. The longest and shortest diameters were measured using a digital caliper. For the viscosity test, the samples were evaluated in a rotational rheometer under controlled conditions, using a cone-plate system. The tests were carried out at room temperature (25°C) and mouth temperature (37°C). Statistical analysis was performed using the Student T test. **Results:** In the flow analysis, the Bio-C Sealer Ion+ bioceramic sealer showed higher average flow values ($51.5 \pm 0.50\text{mm}$) compared to the Sealer Plus epoxy resin-based sealer ($38.1 \pm 0.59\text{mm}$) ($p < 0.05$). In the viscosity test, Bio-C Sealer Ion+ sealer showed lower viscosity throughout the viscosity curve, both at 25°C and 37°C , compared to Sealer Plus. However, both cements showed similar behavior in the viscosity flow curve per shear rate, behaving like pseudoplastic fluids. **Conclusion:** Both Sealer Plus and Bio-C Sealer Ion+ present physicochemical properties of flow and viscosity suitable for endodontic therapy, however, additional studies of the other physicochemical properties of these sealers are necessary.

Keywords: endodontic sealer; viscosity; flow.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS	8
2.1	Objetivo geral.....	8
2.2	Objetivos específicos	8
3	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1	Cimentos endodônticos.....	9
3.2	Cimentos endodônticos à base de resina epóxi	10
3.3	Cimentos endodônticos biocerâmicos	10
3.4	Propriedades físico-químicas de cimentos endodônticos	12
3.4.1	<i>Escoamento</i>	12
3.4.2	<i>Viscosidade</i>	13
4	METODOLOGIA	16
4.1	Escoamento.....	16
4.2	Viscosidade	17
4.3	Análise Estatística.....	17
5	RESULTADOS	18
5.1	Escoamento.....	18
5.2	Viscosidade	18
6	DISCUSSÃO	20
7	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Os cimentos endodônticos são utilizados com a finalidade de selar o sistema de canais radiculares ao final de um tratamento endodôntico. Tem-se por objetivo preencher os espaços vazios entre as paredes dos canais radiculares preparados e o material obturador (Quaresma *et al.*, 2023; Kwak *et al.*, 2023; Ørstavik, 2005; Camilleri, 2015).

A obturação do canal radicular é realizada com a combinação do material obturador, a guta-percha e o cimento endodôntico e, quando realizado com excelência, proporciona o sepultamento de bactérias remanescentes evitando a movimentação de fluidos bacterianos e consequentemente a persistência da infecção ou recontaminação bacteriana do canal (Wu, Van Der Sluis, Wesselink, 2004).

Na escolha dos cimentos endodônticos, deve-se levar em consideração suas propriedades físico-químicas, como possuir um bom selamento, espessura de filme fino, estabilidade dimensional, tempos de presa e de trabalho adequados, insolubilidade em fluido tecidual, aderência adequada às paredes do canal e biocompatibilidade (Johnson, Kulild, Tay, 2015). Ao selar o canal radicular, busca-se, portanto, um cimento com propriedades que sejam favoráveis ao sucesso do tratamento endodôntico, permitindo um selamento adequado e reparo ou manutenção da saúde das estruturas periapicais (Dos Santos *et al.*, 2022; Gandolfi, Siboni, Prati, 2016).

Sabe-se que ainda não existe um cimento endodôntico que preencha todos os requisitos para um cimento ideal, com todas as propriedades físico-químicas desejadas, e por isso, esforços são realizados por parte dos pesquisadores e do mercado odontológico para atingir essas características (Parirokh, Torabinejad, 2010). Dessa forma, se lança mão cimentos endodônticos com diferentes composições.

O cimento biocerâmico à base de silicato de cálcio apresenta características como: atividade antibacteriana, radiopacidade, bioatividade e biocompatibilidade (Camilleri, 2021; Silva *et al.*, 2020). Já o cimento à base de resina epóxi é hoje considerado o padrão-ouro na odontologia (Souza *et al.*, 2023) e apresenta características como estabilidade dimensional (Zhou *et al.*, 2013), baixa solubilidade (Prullage *et al.*, 2016) e boa radiopacidade (Resende *et al.*, 2009; Song *et al.*, 2016).

Diante disso, objetiva-se com este trabalho definir e comparar as propriedades físico-químicas de viscosidade e escoamento de dois cimentos endodônticos, sendo um biocerâmico e outro à base de resina epóxi.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar duas propriedades físico-químicas de cimentos endodônticos biocerâmico e à base de resina epóxi.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar a viscosidade dos cimentos endodônticos biocerâmico e à base de resina epóxi.

Avaliar o escoamento dos cimentos endodônticos biocerâmico e à base de resina epóxi.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Em um tratamento endodôntico o objetivo fundamental consiste em debridar completamente o espaço do canal radicular e obter uma obturação tridimensional. O sucesso deste tratamento depende de uma instrumentação adequada, além da desinfecção abrangente e a obturação dos canais de forma eficiente (Rekha *et al.*, 2023).

Como resposta a cáries dentárias, procedimentos restauradores ou traumas, a polpa inicialmente saudável e vascularizada pode entrar em um processo de degeneração, tornando-se uma polpa necrótica e avascular. Este material necrótico quando extravasado pela saída do sistema de canais radiculares, penetra nos tecidos periapicais do dente, produzindo lesões de origem endodônticas. Já em 1992, havia-se a compreensão de que, quando o sistema de canais radiculares é corretamente limpo, modelado e obturado espera-se que o reparo destas lesões periapicais ocorra (De Deus, 1992).

Na endodontia, a obturação dos canais radiculares é uma fase crucial do tratamento, pois visa preencher completamente a cavidade endodôntica para garantir um selamento eficaz em todas as direções. Essa etapa é essencial para eliminar espaços vazios dentro do dente, bloquear possíveis rotas de infiltração da cavidade oral ou de tecidos apicais e vedar qualquer irritante residual que possa permanecer após a limpeza e modelagem (Camilleri, 2015). Uma abordagem amplamente aceita, introduzida por Rickert em 1980, consiste no uso de cimento em conjunto com cones de guta-percha. Esta técnica tem sido adotada como padrão na endodontia devido à sua eficácia comprovada ao longo do tempo.

3.1 Cimentos endodônticos

Para que um cimento endodôntico que tenha efetividade ele deve possuir certas características que permitam sua utilização na terapêutica odontológica, sendo algumas dessas características: ter boa estabilidade, ser radiopaco, possuir biocompatibilidade, ser antisséptico, não permitir o crescimento bacterianos, possuir fácil manipulação e não causar irritação nos tecidos periapicais (Lee *et al.*, 2017; Zhang, 2009). Além disso, espera-se também que os cimentos endodônticos proporcionem aderência entre a guta-percha e as paredes dentinárias, evitando assim a formação de lacunas na interface cimento-dentina. Isso é essencial, pois a incapacidade de selar adequadamente espaços anatômicos irregulares, como istmos e canais laterais, pode comprometer o sucesso do tratamento endodôntico. Estudos realizados por Chybowksi *et al.* (2018) destacaram a importância desse aspecto,

enquanto pesquisas de Wang, Liu, Dong (2018) reforçaram a necessidade de uma boa adesão para prevenir falhas na obturação dos canais radiculares.

Ao selecionar um cimento endodôntico para a obturação, são consideradas características físicas, químicas e biológicas que promovam um selamento eficaz e a saúde óssea periapical. Isso implica buscar propriedades que sejam favoráveis tanto ao selamento adequado quanto à preservação da saúde óssea ao redor da região apical do dente. Estudos conduzidos por Gandolfi, Siboni e Prati (2016) enfatizaram a importância dessa abordagem, destacando a necessidade de propriedades específicas no cimento endodôntico para garantir resultados satisfatórios no tratamento endodôntico.

3.2 Cimentos endodônticos à base de resina epóxi

Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi foram introduzidos na prática odontológica pelo pesquisador Schroeder em 1950 (Khandelwal, Ballal, 2016).

Ao longo dos anos estes cimentos vieram ganhando destaque devido às suas propriedades físico-químicas versáteis e eficazes na obturação de canais radiculares. Esses materiais apresentam uma composição que combina resinas epóxi com carga inorgânica, resultando em uma consistência adequada para preencher e selar os canais de forma eficiente. Estudos têm demonstrado que esses cimentos proporcionam uma selagem tridimensional eficaz, prevenindo a infiltração bacteriana e a recorrência da infecção (Vertuan *et al.*, 2018; Cintra *et al.*, 2017; Almeida, *et al.*, 2017). Além disso, apresentam baixa solubilidade (Janini *et al.*, 2023; Souza *et al.*, 2023) e maiores forças de adesão à dentina quando comparada a outros cimentos (Almeida *et al.*, 2017).

Os cimentos endodônticos à base de resina epóxi são ainda hoje considerados padrão-ouro na odontologia devido suas propriedades físico-químicas (Donnermeyer *et al.*, 2019).

3.3 Cimentos endodônticos biocerâmicos

Em cerca de 1993, o MTA, um cimento biocerâmico reparador, foi empregado na prática clínica devido às suas propriedades físico-químicas e a capacidade de estimular a reparação de tecidos duros e a resposta pulpar. Uma vez que entra em contato com a dentina da polpa coronária, o MTA promove a liberação de moléculas sinalizadoras de reparação. Ao longo dos anos a aplicabilidade clínica do MTA consistiu em capeamentos pulpares, perfurações, apicificações, revascularização e pulpotomias (Zafar, Jamal, Ghafoor, 2020).

Devido algumas desvantagens conhecidas do MTA, como, por exemplo, a dificuldade de manipulação e a descoloração, o material foi sofrendo modificações para tornar-se mais adequado para uso nos tratamentos endodônticos (Aksel *et al.*, 2019).

Com a evolução do conhecimento a respeito dos compostos cerâmicos, foram introduzidos no mercado cimentos à base de silicato tricálcio, reconhecidos por possuírem bioatividade (Viapiana *et al.*, 2016).

Os cimentos à base de silicato de cálcio e/ou fosfato de cálcio, conhecidos como cimentos biocerâmicos se destacaram devido às suas propriedades físico-químicas e biológicas (Colombo *et al.*, 2018; Hess *et al.*, 2011). A bioatividade apresentada por esses materiais melhora a capacidade de selamento, possuindo uma composição química e estrutura cristalina análoga aos dentes naturais (Colombo *et al.*, 2018). Por tratar-se de um material hidrofílico, a umidade dentinária facilitaria a hidratação do cimento. O mecanismo de ação deste material consiste inicialmente em uma dissociação, formando o hidrato de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio. O fosfato de cálcio monobásico presente na dentina (sob a forma de cristais de hidroxiapatita) e os íons cálcio (provenientes do hidróxido de cálcio) desta primeira reação, quando em contato com umidade originam novamente hidroxiapatita e água. A água liberada reidrata o silicato de cálcio, formando mais hidrogel de silicato de cálcio e hidróxido de cálcio, formando uma reação autossustentada, que se retroalimenta (al-haddad, Aziz, 2016; Donnermeier *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2009).

Os íons cálcio liberados no processo de presa do cimento biocerâmico interagem com a parede dentinária, por meio de uma união química (Arikatla *et al.*, 2018; Candeiro *et al.*, 2012; Wang, Liu, Dong, 2018), preenchendo as lacunas dos canais e gerando uma interface cimento-dentina com a deposição de cristais de apatita (Han, Kodama, Okiji, 2015).

Diferentes cimentos biocerâmicos estão disponíveis no mercado, com formulações e formas comerciais distintas que estão sendo amplamente estudados ao longo dos anos para avaliação das suas propriedades físico-químicas e sua eficiência clínica. Sabe-se que ainda não existe um cimento endodôntico que preencha todos os requisitos para um cimento ideal, com todas as propriedades físico-químicas desejadas, e por isso, esforços são realizados por parte dos pesquisadores e do mercado odontológico para atingir essas características (Parirokh, Torabinejad, 2010).

3.4 Propriedades físico-químicas de cimentos endodônticos

A capacidade de selamento de um cimento endodôntico está diretamente ligada às suas propriedades físico-químicas, e desta forma, escolher o material adequado pode influenciar no sucesso do tratamento endodôntico (Santos *et al.*, 2010).

Um cimento endodôntico precisa apresentar propriedades físico-químicas que permitam o adequado selamento dos canais radiculares, mas, ainda, deve conter características que vão além deste selamento mecânico dos canais. Os autores Lopes e Siqueira Jr (2015) destacaram que o cimento endodôntico precisa ser biocompatível, não sendo irritante aos tecidos perirradulares. Os autores também destacaram a desejável propriedade da bioatividade, estimulando a reparação e estimulação de um tecido mineralizado na região apical. Além disso, deve conter atividade antimicrobiana, ser de fácil inserção no canal radicular, possuir adesividade com a estrutura dentária e possuir estabilidade dimensional, evitando o trânsito de fluidos para a região do periápice. Outras propriedades como escoamento e viscosidade adequadas também são esperadas nos cimentos endodônticos para que permitam a finalização adequada do tratamento endodôntico (Grossmann, 1976).

3.4.1 Escoamento

De acordo com o American National Standards Institute e a American Dental Association (ANSI/ADA) nº 57 e a Organização Internacional de Padronização (ISO) em ISO 6876/2012, os cimentos endodônticos devem ter uma taxa de escoamento mínima de 17 mm para o selamento dos canais preparados mecanicamente. Antes disso, a especificação ISO 6876/2001 definia que o escoamento mínimo requerido era de 20 mm.

Um cimento endodôntico precisa ter uma taxa de escoamento equilibrada. Um escoamento excessivo aumenta a probabilidade de o material extravasar para os tecidos periapicais, enquanto um escoamento insuficiente dificulta a penetração do cimento em canais acessórios (Vitti *et al.*, 2013).

O escoamento precisa ter um fluxo adequado para preencher a superfície do canal radicular, preenchendo os espaços entre a guta-percha e as paredes do canal, assim como istmos e as suas ramificações. Esta característica é crucial, pois um escoamento maior proporciona melhor penetração em irregularidades (Silva *et al.*, 2013).

Entretanto, é necessário ter controle desse escoamento, de forma que não seja tão elevado, o que levaria a extrusão do material pela região apical, gerando danos aos tecidos periapicais por causa da citotoxicidade dos cimentos (Lopes, Siqueira Jr, 2015). Essa injúria somada à inflamação pré-existente em decorrência da própria condição endodôntica patológica poderia levar aos tecidos apicais e periapicais perdas de extensões variáveis. Dessa forma, a resposta inflamatória quando persiste após a obturação do canal radicular, de forma contrária ao seu papel de defesa, irá agir inibindo o processo de reparação devido aos seus componentes danosos (Leonardo, Leal, 2008).

3.4.2 Viscosidade

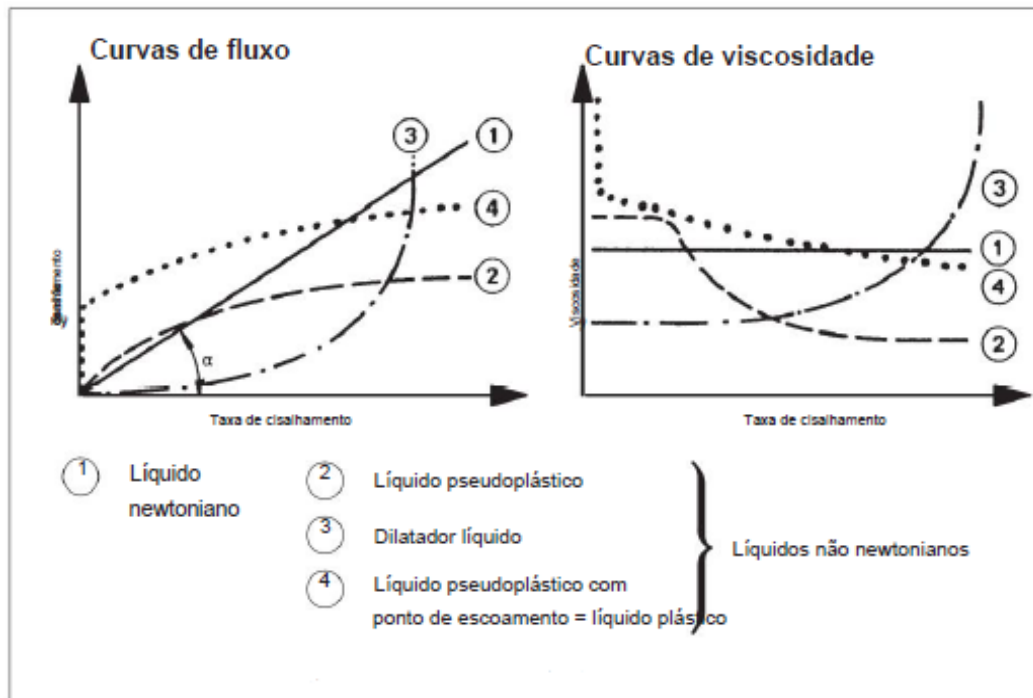
A análise de características reológicas de fluidos, como por exemplo, a viscosidade, se mostra relevante devido à sua ampla aplicabilidade em diversos setores industriais, visando obter resultados que possam melhorar o desempenho dos processos que os utilizam (Costa, Naccache, Vargas, 2017).

A viscosidade de um cimento endodôntico é descrita como um parâmetro quantitativo para avaliação de propriedades reológicas que poderia auxiliar no alcance de um padrão de escoamento ideal para o tratamento endodôntico, que permitiria a penetração e o selamento adequado dos canais, incluindo o dos canais laterais, evitando também os espaços entre o cimento e a parede do canal (Lacey, 2006). Entretanto, a Organização Internacional de Padronização (ISO) e a American Dental Association (ADA) não exigem uma medida de viscosidade para os cimentos endodônticos.

A medição da viscosidade de líquidos requer inicialmente a definição dos parâmetros que estarão envolvidos no fluxo. A tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento são definidas como parâmetros fundamentais para a medição da viscosidade de um fluido. À medida em que um fluido se movimenta pelos canais radiculares, ele produz uma força de cisalhamento paralela à superfície da parede do canal, conhecida como tensão de cisalhamento da parede. Esta tensão de cisalhamento é afetada por uma variedade de condições, incluindo a conicidade que o canal apresenta. A medição da viscosidade pode ser realizada de diferentes formas, sendo uma delas com a utilização de um reômetro rotacional com condições controladas. A análise feita em um reômetro rotacional pode gerar resultados de viscosidade por meio de uma curva de fluxo. As curvas de fluxo são obtidas em função da taxa de cisalhamento (Schramm, 2000).

Esta análise permite a determinação do tipo de fluido e seu comportamento. Os fluidos podem ser definidos como newtonianos ou não-newtonianos (pseudoplásticos, plástico, dilatante, entre outros) conforme demonstrado na Figura 1 adaptada do livro “A Practical Approach to Rheology and Rheometry” de Gebhard Schramm.

Figura 1: Esquema do comportamento da viscosidade de fluidos newtonianos e não newtonianos.



Fonte: Schramm, 2000.

Os fluidos newtonianos são considerados fluidos ideais por possuírem suas propriedades claramente definidas pela Lei da Viscosidade de Newton. A viscosidade destes fluidos varia de acordo com a temperatura e pressão, mas se mantém constante ao se modificar a deformação, a tensão aplicada e o tempo. Exemplos de fluidos ideais são a água e o ar. Em contraste, os fluidos não newtonianos, ou ainda chamados de complexos, não têm uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento, se diferenciando dos fluidos ideais. Em geral, a viscosidade destes fluidos está conectada à cinemática do escoamento. Para compreender o comportamento destes fluidos, é necessário realizar uma análise que permita a descrição de suas características em diferentes tipos de escoamento, permitindo a criação de curvas que descrevam seu comportamento ao longo de uma determinada taxa de cisalhamento (Schramm, 2000).

Compreender o comportamento de um fluido não newtoniano é de suma importância, pois possibilita a otimização e a correta aplicação em uma vasta gama de produtos e processos industriais. Isso inclui setores essenciais como as indústrias farmacêutica, cosmética e petroquímica, entre outras, garantindo eficiência e inovação nas suas produções (Costa, Naccache, Vargas, 2017).

4 METODOLOGIA

O projeto foi submetido à Comissão de Pesquisa da Faculdade de Odontologia da UFRGS (COMPESQ) para avaliação quanto ao mérito. Para os testes deste estudo foram utilizados dois cimentos endodônticos, sendo um cimento biocerâmico e outro cimento à base de resina epóxi, com as seguintes composições:

- Bio-C Sealer Ion+ (Angelus, PR, Brasil) - silicato de cálcio, silicato de magnésio, sulfato de potássio, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônio, dióxido de silício, agente de dispersão;

- Sealer Plus (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) - Pasta base (bisfenol-A, bisfenol-F), Resina Epoxi (formaldeído-10-cloro-2,3-epoxipropanolol, fenol, óxido de zircônio, silício, siloxanos, óxido de ferro, hidróxido de cálcio, tungstato de cálcio), Pasta Catalítica (hexametilenotetramina, óxido de zircônio, silício, siloxanos, hidróxido de cálcio, tungstato de cálcio).

4.1 Escoamento

Para o teste de escoamento, de acordo com as especificações ISO 6876:2012. Foram produzidas 3 amostras de cerca de $0,7 \pm 0,1$ mL de cada cimento testado ($n=6$) que foram alocadas em tubos de polietileno. Todas as amostras foram submersas em recipiente plástico contendo água aquecida à $37^\circ \pm 1$ °C.

Após, utilizando uma seringa de 1 mL, cerca de $0,5 \pm 0,05$ mL de cada amostra foi colocada em uma placa de vidro de 40 mm (altura) x 40 mm (largura) x 5 mm (espessura) de dimensões e, logo após, outra placa de vidro de mesmas dimensões foi colocada sobre o selador e uma carga de 100g foi aplicada no centro durante 10 minutos. Com o término da carga de força, os diâmetros mais longo e mais curto dos discos seladores produzidos foram medidos usando um paquímetro digital (Digimess, São Paulo, São Paulo, Brasil). Nos casos em que houve diferença entre os dois diâmetros maior que 1 mm, o teste foi realizado novamente.

Os valores de escoamento foram obtidos a partir dos valores médios dos três testes realizados para cada grupo.

4.2 Viscosidade

O teste de viscosidade foi realizado conforme descrito em trabalhos anteriores dos autores Khedmat, Momen-heravi, Pishvaei, (2012) e Lacey (2006). Os testes foram realizados na Central Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi utilizado um reômetro rotacional de alta performance com condições controladas (Anton Paar Physica MCR 101, AUSTRIA-EUROPE). Para cada análise 0,5g dos cimentos endodônticos foram colocados em uma placa de 25mm de um sistema cone-placa. O cone utilizado no sistema possui ângulo de 1,006 e o diâmetro de 24,975 mm. O GAP entre a placa e o cone rotativo foi de 0,048 mm. Os experimentos foram realizados em temperatura ambiente (25°C) e temperatura da boca (37°C) para cada cimento com taxa de cisalhamento variando de 0,0001 a 100^{s⁻¹} utilizada para simular as forças de cisalhamento aplicadas durante a obturação do canal radicular. Esta análise gera uma curva de fluxo da viscosidade em função da taxa de cisalhamento, que permite determinar o comportamento e o tipo de fluido da amostra analisada. A partir disso, foram traçados os gráficos dos resultados por meio da viscosidade (Pa.s) por taxa de cisalhamento (^{s⁻¹}) em ambas temperaturas.

4.3 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada apenas para o teste de escoamento por meio do Teste T de Student para amostras independentes utilizando o software Biostat versão 5.3 (Instituto Mamiraua, AM, Brasil).

5 RESULTADOS

5.1 Escoamento

Os resultados de escoamento com as médias e o desvio-padrão estão dispostos na Tabela 1. O cimento Bio-C Sealer Ion+ apresentou um escoamento (51,5 mm) significativamente maior do que o Sealer Plus (38,1 mm) ($P < 0,05$).

Tabela 1: Resultados de médias(dp) de escoamento dos cimentos Bio-C Sealer Ion+ (ION+) e Sealer Plus (MK).

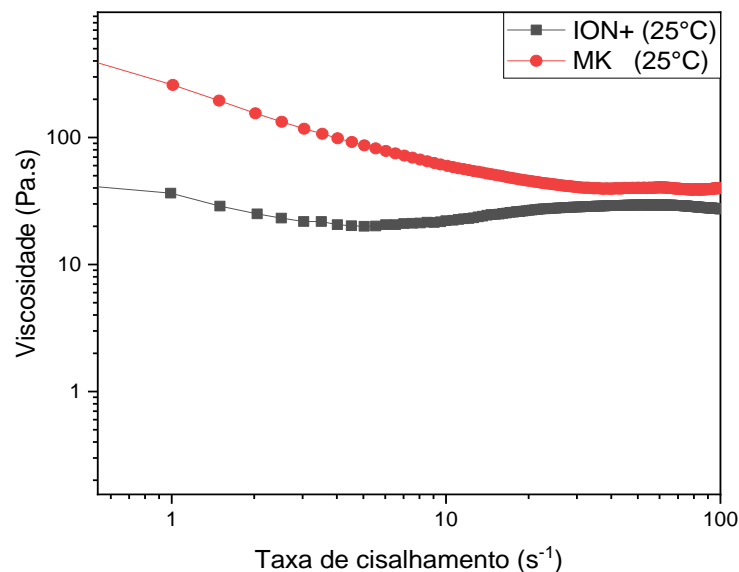
Amostra	Média (dp)
ION+	51,5(±0,50)
MK	38,1(±0,59)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.2 Viscosidade

Na análise de viscosidade à 25°C dos cimentos endodônticos Sealer Plus (MK) e Bio-C Sealer Ion+ (ION+) foi possível observar o comportamento pseudoplástico de ambos os cimentos, encontrados em fluidos não-newtonianos complexos (Figura 2). O cimento MK apresentou durante todo o gradiente de fluxo uma viscosidade mais elevada que o ION+, embora ambos tenham apresentado um comportamento semelhante.

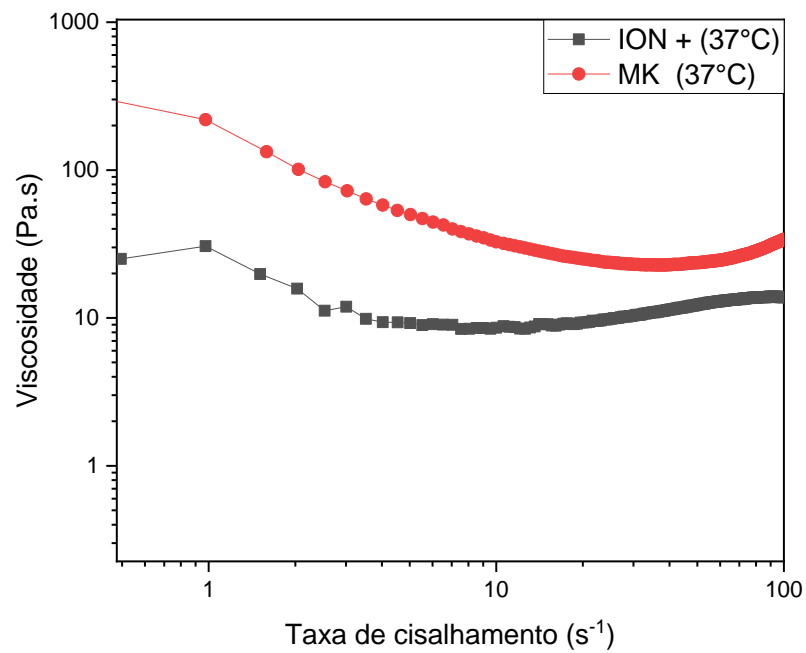
Figura 2 – Curva de fluxo da viscosidade (Pa.s) em função da taxa de cisalhamento (s^{-1}) dos cimentos Sealer Plus (MK) e Bio-C Sealer Ion+ (ION+) a 25°C.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na análise de viscosidade realizada à 37°C de maneira semelhante ao teste com 25°C o cimento MK apresentou valores de viscosidade maiores quando comparado ao cimento ION+. Entretanto, ambos apresentaram comportamentos de fluidos pseudoplásticos quando submetidos a diferentes taxas de cisalhamento (Figura 3).

Figura 3 – Curva de fluxo da viscosidade (Pa.s) em função da taxa de cisalhamento (s^{-1}) dos cimentos Sealer Plus (MK) e Bio-C Sealer Ion+ (ION+) a 37°C.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

6 DISCUSSÃO

A análise comparativa das propriedades de escoamento e viscosidade dos cimentos endodônticos biocerâmico e à base de resina epóxi revelou diferenças significativas, fornecendo insights valiosos para a aplicação clínica desses materiais. Observou-se que o cimento biocerâmico Bio-C Sealer Ion+ demonstrou um escoamento maior (51.5 ± 0.50 mm) em comparação ao cimento de resina epóxi Sealer Plus (38.1 ± 0.59 mm). Esse maior escoamento do cimento biocerâmico pode ser atribuído à sua composição e ao tamanho de suas partículas (Reszka *et al.*, 2019). Quanto menor a partícula, maior a capacidade de escoamento e essa característica, por sua vez, pode ser vantajosa, uma vez que partículas menores se adaptam melhor às irregularidades das paredes dos canais radiculares e penetram melhor nos túbulos dentinários (Akçay *et al.*, 2016). Por outro lado, o cimento à base de resina epóxi, embora mais viscoso, oferece vantagens em termos de estabilidade dimensional e maior resistência de união à dentina que outros cimentos, características importantes para a longevidade do tratamento endodôntico (Zhou *et al.*, 2013; Ersahan, Aydin, 2010; Almeida *et al.*, 2017).

Embora o cimento biocerâmico tenha apresentado escoamento superior ao cimento à base de resina epóxi, ambos cimentos estão dentro das especificações da ANSI/ADA 57 e da ISO 6875/2012 tendo valores acima do mínimo requerido de 17mm. O resultado de escoamento encontrado neste estudo para o cimento Sealer Plus com valor médio de 38.1 ± 0.59 mm vai ao encontro ao encontrado pelos autores Marciano *et al.* (2012), Lopes *et al.* (2019) e Camargo *et al.* (2017) com valores médios de escoamento respectivos de 39.16mm, 34.48mm, 36.42mm para outros cimentos endodônticos que também têm como base a resina epóxi.

Em contrapartida a estes resultados, nos estudos de Vertuan *et al.* (2018) e Tanomaru-Filho *et al.* (2019) os valores para o cimento Sealer Plus foi menor quando comparados ao encontrado neste presente trabalho, sendo, respectivamente 19.19 mm e 18.95 mm. Embora diferentes, todas as medidas estão acima do mínimo requerido pela ANSI/ADA e ISO. Essa diferença de valores de escoamento pode ser atribuída às diferentes características de suas propriedades físico-químicas de acordo com a quantidade de pasta base e pasta catalisadora agregadas no momento da espatulação, uma vez que diferentes proporções podem gerar diferentes quantidades de reagentes (Baldi *et al.*, 2012). Isso, por sua vez, pode impactar na reação química de polimerização entre os grupos amina e os monômeros epóxicos, tendo como consequência alterações de suas propriedades físico-químicas (Sostena *et al.* 2009).

Baldi *et al.* (2012) ainda analisou que as diferentes frações do tubo do cimento endodôntico produziam diferentes valores de escoamento, podendo trazer diferentes resultados para uma mesma amostra.

O estudo de Quaresma *et al.* (2024) encontrou o valor de escoamento de 59.80 ± 0.86 mm para o Bio-C Sealer Ion+, valor este próximo ao encontrado neste estudo (51.5 ± 0.50 mm). Se por um lado, um maior escoamento dos cimentos endodônticos pode proporcionar benefícios significativos no selamento dos canais radiculares, assegurando uma vedação mais eficaz e reduzindo a possibilidade de infiltrações (Silva *et al.*, 2013), por outro lado, há uma preocupação em relação ao potencial de extravasamento do material para os tecidos periapicais, o que pode ser prejudicial e comprometer o sucesso do tratamento endodôntico (Bernardes *et al.*, 2010). Em contrapartida, os autores Chybowski *et al.* (2018) afirmaram que devido ao alto grau de escoamento do cimento biocerâmico e sua interação com os fluidos teciduais, a formação de hidroxiapatita nos tecidos periapicais não é necessariamente um problema, mas sim um fator bioativo que pode contribuir para a reparação óssea. Isso sugere que, em casos de lesões apicais associadas, o extravasamento do cimento biocerâmico pode até mesmo ser benéfico, promovendo a regeneração óssea facilitada pelo próprio organismo.

Dessa forma, embora o escoamento maior represente um desafio em termos de controle da aplicação do material, suas interações bioativas podem ser exploradas para melhorar os resultados clínicos em determinados contextos endodônticos.

Em relação aos testes de viscosidade, observou-se que o cimento endodôntico Bio-C Sealer Ion+ apresentou uma viscosidade inferior em relação ao cimento Sealer Plus, indicando uma maior fluidez do biocerâmico durante o processo de aplicação. Essa característica pode ser explicada pela ocorrência de uma reação exotérmica de hidratação, na qual há liberação de calor, com a formação de um precipitado, ocasionando o aumento da temperatura durante o teste. Este aumento de temperatura, por sua vez, faz com que a viscosidade da mistura (cimento endodôntico + água) seja diminuída, fazendo com que os cimentos fluam com mais facilidade quando sob pressão. Além disso, a presença de polietilenoglicol na composição química, como agente de dispersão, pode favorecer o fluxo desses cimentos (Kadri, Duval, 2002; Mostafa, Brown, 2005).

A medida em que se diminui a viscosidade e aumenta a fluidez de um cimento endodôntico, o risco de uma extrusão além do forame apical aumenta e, portanto, é desejável que cimentos com baixa viscosidade, como a exemplo destes biocerâmicos, sejam mais biocompatíveis com os tecidos periapicais e idealmente possuam bioatividade (Kwak *et al.*, 2023).

Os testes de viscosidade foram executados de forma a mimetizar as forças de cisalhamento que são aplicadas nos cimentos durante a obturação do canal radicular. Enquanto isso, seu comportamento foi analisado em duas temperaturas diferentes, de forma que simule o comportamento do cimento ao ser manipulado (25°C) e após quando introduzido no canal radicular (37°C). Embora o cimento à base de resina epóxi, Sealer Plus, seja mais viscoso que o cimento biocerâmico, Bio-C Sealer Ion+, ambos apresentaram comportamentos semelhantes. Nas duas temperaturas testadas, os dois cimentos se comportaram como fluidos pseudoplásticos. Os fluidos pseudoplásticos são caracterizados por diminuírem sua viscosidade, se tornando mais fluidos à medida em que são submetidos à pressão. Essa característica é desejável em diversas aplicações dos materiais, sendo uma propriedade desejada também em cimentos endodônticos. Os estudos de Khedmat, Momen-Heravi e Pishvaei, (2012) analisaram as viscosidades dos cimentos AH Plus, Endofill, AH 26 e Epiphany self-etch (SE) em função da taxa de cisalhamento, gerando uma curva de viscosidade. Exceto para o cimento AH 26, os cimentos AH Plus, Endofill e Epiphany SE apresentaram comportamentos de fluidos pseudoplásticos, diminuindo sua viscosidade à medida em que a taxa de cisalhamento (ou a pressão) era aumentada. Estes resultados corroboram com os achados neste presente trabalho. Os autores ainda atribuem o comportamento diferente do cimento AH 26, que comportou-se como um fluido newtoniano, às diferenças nas composições dos cimentos endodônticos, alegando que uma concentração diferente de resina epóxi neste cimento possa ter influenciado no seu comportamento em relação aos demais.

A coerência entre os resultados de viscosidade e escoamento obtidos para ambos os materiais reforça a relevância dos parâmetros estudados na avaliação da qualidade dos cimentos endodônticos. Esses achados não apenas corroboram a literatura existente, mas também destacam a importância de considerar as propriedades específicas de cada material na escolha do cimento endodôntico mais adequado para cada situação clínica.

Compreender as características físico-químicas dos cimentos endodônticos é fundamental para garantir a eficácia do tratamento, como também para minimizar complicações e otimizar os resultados clínicos. Portanto, investigações detalhadas como essas não só contribuem para o avanço do conhecimento científico na área, mas também orientam práticas clínicas mais informadas e eficazes no campo da endodontia.

7 CONCLUSÃO

Com base neste estudo, é possível afirmar que o cimento biocerâmico Bio-C Sealer Ion+ apresenta maior escoamento e menor viscosidade quando comparado ao cimento à base de resina epóxi Sealer Plus.

Além disso, tanto o cimento Bio-C Sealer Ion+, quanto o cimento Sealer Plus apresentam propriedades físico-químicas de escoamento e viscosidade adequadas para o tratamento endodôntico. Entretanto, estudos adicionais das demais propriedades físico-químicas destes cimentos se fazem necessários.

REFERÊNCIAS

Akcay, M. *et al.* Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 48, n. 1, p. 70–76. jan. 2016.

Aksel, H. *et al.* Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. **Microscopy Research and Technique**, v. 82, n. 5, p. 624–629, jul. 2019.

Al-haddad, A.; Aziz, Z. A. C. A. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. **International Journal of Biomaterials**, v. 2016, mai. 2016.

Almeida, L. H. S. *et al.* Are premixed calcium silicate–based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 4, p. 527-535, fev. 2017.

American national standards institute/american dental association ANSI/ADA. Endodontic Sealing Materials **ANSI/ADA Standard No. 57- 2000 (R2012)**. Publicação em 2012.

Disponível em:

<https://webstore.ansi.org/Standards/ADA/ANSIADA572000R2012?source=preview>. Acesso: maio, 2024.

Arikatla, S. *et al.* Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. **Journal of Conservative Dentistry**, v. 21, n. 4, p. 373–377, ago. 2018

Baldi, J. V. *et al.* Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. **International Endodontic Journal**, v. 45, n. 10, p. 915-920, out. 2012.

Bernardes, R. A., *et al.* Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics**, v. 109, n. 1, p. 47–49, jan. 2010.

Camargo, R. V. D. *et al.* Evaluation of the physicochemical properties of silicone-and epoxy resin-based root canal sealers. **Brazilian Oral Research**, v. 31, p. e72, jun. 2017.

Camilleri, J. Characterization and Properties of Bioceramic Materials for Endodontics. **Bioceramic Materials in Clinical Endodontics**, p. 7-18, out. 2021.

Camilleri, J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. **Journal of Endodontics**, v. 41, n. 1, p. 72-78, jan. 2015.

Candeiro, G. T. M. *et al.* Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions and flow of a bioceramic root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v. 38, n. 6, p. 842-845, jun. 2012.

Chybowski, E. A. *et al.* Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 6, p. 941-945. jun. 2018.

Cintra, A. L. T. *et al.* Evaluation of the cytotoxicity and biocompatibility of new resin epoxybased endodontic sealer containing calcium hydroxide. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 12, p. 2088–2092. jul. 2017.

Colombo, M. *et al.* Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 10, n. 2, p. 120–126, fev. 2018.

Costa, C. M.; NACCACHE, M. F.; VARGES, P. Caracterização reológica de fluidos complexos. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v.4, n.7, p. 3-28, nov. 2017.

De Deus, Q. D. **Endodontia**. 5. ed. São Paulo: Medsi, 1992. 695 p.

Donnermeyer, D. *et al.* Endodontic sealers based on calcium silicates: A systematic review. **Odontology**. v. 107, n. 4, p. 421–436, out. 2019.

Dos Santos, G. N. *et al.* Is the quality of root canal filling obtained by cone-beam computed tomography associated with periapical lesions? A systematic review and meta-analysis. **Clinical Oral Investigations**, v. 26, n. 8, p. 5105-5116, ago. 2022.

Ersahan, S., Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based Sealer, from radicular dentine. **Journal of Endodontics**. v. 36, n.12, p. 2000-2002. out. 2010.

Gandolfi, M. G.; Siboni, F.; Prati, C. Properties of a novel polysiloxane-gutta-percha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. **Dental Materials**, v. 32, n. 2, p. 113-126, mai. 2016.

Grossman, L.I. Physical properties of root canal cements. **Journal of Endodontics**, v. 2, n. 6, p. 166-175, jun. 1976.

Han, L.; Kodama, S.; Okiji, T. Evaluation of calcium-releasing and apatite-forming abilities of fast-setting calcium silicate-based endodontic materials. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 2, p. 124–130, fev. 2015.

Hess, D. *et al.* Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 11, p. 1547–1549, nov. 2011.

International organization for standadization. **International Standard ISO6876:2001: Dental root canal sealing materials**. Geneva: International Organization for Standardization; 2001.

International organization for standadization. **International Standard ISO6876:2012: Dental root canal sealing materials**. Geneva: International Organization for Standardization; 2012.

Janini, A. C. P. *et al.* Biocompatibility analysis in subcutaneous tissue and physico-chemical analysis of pre-mixed calcium silicate-based sealers. **Clinical Oral Investigation**. v. 27, n. 5, p. 2221-2234. mai. 2023.

Johnson, W. T.; Kulild, J. C. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. **Cohen's Pathways of the Pulp**, p. 349-388, jan. 2011.

Kadri, E. H.; Duval, R. Effect of ultrafine particles on heat of hydration of cement mortars. **Materials Journal**, v. 99, n. 2, p. 138-142, mar. 2002.

Khandelwal, D. L.; Ballal, N. V. Recent advances in root canal sealers. **International Journal Clinical Dentistry**. v. 9, n. 3, p. 183–194, jan. 2016.

Khedmat, S.; Momen-heravi, F.; Pishvaei, M. Rheological properties of endodontic sealers: the effect of time, temperature, and composition. **Iranian Polymer Journal**, v. 21, p. 445-450, mai. 2012.

Kwak, S. W. *et al.* Physicochemical properties and biocompatibility of various bioceramic root canal sealers: in vitro study. **Journal of Endodontics**, v. 49, n. 7, p. 871-879, jul. 2023.

Lacey, S. *et al.* The effect of temperature on viscosity of root canal sealers. **International Endodontic Journal**, v. 39, n. 11, p. 860-866, ago. 2006.

Lee, J. K. *et al.* Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. **Bioinorganic Chemistry and Applications**, v. 2017, n. 57, p. 1–8, jan. 2017.

Leonardo, M. R., Leal, J. M. Materiais obturadores de Canais Radiculares. In: Leonardo, M. R. **Endodontia: tratamento de canais radiculares: princípios técnicos e biológicos**. São Paulo: Artes Médicas, p. 1043-1125, 2008.

Lopes, F. C. *et al.* Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. **Journal of Applied Oral Science**, v. 27, p. e20180556, set. 2019.

Lopes Jr, H., Siqueira, J. F. **Endodontia: Biologia e Técnica**. 4. ed, Rio de Janeiro: Elsevier, p. 848, 2015.

Marciano, M. A. *et al.* Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 10, p. 1417-1421, out. 2011.

Mostafa, N. Y.; Brown, P. W. Heat of hydration of high reactive pozzolans in blended cements: Isothermal conduction calorimetry. **Thermochimica acta**, v. 435, n. 2, p. 162-167, set. 2005.

Ørstavik, D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. **Endodontic Topics** [Internet]. v. 12, n. 1, p. 25-38, nov. 2005. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1601-1546.2005.00197.x>

Parirokh, M.; Torabinejad, M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review – Part I. **Journal of Endodontics**, v. 36, n. 1, p. 16-27, jan. 2010.

Prullage, R. *et al.* Material Properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v.42, n.12, p.1784-1788, out. 2016.

Quaresma, S. A. L. *et al.* Influence of bioceramic cones on the quality of root canal filling relative to bond strength and adaptation of the adhesive interface. **Clinical Oral Investigations**. v. 27, n. 12, p. 7919-7933, dez. 2023.

Quaresma, S. A. L. *et al.* Physicochemical properties of calcium silicate cement based endodontic sealers. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 151, p. 106400, mar. 2024.

Rekha, R. *et al.* Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. **Journal of Oral Biology and Craniofacial Research**, v.13, n.1, p. 28–35, out 2023.

Resende, L, M. *et al.* A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. **International Endodontic Journal**, v.42, p.785-793, jun. 2009.

Reszka, P. *et al.* SEM and EDS study of TotalFill BC Sealer and GuttaFlow Bioseal root canal sealers. **Dental and Medical Problems**, v. 56, n. 2, p. 167-172. abr-jun. 2019.

Rickert, U. G. A historical review of endodontics. **Journal of Endodontics**. v.6, n.2, p. 577-589, mar. 1980.

Santos, J. et al. Long-term sealing ability of resin-based root canal fillings. **International Endodontic Journal**, v. 43, n. 6, p. 455-460, jun. 2010.

Schramm, Gebhard. **A practical approach to Rheology and Rheometry**. 2nd ed. D-76227 Karlsruhe, Dieselstrasse, v. 4, 2000.

Silva, E. C. A.; Tanomaru-Filho, M.; Silva, G. F. *et al.* Biocompatibility and bioactive potential of new calcium silicate-based endodontic sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. **Journal of Endodontics**, v. 46, n. 10, p. 1470-1477, out. 2020.

Silva, E. J. *et al.* Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicatebased endodontic sealer MTA Fillapex. **Journal of Endodontics**, v.39, n.2, p.274-277, fev. 2013.

Song, Y. *et al.* In vitro evaluation of a newly produced resin-based endodontic sealer. **Restorative Dentistry & Endodontics**, p.189-195, jul. 2016.

Sostena, M. *et al.* Glass transition and degree of conversion of a light-cured orthodontic composite. **Journal of Applied Oral Science**, v. 17, p. 570-573, dez. 2009.

Souza, L. C. D. *et al.* Physicochemical and biological properties of AH plus bioceramic. **Journal of Endodontics**, v. 49, n. 1, p. 69-76, jan. 2023.

Tanomaru-filho, M. *et al.* Physicochemical properties and bioactive potential of a new epoxy resin-based root canal sealer. **Brazilian Dental Journal**, v. 30, p. 563-568, nov-dez. 2019.

Vertuan, G. C. *et al.* Evaluation of physicochemical properties of a new root canal sealer. **Journal of Endodontics**, v. 44, n. 3, p. 501–505. mar. 2018.

- Viapiana, R. *et al.* Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. **International Endodontic Journal**, v. 49, n. 8, p. 774–782, ago. 2016.
- Vitti R.P. *et al.* Chemical-physical properties of experimental root canal sealers based on butyl ethylene glycol disalicylate and MTA. **Dental Materials**, v. 29, n. 12, p. 1287-1294, dez. 2013.
- Wang, Y.; Liu, S.; Dong, Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, p. 1–11, fev. 2018.
- Wu, M. K.; Van Der Sluis, L. W. M; WESSELINK, P. R. Fluid transport along gutta-percha backfills with and without sealer. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology**, v. 97, n. 2, p.257-262, fev. 2004.
- Zafar, K.; Jamal, S.; Ghafoor, R. Bio-active cements-mineral trioxide aggregate based calcium silicate materials: A narrative review. **Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 70, n. 3, p. 497–504, mar. 2020.
- Zhang, H. *et al.* Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. **Journal of Endodontics**, v. 35, n. 7, p. 1051–1055, jul. 2009.
- Zhou, H. *et al.* Physical properties of 5 root canal sealers. **Journal of Endodontics**, v.39, n.10, p.1281-1286, out. 2013.