

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**Cleiton Luiz de Almeida**

**EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO CIMENTO RESINOSO  
NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E NA RESISTÊNCIA  
ADESIVA À DENTINA RADICULAR**

Juiz de Fora  
2023

**Cleiton Luiz de Almeida**

**EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO CIMENTO RESINOSO  
NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E NA RESISTÊNCIA  
ADESIVA À DENTINA RADICULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, campus Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca  
Universitária da UFJF,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Almeida, Cleiton Luiz .

EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO CIMENTO  
RESINOSO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E NA  
RESISTÊNCIA ADESIVA À

DENTINA RADICULAR / Cleiton Luiz Almeida. -- 2023.

52 f. : il.

Orientador: Hugo Lemes Carlo

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal  
de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-  
Graduação em Clínica Odontológica, 2023.

1. Cimentos Resinosos. 2. Fotopolimerização de Cimentos  
Resinosos. 3. Temperatura de Trabalho de Cimentos Resinosos.  
I. Carlo, Hugo Lemes, orient. II. Título.

**Cleiton Luiz de Almeida**

**EFEITO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO CIMENTO RESINOSO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E NA RESISTÊNCIA ADESIVA À DENTINA RADICULAR**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de concentração: Clínica Odontológica.

Aprovada em 27 de setembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo** - Orientador e Presidente da Banca

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

**Prof. Dr. Bruno Salles Sotto Maior** - Membro titular interno

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gisele Rodrigues da Silva** - Membro titular externo

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Juiz de Fora, 11/09/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Lemes Carlo, Usuário Externo**, em 27/09/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Salles Sotto Maior, Coordenador(a)**, em 27/09/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gisele Rodrigues da Silva, Usuário Externo**, em 27/09/2023, às 15:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1460506** e o código CRC **E7D70788**.

---

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a **Deus**, pois ele é minha força, minha fortaleza, que sempre esteve ao meu lado a cada obstáculo superado, se hoje consegui é por ele. Assim começo meus agradecimentos, “porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas”.

À **minha mãe Ana** que enfrentou várias dificuldades na vida, mas nunca desistiu de ser feliz e mais ainda de me fazer feliz, sempre me apoiou nas minhas decisões, nunca mediu esforços para me ajudar, muitas vezes abdicando de seus sonhos para realizar os meus, agradeço a Deus por ter você!

Agradeço ao meu pai **José** que mesmo ausente se fez presente nessa caminhada, seus ensinamentos nunca foram e jamais serão esquecidos, eles me guiam e pautam minha conduta. Esse gosto de missão cumprida se materializa e é um pequeno passo de nossa longa caminhada em busca de atingir um pouco do que você conseguiu em vida. Muito obrigado por tudo!

Às **minhas irmãs Janete e Risia** que sempre me apoiaram e me encorajaram, sei o quanto vocês torcem pelo meu sucesso.

À **minha namorada Joyce** por todo o incentivo, ajuda, paciência, companheirismo e conselhos durante esta caminhada, você foi fundamental nesta conquista.

Agradeço ao meu cunhado **Gilson** e aos meus sobrinhos **Caio Danyel e João Gabryel** que sempre confiaram na minha capacidade e torceram por mim.

Ao professor **Dr. Hugo Lemes Carlo**, meu orientador, por toda paciência, dedicação, ensinamentos e confiança em mim depositada, fundamentais na execução deste trabalho.

À professora **Dra. Laísa Araújo Cortines Laxe**, por todos os ensinamentos, paciência, orientação e conselhos, indispensáveis na conclusão desta jornada.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora**, por todas as oportunidades a mim proporcionadas e por todo o incentivo à pós-graduação.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia**, por toda receptividade, profissionalismo e orientação na execução de parte desta pesquisa.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

## RESUMO

Tratamentos reabilitadores estéticos demandam a utilização de materiais capazes de mimetizar as estruturas dentais. Dentre estes materiais, têm-se os pinos de fibra e as restaurações totalmente cerâmicas. A cimentação de ambos normalmente é realizada utilizando-se cimentos resinosos que, apesar de inúmeras vantagens, apresentam um problema recorrente, a possibilidade de descimentação, causada principalmente pela dificuldade de polimerização do agente cimentante em áreas de baixa dispersão da luz. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do pré-aquecimento sobre materiais cimentantes à base de resina. Dois cimentos resinosos de dupla ativação, um convencional (NX3 – Kerr Dental) e outro autoadesivo (Maxcem – Kerr Dental) foram analisados em duas temperaturas de trabalho diferentes (ambiente – 23°C e pré-aquecido – 69°C). A determinação da espessura da película foi realizada conforme a norma ISO 4049-2000. A contração de polimerização pós-gel foi obtida com a utilização de extensômetros em dois tempos diferentes (fotopolimerização imediata e após 5min) e a resistência adesiva foi realizada através de teste de push out nos diferentes terços radiculares (cervical, médio e apical). Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística. Com relação aos resultados de espessura de película observou-se diminuição significativa nos valores para ambos os cimentos quando pré-aquecidos. Para contração de polimerização pós-gel verificou-se diferença quando a polimerização foi realizada imediatamente ou após 5min. Entretanto, não se verificou diferença entre as temperaturas testadas. Ambos os cimentos, quando pré-aquecidos, apresentaram maiores valores de resistência adesiva nos terços médio e apical quando comparados com a temperatura ambiente. Os resultados apontaram que o pré-aquecimento de cimentos resinosos pode ser uma alternativa viável para melhorar as propriedades dos materiais e a adesão à dentina radicular.

**Palavras-chave:** Canal radicular, Materiais Restauradores do Canal Radicular, Cimentos Dentários, Cura Luminosa de Cimentos Dentários.

## **ABSTRACT**

Aesthetic rehabilitative treatments demand the use of materials capable of mimicking dental structures. Fiberglass posts and all-ceramic restorations are among these materials. Cementation of both is usually carried out using resin cements, which, despite numerous advantages, presents a recurrent problem, the possibility of decementation, mainly caused by the difficulty of polymerizing the cementing agent in areas of low light dispersion. The present study aimed to evaluate the effect of preheating on resin-based cementing materials. Two dual activation resin cements, one conventional (NX3 – Kerr Dental) and the other self-adhesive (Maxcem – Kerr Dental) were analyzed at two different working temperatures (ambient – 23°C and preheated – 69°C). The determination of the film thickness was carried out according to the ISO 4049-2000 standard. The post-gel polymerization contraction was obtained using extensometers at two different times (immediate photopolymerization and after 5min) and the adhesive strength was determined by push out test in the different root thirds (cervical, middle and apical). The data obtained were submitted to statistical analysis. With regard to the results of film thickness, a significant decrease in values was observed for both cements when preheated. For post-gel polymerization contraction, there was a difference when polymerization was performed immediately or after 5min. However, there was no difference between the temperatures tested. Regarding the bond strength results, both cements showed higher values in the middle and apical thirds at 69°C when compared to room temperature. The results indicated that preheating resin cements can be a viable alternative to improve the properties of the materials and the adhesion to root dentin.

**Keywords:** Root canal, Root Canal Filling Materials, Dental cements, Light Curing of Dental Cements,

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Cimentos resinosos utilizados no estudo com suas respectivas pontas de automistura .....	22
<b>Figura 2:</b> Cimentos inseridos no dispositivo de pré-aquecimento Hotset® .....	23
<b>Figura 3:</b> Placas de vidro utilizadas no teste de espessura de película de cimento com marcações equidistantes para padronização dos pontos de medida.....	24
<b>Figura 4:</b> Paquímetro utilizado para aferição da espessura .....	25
<b>Figura 5:</b> Seringa utilizada para padronização da quantidade de cimento a ser dispensado .....	25
<b>Figura 6:</b> Cimento interposto entre as placas para medição .....	25
<b>Figura 7:</b> Conjunto placa-cimento-placa posicionado na máquina de ensaios .....	25
<b>Figura 8:</b> Fotopolimerização do conjunto placa-cimento-placa .....	26
<b>Figura 9:</b> Medição da espessura do conjunto placa-cimento-placa após a fotopolimerização .....	26
<b>Figura 10:</b> Extensômetro biaxial .....	27
<b>Figura 11:</b> Ligação $\frac{1}{4}$ de ponte para obtenção dos dados de contração .....	27
<b>Figura 12:</b> Extensômetro fixado e ligado ao aparelho.....	27
<b>Figura 13:</b> Cimento posicionado sobre o extensômetro e fotopolimerizador posicionado a 1mm .....	27

<b>Figura 14:</b> Dente bovino recém extraído .....	28
<b>Figura 15:</b> Dente bovino após limpeza com lâmina de bisturi e cureta periodontal ..	28
<b>Figura 16:</b> Esquema de preparo dos espécimes .....	28
<b>Figura 17:</b> Instrumentação do canal radicular para remoção de restos pulpares .....	29
<b>Figura 18:</b> Instrumentação com broca do kit de pinos de fibra de vidro whitepost® #3 em 11 mm .....	29
<b>Figura 19:</b> Fotopolimerização do pino de fibra de vidro após 5 min .....	31
<b>Figura 20:</b> Cortadeira de precisão com as medidas para os cortes .....	31
<b>Figura 21:</b> Fatias seccionadas em 1 mm de espessura .....	31
<b>Figura 22:</b> Máquina de ensaio utilizada no teste de resistência adesiva .....	32
<b>Figura 23:</b> Conjunto montado com ponteiras e base para o ensaio de <i>push-out</i> .....	32

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1:</b> Composição do cimento convencional (NX3® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA) .....	22
<b>Quadro 2:</b> Composição do cimento autoadesivo (Maxcem Elite® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA) .....	22
<b>Tabela 1:</b> Espessura de película dos cimentos testados em $\mu\text{m}$ (média $\pm$ desvio padrão) .....	34
<b>Tabela 2:</b> Resultados do teste ANOVA – três fatores para análise de contração pós-gel .....	35
<b>Tabela 3:</b> Resultados de análise de contração pós-gel ( $\mu\epsilon$ ) dos materiais testados nas diferentes temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) e de acordo com o intervalo de tempo (min) para realização da fotopolimerização .....	35
<b>Tabela 4:</b> Resultados do teste ANOVA de medidas repetidas para análise de resistência de união – Efeito Intra-Sujeitos .....	36
<b>Tabela 5:</b> Resultados do teste ANOVA de medidas repetidas para análise de resistência de união – Efeito Inter-Sujeitos .....	36
<b>Tabela 6:</b> Resultados de análise de resistência de união – push out (MPa) dos materiais testados nos diferentes terços radiculares e nas diferentes temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....	37
<b>Tabela 7:</b> Resultados de distribuição de modo de falha da análise de resistência de união – <i>push out</i> – dos materiais testados nos diferentes terços radiculares e nas diferentes temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

GC – Grau de Conversão

°C – Graus Celsius

% - Porcentagem

BIS-GMA – Bisfenol glicidil metacrilato

UDMA – Uretano dimetacrilato

TEGDMA – Trietileno glicol dimetacrilato

mm<sup>2</sup> – milímetro quadrado

N - Newton

mm – milímetros

mL – mililitro

S – Segundos

J – Joule

μS - microstrain

JCE – junção cimento-esmalte

Min – minutos

MPa – mega pascal

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Objetivo Primário.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Objetivos Secundários.....</b>	<b>21</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Materiais.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2. Métodos.....</b>	<b>23</b>
4.2.1. Análise da Espessura da Película de Cimento .....	23
4.2.2. Análise da contração pós-gel.....	26
4.2.3. Teste de resistência adesiva.....	27
4.2.3.1. Seleção dos Dentes.....	27
4.2.3.2. Preparo dos dentes.....	28
4.2.3.3. Cimentação dos Pinos de Fibra de Vidro.....	29
4.2.3.4. Resistência de União ( <i>push-out</i> ).....	30
<b>5 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE DADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
6.1 Espessura da Película de Cimento.....	34
6.2 Contração Pós-gel.....	34
6.3 Resistência de União ( <i>push-out</i> ).....	35
<b>7 DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Agentes de cimentação à base de resina de dupla polimerização são, atualmente, os materiais de escolha para a reabilitação da estrutura dental (PIWOWARCZYK et al., 2007). Tais materiais foram desenvolvidos com o intuito de se alcançar alto grau de polimerização mesmo em situações em que a passagem da luz é atenuada, como por exemplo na presença de restaurações indiretas ou no caso da cimentação de pinos de fibra (ARRAIS et al., 2008). Entretanto, estudos demonstraram que os componentes responsáveis pela autopolimerização, que seriam os principais responsáveis por compensar a ausência ou diminuição de luz, não possuem tal eficácia (BRAGA et al., 2002; ARRAIS et al., 2009; MORAIS et al., 2012).

Uma possível causa para a menor efetividade dos componentes autopolimerizáveis pode estar relacionada a taxas de ativação e propagação dos radicais mais lentas quando comparadas a materiais fotoativados (LOPES et al., 2020). Após atingir um grau máximo de polimerização, a reação de autopolimerização adentra em uma fase mais lenta, em que ocorre uma desaceleração, pois há uma considerável diminuição na mobilidade dos monômeros e dos radicais livres, fato este decorrente principalmente do aumento da viscosidade da massa (LUCEY et al., 2010; LOPES et al., 2020). Neste sentido, a viscosidade do material parece ter maior influência em reações de autopolimerização do que em reações de fotopolimerização (RUEGGERBERG e CAUGHMAN., 1993; FRANÇA et al., 2011).

O fato de os componentes responsáveis pela autopolimerização não conseguirem contribuir com a polimerização quando da ausência da luz é um fato preocupante, uma vez que muitos dos procedimentos da prática clínica ocorrem em condições com cerca de 10% a 15% da intensidade inicial da luz emitida (ARRAIS et al. 2008). Em condições de ausência ou baixa intensidade de luz, o grau de conversão é afetado negativamente, contribuindo diretamente para maior possibilidade de insucesso (DARONCH, RUEGGERBERG e DE GOES., 2005; ARRAIS et al., 2008; FRANÇA et al., 2011), com os materiais podendo apresentar menor dureza, maior solubilidade, menor resistência à flexão e à compressão, bem como menor resistência de união à dentina (BRAGA et al., 2002; ARRAIS et al., 2008; LOPES et al., 2020).

A temperatura de trabalho do material pode influenciar diretamente na cinética de polimerização (KITZMULLER et al., 2011). O pré-aquecimento de resinas compostas antes da fotopolimerização, entre temperaturas que variaram entre 50 °C e 69 °C, promoveram diminuição na viscosidade, maior velocidade de polimerização e maior grau de conversão final (LORENZONI et al., 2013; GUGELMIN et al., 2020; BHOPATKAR et al., 2022). Da mesma forma verifica-se que o pré-aquecimento de cimentos resinosos a 50 °C resultou em maiores valores de resistência de

união à microtração de restaurações indiretas de resina composta à dentina (MORAIS et al., 2012). O grau de conversão e o tempo de trabalho de cimentos de polimerização dual foi influenciada por diferentes temperaturas (25, 37 e 50 °C) e condições de atenuação da luz (OLIVEIRA et al., 2012). O grau de conversão e a resistência coesiva de cimentos pré-aquecidos a 50° C, mesmo com atenuação de irradiância, também foram significativamente alterados (FRANÇA et al., 2011).

Entre as diferentes temperaturas e tempos utilizados para pré-aquecimento de materiais resinosos, a temperatura de 69 °C e o período de 5 min foram os que apresentaram melhores resultados (ZANON., 2020). E embora a literatura possua muitos relatos de estudos que realizaram análises sobre o pré-aquecimento de resinas compostas em diversas temperaturas e períodos, inclusive a 69 °C e 5min, o mesmo não ocorre com relação aos cimentos resinosos. Além disso, a adesão destes materiais à dentina radicular nestas circunstâncias também carece de análise.

Verifica-se, assim, a necessidade de melhor entendimento sobre o efeito desta temperatura mais alta de trabalho para os cimentos resinosos, uma vez que o processo pode ser uma alternativa para melhorar suas propriedades e aumentar o sucesso clínico. Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo investigar o pré-aquecimento dos cimentos resinosos e o efeito de tal procedimento em propriedades físicas e na resistência de união à dentina radicular. As hipóteses nulas testada foram: 1. As diferentes temperaturas de trabalho (ambiente e pré-aquecido) dos agentes de cimentação não influenciariam nas propriedades físicas dos materiais; 2. As diferentes temperaturas de trabalho não influenciariam na resistência adesiva à dentina radicular.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A odontologia estética é hoje uma das especialidades odontológicas que mais crescem, e tal crescimento está diretamente relacionado ao processo de condicionamento e adesão do substrato dental, que permitiu que peças protéticas e retentores intraradiculares sejam utilizados com o máximo de preservação da estrutura dental (BLATZ et al., 2019).

Materiais “estéticos adesivos” são aqueles que conseguem aderir mecanicamente à estrutura dental, mimetizar e, por consequência, substituir as estruturas biológicas perdidas e/ou servir como uma base de apoio para procedimentos reabilitadores (FERRACANE et al., 2011; LIN et al., 2013). Assim, as resinas compostas, os cimentos resinosos, os pinos de fibra de vidro e as cerâmicas odontológicas reforçadas ganharam destaque no arsenal do cirurgião-dentista, pois são versáteis e podem ser utilizados desde procedimentos simples, como uma restauração direta, até os mais complexos (LIN et al., 2013).

Elementos dentais submetidos a tratamento endodôntico tornam-se mecanicamente mais frágeis devido à grande perda de estrutura dental decorrente de lesões cariosas extensas, traumatismos dentais e/ou pela própria instrumentação do canal radicular (GOYATÁ et al., 2018). Para a reabilitação destes dentes, quando a quantidade de remanescente é insuficiente para suportar uma restauração, o uso de um retentor intraradicular se faz necessário (CARVALHO et al., 1996; FRIEDEL e KERN., 2016).

O principal motivo do uso de retentores ou núcleos de preenchimento na reabilitação de dentes com grande perda de estrutura é o suporte e a posterior retenção da porção coronária. A capacidade do pino em transmitir a tensão, a interação do pino com outros materiais restauradores, além da saúde dos tecidos de suporte, são fatores importantes e que devem ser analisados quando for necessária a instalação do mesmo (SANTOS-FILHO et al., 2014). Os retentores intraradiculares variam em forma, comprimento, diâmetro e composição. Apresentam-se como pinos metálicos fundidos, confeccionados por moldagem ou modelagem dos canais radiculares ou pinos pré-fabricados, que podem ser do tipo metálico, cerâmico, ou de fibra (quartzo, carbono e vidro) (FERNANDES e DESSAI., 2011).

Os núcleos metálicos fundidos foram muito utilizados ao longo do tempo. Porém, entende-se melhor hoje sobre a sua capacidade de induzir concentração de tensões no interior do canal radicular, devido ao seu alto módulo de elasticidade, superior ao da dentina (GOYATÁ et al., 2018). Os pinos de fibra de vidro, utilizados em substituição aos anteriores, possuem estética superior, baixo custo, ausência de etapa laboratorial e módulo de elasticidade semelhante ao da

dentina. O baixo módulo contribui para diminuir as tensões no interior do canal radicular e, conseqüentemente, reduzir a possibilidade de fratura radicular, diminuindo a transferência e propagação de tensões entre o pino e a estrutura dentária (ZICARI et al., 2013)

Os pinos de fibra de vidro apresentam um elevado percentual de sucesso clínico, mas existem certos fatores que podem interferir negativamente nos valores de resistência de união entre o pino e a dentina radicular, dentre eles, o formato do canal, a dificuldade no controle da umidade, a quantidade e qualidade de dentina presente, a espessura da película do cimento e a dificuldade de polimerização do material nas regiões mais apicais dos canais radiculares, onde apenas de 10% a 15% de intensidade da luz pode ser observada (CARVALHO et al., 1996; FRANÇA et al., 2011).

Os cimentos odontológicos são um grupo de materiais que têm por função principal promover a retenção entre um retentor intraradicular e/ou peça protética à estrutura dental (BURKE., 2005; PEREIRA et al., 2015). Podem ser classificados em cimentos à base de água, formados pelos cimentos de fosfato de zinco, policarboxilato de zinco e de ionômero de vidro (ROSENSTIEL, LAND e FUJIMOTO., 2005). Estes materiais são utilizados com excelente sucesso e longevidade há décadas na odontologia, porém como qualquer material podem apresentar algumas limitações como baixa adesão à estrutura dental, elevada espessura da película de cimento, alta solubilidade, baixo escoamento e vedamento marginal insuficiente (MAKKAR e MALHOTRA., 2013). Além do descrito anteriormente, estudos clínicos e laboratoriais conduzidos por HOFMANN et al. (2001) demonstraram que estes cimentos, quando utilizados para fixação de restaurações totalmente cerâmicas, apresentaram uma elevada degradação marginal, resultando em fraturas, perda da retenção e conseqüente descimentação da restauração.

Outro grupo de cimentos odontológicos é o dos cimentos à base de resina. São hoje o grupo de cimentos com maior aplicabilidade dentro da odontologia, uma vez que com o crescimento da busca por tratamentos com alto grau de exigência estética se tornaram o material de escolha para união de retentores intraradiculares e restaurações indiretas livres de metal (BURKE., 2005). Os cimentos resinosos possuem vantagens como alta resistência à compressão, dureza elevada, baixa solubilidade aos fluidos orais e forte união micromecânica ao esmalte e à dentina (BRAGA et al., 2002; FERRACANE et al., 2011; GUGELMIN et al., 2020; LOPES et al., 2020; BHOPATKAR et al., 2022; HEBOYAN et al., 2023). Sua composição é similar à das resinas compostas, possuindo uma fase orgânica e uma fase inorgânica, unidas entre si através de um agente de união (silano). A porção orgânica é composta por uma matriz resinosa constituída por bisfenol glicidil metacrilato (BIS-GMA), por uretano di-metacrilato (UDMA) e/ou por trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA). Já

a porção inorgânica compõe-se de partículas de vidro e sílica coloidal, a qual contribui para a fluidez necessária ao processo de cimentação (FERRACANE et al., 2011).

Existem atualmente inúmeros cimentos resinosos no mercado, os quais diferem entre si com relação à viscosidade, composição e tipo de partícula, composição dos monômeros, e tipo de polimerização (KITZMÜLLER et al., 2011). Quanto à forma de polimerização, os mais utilizados na prática clínica são os cimentos de presa dual. São utilizados para a cimentação de restaurações cerâmicas e retentores intraradiculares não metálicos, uma vez que a polimerização nesses procedimentos ocorre com menor quantidade de luz e os componentes responsáveis pela presa química são importantes para a correta conversão do material (FERRACANE et al., 2011; LOPES et al., 2020).

Algumas adversidades podem ocorrer durante a execução da técnica de cimentação, como dificuldade no controle da umidade, no condicionamento ácido, dificuldade na evaporação do solvente do primer e no controle da intensidade de luz em regiões de difícil acesso. Estes problemas podem afetar negativamente as propriedades físicas e mecânicas dos cimentos resinosos e com isso sua longevidade e sucesso (FERRACANE et al., 2011; KITZMÜLLER et al., 2011; LOPES et al., 2020).

Dentre os problemas destacados anteriormente cabe ressaltar a dificuldade de polimerização na região apical do canal radicular e abaixo de restaurações indiretas. A conversão dos monômeros é de fundamental importância para que o material alcance a excelência de suas propriedades, sendo estas fundamentais para um bom desempenho clínico (ROBERTS et al., 2004). Os cimentos de presa dual estão indicados para regiões onde a luz tem dificuldade de atingir o material. O processo de polimerização é complementado pela ação de catalisadores, presentes em sua composição, responsáveis pela autopolimerização (FERRACANE et al., 2011; HATTA et al., 2011). Contudo, sabe-se que os componentes autopolimerizáveis não são capazes de garantir uma polimerização tão eficaz quando em conjunto com a dual (ARRAIS et al., 2008; FRANÇA et al., 2011; LOPES et al., 2020).

Uma vez demonstrado que somente os componentes de presa química não são suficientes para compensar a ausência/diminuição da quantidade de luz que chega a regiões de difícil acesso, pesquisas foram desenvolvidas para entender e compensar esta falha (ARRAIS et al., 2008; FRANÇA et al., 2011). Estudos que analisaram o pré-aquecimento das resinas compostas foram pioneiros e verificaram o comportamento dos materiais (FRANÇA et al., 2011). Os primeiros estudos que comprovaram a relação entre aumento de temperatura e grau de conversão de resinas foram realizados por Lecamp et al. (1997), Nie et al. (1998) e Lovell et al. (2001) nos quais os autores demonstraram que a temperatura na qual a fotoativação ocorria influenciava diretamente

no grau de conversão das resinas, compensando uma possível ausência da luz. O aumento da temperatura melhora a mobilidade dos monômeros e dos radicais livres, levando a um maior grau de conversão final e, dessa forma, melhorando as propriedades mecânicas, além de aumentar a fluidez (LOPES et al., 2020).

Outros estudos seguiram nessa linha e demonstraram que o pré-aquecimento de resinas é de fato uma forma de se compensar a falta de luz e potencializar certas propriedades das resinas, como o aumento do escoamento, do grau de conversão e da dureza, permitindo seu uso como agente de cimentação e diminuindo a espessura da linha de cimentação (DARONCH, RUEGGERBERG e DE GOES., 2005; DE JAGER et al., 2005; ARRAIS et al., 2009; FRANÇA et al., 2011; BHOPATKAR et al., 2022).

Conseqüentemente a esses estudos que abordavam o pré-aquecimento de resinas compostas e demonstravam melhoria em suas propriedades, o pré-aquecimento de cimentos resinosos surgiu como uma nova linha. Autores também buscaram verificar como a elevação da temperatura de trabalho poderia influenciar nas propriedades dos mesmos (CANTORO et al., 2008). Estudos foram realizados pré-aquecendo cimentos resinosos convencionais e autoadesivos em temperaturas de até 50° C. Os resultados demonstraram que o pré-aquecimento dos cimentos resinosos aumentou o grau de conversão em situações de atenuação da irradiância (FRANÇA et al., 2011; MORAIS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012). Também demonstraram que a elevação da temperatura poderia aumentar a resistência à microtração de restaurações (MORAIS et al., 2012).

A literatura possui diversos estudos que analisaram o pré-aquecimento de resinas compostas e, apesar da menor quantidade, há também resultados promissores com relação ao pré-aquecimento de cimentos resinosos. Deste modo, uma maior quantidade de estudos que investiguem o pré-aquecimento de cimentos resinosos e a influência desse aumento de temperatura em suas propriedades físicas seria de grande importância.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Verificar o efeito do pré-aquecimento de diferentes cimentos resinosos nas propriedades físicas e na resistência adesiva à dentina radicular.

#### 3.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Determinar a espessura de película dos diferentes cimentos resinosos (convencional e autoadesivo) nas diferentes temperaturas de trabalho (ambiente – 23°C e pré-aquecido – 69°C);
- Determinar a contração de polimerização pós-gel, por meio de extensimetria, dos diferentes cimentos resinosos (convencional e autoadesivo) nas diferentes temperaturas de trabalho (ambiente – 23°C e pré-aquecido – 69°C) e em diferentes intervalos de fotopolimerização (imediate e após 5 min);
- Determinar a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular, nos diferentes terços (cervical, médio e apical), através de análise de *push out*, utilizando-se os diferentes cimentos resinosos (convencional e autoadesivo) nas diferentes temperaturas de trabalho (ambiente – 23°C e pré-aquecido – 69°C).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1. Materiais

Foram utilizados dois cimentos resinosos de dupla ativação disponibilizados comercialmente em embalagens do tipo auto mistura (Quadros 1 e 2 e Figura 1), sendo um cimento do tipo convencional (NX3® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA) e o outro um cimento autoadesivo (Maxcem Elite® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA).

Os materiais foram analisados à temperatura ambiente ( $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) e pré-aquecidos ( $69^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). Para o pré-aquecimento dos mesmos até a temperatura de trabalho foi utilizado um equipamento disponível comercialmente (Hotset® – Technolife, Joinville, SC, Brasil). Os cimentos permaneceram por 5 min no equipamento previamente ao uso.

Quadro 1 – Composição do cimento convencional (NX3® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA) (lote 8442392).

Composição*	Número CAS**	Quantidade*
Óxido de Vidro	65997-17-3	30-60%
Trifluoreto de itérbio	13760-80-0	10-30%
Poli(oxi-1,2-etanodi-il), $\alpha,\alpha'$ -[(1-metiletilideno)di-4,1-fenileno]bis[ $\omega$ -[(2-metil-1-oxo-2-propenil)oxi]-7,7,9(ou 7,9,9)-trimetil-4,13-dioxo-3,14-dioxa-5,12-diazahexadecano-1,16-diilbismetacrilato	41637-38-1	5-10%
7,7,9(ou 7,9,9)-trimetil-4,13-dioxo-3,14-dioxa-5,12-diazahexadecano-1,16-diilbismetacrilato	72869-86-4	5-10%
2,2'-etilenodioxidietil dimetacrilato	109-16-0	5-10%
2-hidroxietil metacrilato	868-77-9	1-5%

\*Conforme informações do fabricante.

\*\*Registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service, uma divisão da Chemical American Society.

Quadro 2 – Composição do cimento autoadesivo (Maxcem Elite® – Kerr Dental, Brea, CA, EUA) (lote 8282881).

Composição*	Número CAS**	Quantidade*
Vidro de aluminoborosilicato de bário	65997-17-3	30-60%
Fluoreto de itérbio	13760-80-0	10-30%
1,6-hexanodiil bismetacrilato	6606-598-3	5-10%
2-hidroxil-1,3-propanodiil bismetacrilato	1830-78-0	5-10%
7,7,9(ou 7,9,9)-trimetil-4,13-dioxo-3,14-dioxa-5,12-diazahexadecano-1,16-diilbismetacrilato	72869-86-4	1-5%
Metacrilato de 3-trimetoxissililpropilo	2530-85-0	1-5%
Sílica pirogênica	68909-20-6	1-5%

\*Conforme informações do fabricante.

\*\*Registro único no banco de dados do Chemical Abstracts Service, uma divisão da Chemical American Society.



Figura 1: Cimentos NX3® e Maxcem Elite® com as respectivas pontas de automistura.

## 4.2. Metodologia

### 4.2.1. Análise da Espessura da Película de Cimento

Os materiais foram analisados à temperatura ambiente ( $23^{\circ}\text{C} \pm 1$ ) e pré-aquecidos ( $69^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), conforme descrito anteriormente. As análises foram realizadas conforme descrito na norma ISO 4049 (International Organization for Standardization. ISO 4049:2000). Os cimentos foram manipulados utilizando-se a ponta de automistura que acompanha os mesmos, sendo realizadas cinco repetições por grupo ( $n=5$ ).



Figura 2: Cimentos inseridos no dispositivo de pré-aquecimento Hotset®.

Duas placas de vidro transparentes, quadradas, cada uma com uma superfície de contato de ( $200 \pm 25 \text{ mm}^2$ ), com espessura de 6 mm e com marcações equidistantes para padronização dos pontos de medida foram utilizadas (Figura 3). Para reutilização das placas, suas superfícies foram revestidas com filme de PVC, o qual foi trocado ao final de cada repetição. As placas foram posicionadas uma sobre a outra e levadas a uma máquina universal de ensaios (DL 1000 – EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil) onde foram submetidas a uma carga de compressão de 150N ( $\pm 2\text{N}$ ).

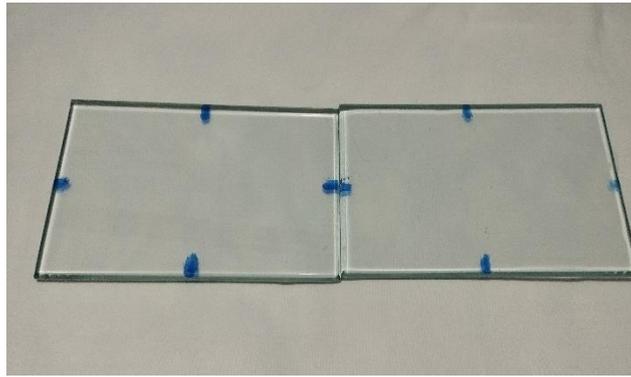


Figura 3: Placas de vidro utilizadas no teste de espessura de película de cimento com marcações equidistantes para padronização dos pontos de medida.

A espessura do conjunto (placa inferior + placa superior) foi obtida com o uso de um paquímetro digital (727-6/150 – Starrett, Itú, SP, Brasil) (Figura 4). As medidas foram obtidas em milímetros (mm) com uma precisão de 0,001mm (Medida A). A carga foi removida e a placa superior retirada. No intuito de se padronizar a quantidade de material, foram utilizadas seringas plásticas descartáveis de 1,0 mL, as quais foram descartadas após cada utilização (Figura 5). O material testado foi manipulado e dispensado na superfície da placa inferior na quantidade de 0,5mL (figura 6). A placa de vidro superior foi reposicionada centralmente na mesma orientação da primeira medição. A carga de compressão ( $150\text{N}\pm 2$ ) foi imediatamente reaplicada pelo período de 180s ( $\pm 10$ ) (Figura 7). Decorrido este tempo o carregamento foi removido e a amostra foi fotopolimerizada (Valo – Ultradent, South Jordan, UT, EUA), através do centro da placa de vidro superior, pelo tempo de 80s.



Figuras 4: Paquímetro utilizado para aferição da espessura.



Figura 5: Seringa utilizada para padronização da quantidade de cimento a ser dispensado.

Após a fotopolimerização (Figura 8) as placas foram removidas da máquina universal de ensaios e a espessura do conjunto (placa inferior + cimento + placa superior) foi obtida (Figura 9) (Medida B). A diferença entre a leitura B e a leitura A foi registrada como a espessura do filme do agente de cimentação. As medidas foram obtidas em mm e transformadas para  $\mu\text{m}$ .



Figura 6: Cimento interposto entre as placas para medição.

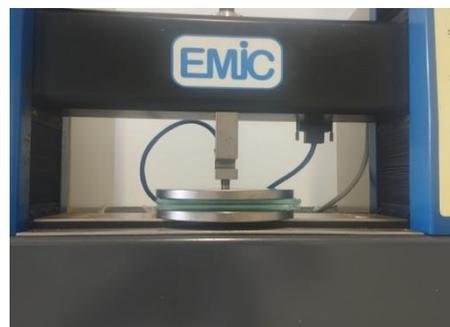


Figura 7: Conjunto placa-cimento-placa posicionado na máquina de ensaios.



Figuras 8: Fotopolimerização do conjunto placa-cimento-placa.



Figura 9: Medição da espessura do conjunto após a fotopolimerização.

#### 4.2.2. Análise da contração pós-gel

A contração linear pós-gel foi obtida por meio de ensaio de extensimetria (PEREIRA et al., 2015). Foram realizadas cinco repetições ( $n=5$ ) para cada material em cada temperatura, sendo a fotopolimerização realizada de forma imediata (0min) e após um tempo de espera de 5 min.

Os materiais foram manipulados conforme descrito anteriormente e posicionados sobre um extensômetro biaxial PA-06-060TH-120LEN, (Excel Sensories Ltda, Taboão da Serra, SP, Brasil) (Figura 10). As tensões de contração foram obtidas em duas direções perpendiculares. Os dados foram obtidos (ADS0500IP – Lynx Tecnologia Eletrônica Ltda, São Paulo, SP, Brasil) convertendo-se as variações na resistência elétrica do extensômetro em variações de voltagem por meio de um circuito de um quarto de ponte (Figura 11) com uma resistência de referência interna. Os valores de deformação obtidos ao longo dos dois eixos foram utilizados para cálculo da média dos resultados, uma vez que as propriedades do material foram consideradas como homogêneas e isotrópicas.



Figuras 10: Extensômetro biaxial.

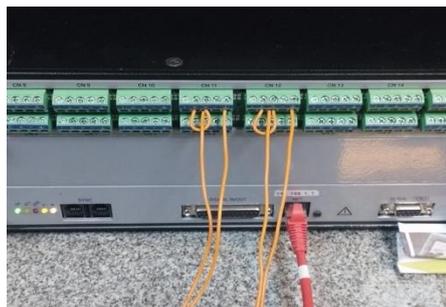


Figura 11: Ligação  $\frac{1}{4}$  de ponte para obtenção dos dados de contração.

A ponta do fotopolimerizador (Valo – Ultradent, South Jordan, UT, EUA) foi mantida a 1 mm de distância da superfície do material (Figura 13). A polimerização foi realizada pelo período de 20s ( $\approx 24J$ ) e os valores de deformação coletados pelo período de 10 min. A deformação de contração média foi usada como valor de contração pós-gel, utilizando-se os últimos 10 valores mensurados, e foi convertida em porcentagem volumétrica multiplicando-se os resultados por 3 e 100%. Os dados foram obtidos em microstrain ( $\mu S$ ).

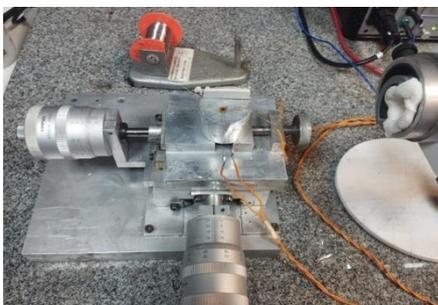


Figura 12: Extensômetro fixado e conectado por fios ao aparelho.



Figura 13: Cimento posicionado sobre o extensômetro e fotopolimerizador posicionado a 1mm.

#### 4.2.3. Teste de resistência adesiva (push out)

##### 4.2.3.1. Seleção dos Dentes

Um total de quarenta incisivos bovinos recém-extraídos (figura 14) foram selecionados e armazenados em água destilada. Os dentes foram limpos com auxílio de uma lâmina de bisturi e curetas periodontais (figura 15).

Os dentes selecionados obedeceram aos seguintes critérios de inclusão: ausência de cárie, ausência de dilacerações radiculares, sem calcificações pulpares e comprimento radicular medido da junção cimento-esmalte (JCE), com pelo menos 15 mm.



Figura 14: Dente bovino recém extraído.



Figura 15: Dente bovino após limpeza com lâmina de bisturi e cureta periodontal

#### 4.2.3.2. Preparo dos dentes

As coroas foram removidas com utilização de um disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) em baixa rotação e sob refrigeração constante com o intuito de se obter um comprimento de raiz de 15 mm (Figura 16).

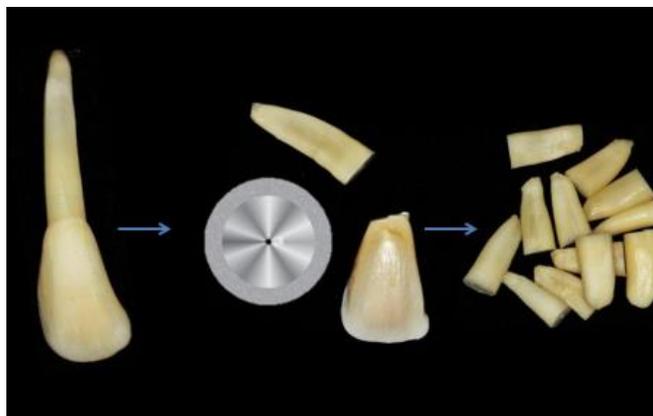


Figura 16: Esquema de preparo dos espécimes.

Tecidos pulparem remanescentes foram removidos dos canais radiculares com uma lima K-file #70, figura 17 (Dentsply Maillefer®, Ballaigues, Suíça). O tratamento endodôntico não foi executado com o intuito de se evitar quaisquer possíveis contaminantes na superfície da dentina radicular, mascarando a possível influência dos fatores analisados (VANO et al., 2008; DEMIRYÜREK et al., 2009; CECCHIN et al., 2011; PEREIRA et al., 2015).

Para padronização do diâmetro interno do canal radicular, os espécimes foram selecionados a partir da ponta ativa da broca que acompanha o kit de pinos de fibra de vidro (WhitePost® # 3 – FGM, Joinville, SC, Brasil). Os condutos que apresentaram resistência para entrada da broca foram selecionados e os demais excluídos (MESQUITA et al., 2013; DALEPRANE et al., 2014; PEREIRA et al., 2015).



Figura 17: Instrumentação do canal radicular para remoção de restos pulpares.

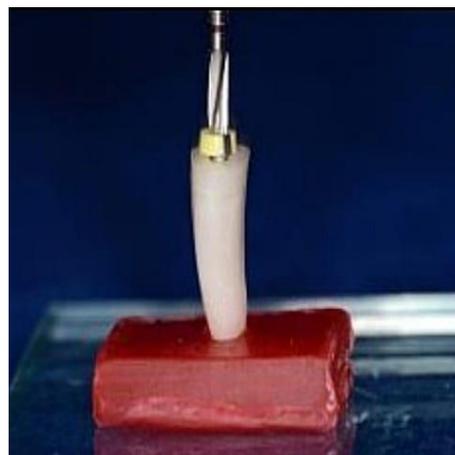


Figura 18: Instrumentação com broca do kit de pinos de fibra de vidro whitepost® 3 em 11 mm.

#### 4.2.3.3. Cimentação dos Pinos de Fibra de Vidro

Os canais radiculares foram instrumentados utilizando-se a broca do kit do pino de fibra de vidro (WhitePost® #3 – FGM, Joinville, SC, Brasil) até a profundidade de 11 mm (Figura 18), com a substituição da broca a cada 5 preparos. Os canais foram limpos com água corrente e secos com

cones de papel absorvente. Nas raízes em que o cimento utilizado foi o convencional, as mesmas foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% (Condac® – FGM, Joinville, SC, Brasil) por 15s, lavados pelo mesmo período, secos com cones de papel absorvente (Tanari - Tanariman Industrial, Manacapuru, AM, Brasil), seguido da aplicação do sistema adesivo Optibond FL (Kerr Dental, Brea, CA, EUA). O excesso de adesivo foi retirado com cones de papel absorvente (Tanari - Tanariman Industrial, Manacapuru, AM, Brasil). Em seguida ocorreu a fotopolimerização por 40s conforme orientações do fabricante.

Os pinos de fibra foram imersos em Peróxido de Hidrogênio 24% (Farmácia Philadelphia, Juiz de Fora, MG, Brasil) por 1 min, enxaguados com água corrente, secos com leves de jatos de ar e submetidos a processo de silanização (Silane Primer® –Kerr Dental, Brea, CA, EUA) por 2 min (DE SOUSA MENEZES et al., 2011).

Os ápices radiculares foram selados com Super Bonder® (Loctite, Itapevi, São Paulo, SP, Brasil) a fim de se evitar o extravasamento do cimento após o aquecimento. Os cimentos foram então inseridos no interior dos canais radiculares utilizando-se as pontas de auto mistura fornecidas pelo fabricante.

A etapa de fotoativação ocorreu 5 min após a inserção e remoção do excesso do cimento resinoso (durante este período os espécimes foram armazenados em uma caixa escura a fim de se evitar qualquer tipo de polimerização). O processo de fotoativação foi realizado por 120 segundos (40 segundos em cada uma das faces vestibular, lingual e coronal) utilizando o fotopolimerizador Valo (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT, EUA) (Figura 19) (PEREIRA et al., 2015).

#### 4.2.3.4. Teste de push-out

As raízes foram seccionadas com um disco diamantado em cortadeira de precisão, conforme figura 20, (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). Seis fatias de 1,0 mm de espessura foram obtidas, sendo duas fatias de cada um dos terços cervical, médio e apical (Figura 21).



Figura 19: Fotopolimerização do pino de fibra de vidro após 5 minutos



Figura 20: Cortadeira de precisão com as medidas para os cortes.



Figura 21: Fatias seccionadas com 1 mm de espessura.

Para o teste de *“push-out”*, a carga foi aplicada por meio de uma ponta cilíndrica acoplada a uma máquina de ensaios universal, conforme figura 22, (DL 1000 – EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Os diâmetros das pontas de teste (1,5; 1,2 e 1,0 mm) e das bases (2,5; 2,2 e 2,0 mm) foram selecionados de acordo com a origem de cada fatia para acomodar o desenho cônico dos pinos e garantir tensões de cisalhamento ao longo da interface adesiva (PEREIRA et al., 2015). A carga foi aplicada na direção apical-coronal dos corpos-de-prova a uma velocidade de 0,5 mm/min até a ruptura (figura 23).



Figura 22: Máquina de ensaio utilizada no teste de resistência adesiva.



Figura 23: Conjunto montado com ponteiras e base para o ensaio de *push-out*.

A resistência de união (MPa) foi calculada dividindo-se a carga máxima na ruptura (N) pela área da interface de união (mm<sup>2</sup>). A área de seção cônica foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$A = 2\pi[(R + r)/2]h$$

Onde  $\pi = 3,14$ , R é o raio do pino coronal, r é o raio do pino apical e h é a espessura do corte da raiz. As medidas foram obtidas utilizando-se paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (727-6/150 – Starrett, Itú, SP, Brasil).

Os espécimes foram examinados, após a fratura, em estereomicroscópio para determinar o modo de falha, sendo o mesmo classificado em: adesivo entre a dentina e o pino, coesivo no cimento ou misto (PEREIRA et al., 2015).

## **5 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS**

Os dados obtidos nos testes foram tabulados e analisados por meio do programa JAMOV (The jamovi Project, Version 2.3 – Sidney, Austrália) a um nível de significância de 5%.

Os dados obtidos da análise da espessura da película de cimento foram analisados quanto a normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Teste de Levene). Em seguida foram analisados através do Teste ANOVA dois fatores e Teste de Tukey.

Os resultados do teste de contração pós-gel foram analisados quanto a normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Teste de Levene) e em seguida foram analisados através do Teste ANOVA de três fatores e Teste de Tukey.

Por fim, os dados do teste de resistência de união, nos diferentes terços radiculares, foram analisados quanto a normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Teste de Levene). Em seguida foram analisados através do Teste ANOVA de medidas repetidas e Teste de Tukey.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Espessura da Película de cimento

Os resultados do teste de espessura da película de cimento apresentaram distribuição normal ( $p=0,485$ ) e homogeneidade de variância ( $p=0,640$ ). O Teste ANOVA de dois fatores verificou significância para os fatores cimento ( $p<0,01$ ), temperatura ( $p<0,01$ ) e para a interação entre ambos ( $p<0,01$ ). Os resultados do Teste de Tukey estão apresentados na Tabela 1.

Verifica-se que o cimento do tipo autoadesivo (Maxcem elite®) apresentou os menores valores de espessura de película, em ambas as temperaturas, com diferença significativa entre elas. O cimento convencional (NX3®) também apresentou diferença significativa entre as temperaturas testadas e com diferença significativa para o cimento autoadesivo.

Tabela 1 – Espessura de película dos cimentos testados em  $\mu\text{m}$  (média  $\pm$  desvio padrão).

Cimento Convencional		Cimento Autoadesivo	
24°C	69°C	24°C	69°C
360 <sup>A</sup> ( $\pm 20$ )	270 <sup>B</sup> ( $\pm 30$ )	100 <sup>C</sup> ( $\pm 20$ )	80 <sup>D</sup> ( $\pm 10$ )

Letras maiúsculas diferentes demonstram que há diferença estatística significativa nos resultados de espessura de película entre os grupos segundo o Teste de Tukey ( $p<0,01$ ).

### 6.2 Contração Pós-gel

Os dados obtidos para contração pós-gel apresentaram homogeneidade de variância (Teste de Levene –  $p=0,173$ ) e distribuição normal (Teste de Shapiro-Wilk –  $p=0,357$ ). O Teste ANOVA de três fatores (Tabela 2) demonstrou significância estatística para os resultados de contração pós-gel para os fatores cimento ( $p<0,001$ ) e tempo de espera ( $p<0,001$ ), mas não para temperatura ( $p=0,828$ ). Também se verificou significância estatística para a interrelação entre os fatores cimento x tempo de espera ( $p<0,001$ ) e cimento x temperatura x tempo de espera ( $p<0,001$ ). O mesmo não

foi observado para a interrelação entre cimento x temperatura ( $p=0,257$ ) e temperatura x tempo de espera ( $p=0,734$ ).

Tabela 2 – Resultados do teste ANOVA – três fatores para análise de contração pós-gel.

	Soma de quadrados	gl	Quadrado médio	F	P
Cimento	1.27806	1	1.27806	4977848	< 0.001
Temperatura	1.22e-4	1	1.22e-4	0.0477	0.828
Tempo de espera	0.36672	1	0.36672	142.8325	<.001
Cimento*Temperatura	0.00342	1	0.00342	1.3330	0.257
Cimento*Tempo de espera	0.04556	1	0.04556	17.7459	<001
Temperatura* Tempo de espera	3.02e-4	1	3.02e-4	0.1178	0.734
Cimento*Temperatura*Tempo de espera	0.03782	1	0.03782	14.7313	<.001
Resíduos	0.08216	32	0.00257		

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes ao teste de contração pós-gel. Verifica-se que os diferentes cimentos analisados demonstraram diferença significativa de contração pós-gel ( $p<0,001$ ), sendo que o cimento do tipo autoadesivo (Maxcem elite®) apresentou os maiores valores. Também se verificou que a variável em análise se apresentou significativamente menor, para ambos os cimentos, após o intervalo de espera de 5 min ( $p<0,001$ ), com este apresentando os menores valores.

Tabela 3 – Resultados de análise de contração pós-gel ( $\mu\epsilon$ ) dos materiais testados nas diferentes temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) e de acordo com o intervalo de tempo (min) para realização da fotopolimerização.

Cimento	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tempo de espera (min)	Média ( $\pm\text{DP}$ )
Maxcem Elite®	24	0 min	-0,75 <sup>A</sup> ( $\pm 0,07$ )
		5 min	-0,56 <sup>B</sup> ( $\pm 0,03$ )
	69	0 min	-0,81 <sup>A</sup> ( $\pm 0,08$ )
		5 min	-0,48 <sup>B</sup> ( $\pm 0,05$ )
NX3®	24	0 min	0,37 <sup>C</sup> ( $\pm 0,02$ )
		5 min	-0,19 <sup>D</sup> ( $\pm 0,03$ )
	69	0 min	-0,34 <sup>C</sup> ( $\pm 0,04$ )
		5 min	-0,27 <sup>CD</sup> ( $\pm 0,04$ )

Letras maiúsculas diferentes demonstram que há diferença estatística significativa nos resultados de contração pós-gel entre os grupos segundo o Teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

### 6.3 Resistência de União (push out)

Os dados obtidos de resistência adesiva, nos diferentes terços radiculares, apresentaram homogeneidade de variância (Teste de Levene –  $p>0,05$ ) e distribuição normal (Teste de Shapiro-Wilk –  $p>0,05$ ). O Teste ANOVA de medidas repetidas (Tabelas 4 e 5) demonstrou significância estatística para os resultados de resistência de união para os fatores região radicular ( $p<0,001$ ), temperatura ( $p<0,001$ ) e cimento ( $p<0,001$ ). Entretanto, não foi observado para a inter-relação entre região radicular x temperatura ( $p=0,065$ ), região radicular x cimento ( $p=0,742$ ), região x temperatura x cimento ( $p=0,660$ ) e temperatura x cimento ( $p=0,540$ ).

Tabela 4 – Resultados do teste ANOVA de medidas repetidas para análise de resistência de união – Efeito Intra-Sujeitos.

	Soma de Quadrados	GI	Quadrado médio	F	p
Região	107.196	2	53.598	41.080	<.001
Região * Temperatura	7.427	2	3.713	2.846	0.065
Região * Cimento	0.781	2	0.390	0.299	0.742
Região * Temperatura * Cimento	1.091	2	0.546	0.418	0.660
Residual	93.941	72	1.305		

Tabela 5 – Resultados do teste ANOVA de medidas repetidas para análise de resistência de união – Efeito Inter-Sujeitos.

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Temperatura	117.707	1	117.707	103.425	<.001
Cimento	30.352	1	30.352	26.669	<.001
Temperatura * Cimento	0.435	1	0.435	0.382	0.540
Residual	40.971	36	1.138		

A Tabela 6 apresenta os resultados referentes ao teste de resistência de união (*push out*). Verifica-se que os diferentes cimentos analisados demonstraram diferença significativa de resistência adesiva ( $p<0,001$ ) em todos os terços radiculares nas diferentes temperaturas, sendo

estas maiores para os cimentos pré-aquecidos. O cimento do tipo autoadesivo (Maxcem Elite®) apresentou os maiores valores de união em todos os terços radiculares em ambas as temperaturas, quando comparado ao cimento NX3®. Também se verificou aumento na resistência adesiva dos terços médio e apical, para ambos os cimentos, quando os utilizando na temperatura de 69°C (pré-aquecidos).

Tabela 6 – Resultados de análise de resistência de união – *push out* (MPa) dos materiais testados nos diferentes terços radiculares e nas diferentes temperaturas (°C).

Região Radicular	Temperatura (°C)	Cimento	Média (±DP)
Cervical	24	Maxcem	8,40 <sup>B</sup> (±0,96)
		NX3	7,72 <sup>B</sup> (±1,12)
	69	Maxcem	10,38 <sup>A</sup> (±1,35)
		NX3	8,96 <sup>AB</sup> (±1,52)
Médio	24	Maxcem	6,44 <sup>C</sup> (±0,64)
		NX3	5,17 <sup>C</sup> (±0,47)
	69	Maxcem	8,00 <sup>B</sup> (±1,07)
		NX3	6,91 <sup>B</sup> (±0,71)
Apical	24	Maxcem	6,24 <sup>C</sup> (±0,88)
		NX3	5,53 <sup>C</sup> (±0,71)
	69	Maxcem	9,00 <sup>AB</sup> (±1,63)
		NX3	8,13 <sup>B</sup> (±1,57)

Letras maiúsculas diferentes demonstram que há diferença estatística significativa nos resultados de resistência de união entre os grupos segundo o Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados referentes à análise da distribuição do modo de falha se encontram na Tabela 7. As amostras foram analisadas sob o estereomicroscópio, e o modo de falha foi definido como adesivo entre a dentina e o pino, coesivo no cimento ou misto, bem como foi dividido entre os terços radiculares (cervical, médio e apical) de ambos os cimentos em temperatura ambiente e pré-aquecidos. Observa-se que para os terços cervical e médio a maioria das falhas observadas foram adesivas para ambos os cimentos em ambas as temperaturas. Já no terço apical, observa-se que

há um aumento considerável no número de falhas mistas e coesivas nos cimentos pré-aquecidos quando comparados aos cimentos em temperatura ambiente.

Tabela 7 – Resultados de distribuição de modo de falha da análise de resistência de união (*push out*) dos materiais testados nos diferentes terços radiculares e nas diferentes temperaturas (°C)

<i>Distribuição do Modo de Falha (%)</i>										
Temperatura (°C)	Cimento	Cervical			Terço Radicular Médio			Apical		
		A	M	C	A	M	C	A	M	C
24	NX3®	70	30	0	60	30	10	80	20	0
	MaxCem®	70	30	0	70	25	5	70	10	20
69	NX3®	60	30	10	60	30	10	40	40	20
	MaxCem®	50	30	20	50	30	20	40	30	20

Abreviaturas: A, falha adesiva; C, falha coesiva; e M, falha mista.

## 7. DISCUSSÃO

O material escolhido para uso na etapa de cimentação de uma restauração indireta e/ou pino intraradicular é de suma importância e por muitas vezes implicará diretamente no sucesso e longevidade do tratamento (HILGERT et al., 2009; SCHMAGE et al., 2009). A escolha equivocada do agente de cimentação pode ocasionar inúmeros problemas, dentre os quais se destacam a microinfiltração, com consequente cárie secundária, contato prematuro, que pode acarretar fratura da restauração, e descimentação (LOPES et al., 2020).

Com base nos resultados obtidos rejeitou-se parcialmente a primeira hipótese nula, pois se verificou diferença significativa na espessura de película entre os materiais manipulados em temperatura ambiente e pré-aquecidos, de ambos os cimentos testados. Entretanto, o mesmo não foi observado nos resultados de contração pós-gel.

Cimentos resinosos são versões de baixa viscosidade das resinas compostas e vários fatores podem influenciar na retenção propiciada pelos mesmos, merecendo destaque a espessura da película de cimento (ANUSAVICE., 2013). Quanto menor a espessura da película menor a possibilidade de deslocamento da restauração e/ou pino (KHAJURIA et al., 2017). O pré-aquecimento pode ocasionar em uma diminuição da viscosidade dos materiais, com consequente aumento em seu escoamento (KHAJURIA et al., 2017). Este achado de menor espessura de película de cimento pode trazer como vantagem menores alterações na cor final das restaurações indiretas pois uma maior camada de cimento permite maior absorção de fluidos orais, contribuindo para a expansão do material e deixando a interface cimento/estrutura dental mais susceptível ao desgaste e à pigmentação (VICHI, FERRARI e DAVIDSON., 2000; TURGUT e BAGIS., 2013; FONTANA et al., 2019).

Grandini et al. (2005) realizaram uma análise quantitativa da interface de união entre o pino de fibra de vidro e o canal radicular, onde foi observado maiores valores de resistência de união nos espécimes com menor espessura da película de cimento. Corroboram com esses achados o

estudo de Schmage et al. (2009), que também analisaram a resistência de união de pinos de fibra de vidro por meio de teste de *push-out* e correlacionaram os maiores valores de resistência de união a menores espessuras da película de cimento. Maiores espessuras de película possuem maior quantidade de bolhas dispersas no seu interior, o que diminui a resistência adesiva (KHAJURIA et al., 2017). Além disso, maiores espessuras tendem a gerar maiores tensões, devido à maior contração de polimerização (GRANDINI et al., 2005; D'ARCANGELO et al., 2007). Um estudo sobre tensões de contração de polimerização verificou, através de análise de elementos finitos, menores formações de tensões e deformações plásticas quando da presença de películas mais finas, com maior concentração de tensões ocorrendo na periferia da interface adesiva de camadas mais espessas, o que as tornaram mais suscetíveis à falha adesiva (DE JAGER et al., 2005).

A contração pós-gel dos cimentos resinosos é um importante quesito a ser analisado, pois gera influência direta na resistência adesiva e conseqüentemente na longevidade e sucesso clínico do procedimento. O interior do canal radicular possui alto fator C, uma vez que não há paredes livres. Este fato acarreta aumento de tensão na interface de união, elevando a chance de insucesso (GORACCI et al., 2004). Neste estudo a contração pós-gel foi avaliada variando-se a temperatura de trabalho (ambiente e pré-aquecidos) e o período de realização da fotopolimerização (imediate e após 5 min). Não se verificou diferença estatística significativa para um mesmo cimento, nas diferentes temperaturas, porém o mesmo não ocorreu para os diferentes tempos, com menores valores observados nos grupos em que se aguardou 5 min. A fotoativação imediata pode limitar o grau de interação entre os monômeros e assim aumentar a tensão de contração (KITZMULLER et al., 2011). Faria e Silva et al. (2011) demonstraram que é possível reduzir a tensão de polimerização em cerca de 19% ao se retardar a fotopolimerização de cimentos resinosos em 5 min e que explicar tal fato é complexo, mas que provavelmente ocorra devido a uma possível mudança na forma do polímero, resultando em menor módulo de elasticidade e tensão de contração de polimerização.

A contração pós-gel apresentou-se semelhante, para um mesmo cimento, tanto para a ativação imediata quanto para aquela realizada após 5 min, nas temperaturas ambiente e de pré-aquecimento. Os cimentos resinosos são constituídos basicamente dos mesmos componentes das resinas compostas, entretanto apresentam conteúdo de carga significativamente menor (aproximadamente 50%), o que naturalmente lhes confere menor viscosidade e maior fluidez, contribuindo para menor tensão de contração (SAMPAIO et al., 2017). Outro aspecto importante a ser destacado é que quando pré-aquecidos em temperaturas mais altas os materiais resinosos podem apresentar maior fluidez, permitindo uma deformação mais longa durante o processo e contribuindo significativamente para a redução da tensão de contração de polimerização (RIBEIRO et al., 2023). Corroboram estes argumentos o fato de a tensão de contração ser gerada pela redução na mobilidade dos monômeros. A cadeia de polímeros perde, em parte, sua capacidade de acomodar a redução volumétrica. O aumento da temperatura permite exatamente o oposto, pois aumenta a mobilidade dos radicais gerando aumento de energia térmica com a cadeia polimérica conseguindo acomodar melhor essa redução volumétrica e adiando o início da vitrificação do composto, permitindo que o material se acomode melhor na superfície em que está sendo dispensado, reduzindo a tensão de contração de polimerização (MESQUITA e GEISGERSTORFER., 2008; STANSBURY., 2012).

Dentre os variados testes utilizados para investigar a resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular, tem-se o teste de *push-out*, também chamado de teste de cisalhamento por extrusão. Este tipo de teste proporciona melhores resultados por forçar o rompimento a ocorrer de forma paralela à interface de adesão (KURTZ et al., 2013). Outra característica importante diz respeito a possibilidade que este teste oferece de se obter um maior número de espécimes para um único elemento dental nas diferentes profundidades do conduto radicular (SUDSANGIAM et al., 1999). Neste estudo verificou-se que os cimentos, quando pré-aquecidos (69°C), obtiveram maiores valores de adesão à dentina em todos os terços radiculares (cervical, médio e apical). Este

fato permite rejeitar a segunda hipótese nula proposta, uma vez que as diferentes temperaturas de trabalho influenciaram significativamente na adesão à dentina radicular.

O terço cervical apresentou maior resistência adesiva em temperatura ambiente para ambos os cimentos testados, quando comparado aos demais terços radiculares. Tais achados vão de encontro a outros relatos da literatura, onde as maiores médias de resistência adesiva foram observadas no terço cervical de amostras submetidas a teste de *push-out* (BRAGA et al., 2002; GORACCI et al., 2004; PERDIGÃO et al., 2007; FERRARI et al., 2012; ALMEIDA et al., 2018; ORTIZ-MAGDALENO et al., 2023). A região cervical possui maiores resultados de resistência adesiva possivelmente por ser a mais superficial, permitindo uma melhor remoção de detritos e facilitando a adesão do cimento ao substrato dental (SERAFINO et al., 2004). Além disso, o terço cervical apresenta uma quantidade significativamente maior de túbulos dentinários, de maior diâmetro, que facilitam o processo de união (FERRARI et al., 2012). Outro ponto é o fato de as porções mais superficiais da raiz receberem maior incidência de luz, atingindo maior grau de conversão e, por consequência, maior adesão (MORAIS et al., 2012). A região apical apresentou menores valores de resistência adesiva, provavelmente devido ao fato desta região receber apenas cerca de 10% a 15% da irradiância da região cervical, tornando a polimerização da massa altamente dependente dos componentes de autopolimerização, os quais não apresentam a mesma potência de conversão monomérica dos fotopolimerizáveis (VICHI, FERRARI e DAVIDSON., 2000; LE BELL et al., 2004).

Quando se analisam os valores de resistência adesiva encontrados nas regiões média e apical observa-se uma diferença significativa de valores com o aumento da temperatura de trabalho, uma vez que para o cimento autoadesivo pré-aquecido obteve-se valores médios de união de 8,00 MPa contra 6,44 MPa e de 9,00 MPa contra 6,24 MPa entre as temperaturas testadas. O cimento convencional também obteve maiores valores de resistência adesiva nos terços médio e apical das amostras pré-aquecidas (6,91 MPa e 8,13 MPa) do que aquelas em temperatura ambiente (5,17

MPa e 5,53 MPa). Tal fato pode ser explicado pelo aumento da temperatura do cimento, que eleva o grau de conversão dos mesmos e influencia positivamente no resultado (LORENZONI et al., 2013; GUGELMIN et al., 2020; BHOPATKAR et al., 2022). Corrobora com esses achados de maior resistência adesiva dos cimentos pré-aquecidos, os resultados da análise do padrão de falhas, que demonstraram um aumento considerável na quantidade de falhas mistas e coesivas nesses terços radiculares, quando comparados aos cimentos em temperatura ambiente, com maior quantidade de falha adesiva em todos os terços radiculares.

Quando comparamos os dados encontrados neste estudo, referentes a resistência adesiva de ambos os cimentos em temperatura ambiente, observamos que a média de resistência adesiva para o cimento autoadesivo (Maxcem Elite®), que variou entre 6,24 Mpa a 8,40 Mpa apresentaram valores semelhantes ao de outro estudo (PAVAN et al., 2010). Tal fato também se verifica para o cimento convencional (NX3 – 5,17 Mpa a 7,72 Mpa) (PAVAN et al., 2010). Não se podem comparar os resultados dos cimentos quando pré-aquecidos, pois não há tal relato na literatura sobre os mesmos, mas esta tendência foi observada em outras marcas comerciais.

Ferrari et al. (2012), em estudo *in vitro*, correlacionaram a resistência adesiva em testes de *push out* com o grau de conversão do material de cimentação e observaram que os maiores valores de união à dentina radicular foram encontrados nas amostras em que o material apresentou maior grau de conversão. Tal achado vai de encontro aos resultados deste estudo que verificou maior força de adesão nos grupos de cimentos pré-aquecidos, os quais possivelmente alcançaram maior grau de conversão. França et al. (2011) também atribuem uma maior força de adesão a maior grau de conversão dos cimentos resinosos pré-aquecidos, pois afirmam que com o aumento na temperatura há uma maior mobilidade dos radicais livres e um aumento na fluidez do material, fatores esses relatados como pontos chave para que se alcance essa maior conversão nos grupos pré-aquecidos.

Morais et al. (2012) realizaram um estudo em que investigaram a resistência de união à microtração em restaurações indiretas cimentadas com cimentos resinosos convencionais e autoadesivos em temperatura ambiente (25°C) e pré-aquecidos (50°C). Os resultados mostraram uma maior resistência adesiva nos grupos de cimentos pré-aquecidos, contribuindo para os achados deste estudo que apontam que o pré-aquecimento pode acarretar maior força de adesão. Outros autores simularam *in vitro* qual seria o grau de polimerização de cimentos resinosos em temperatura ambiente (25°C) ou pré-aquecidos (37°C ou 50°C) em situações nas quais ocorreriam a atenuação da luz (OLIVEIRA et al. (2012) e obtiveram como resultado maior grau de conversão nos grupos com cimentos pré-aquecidos, compensando de forma satisfatória a menor quantidade de energia fornecida durante a fotopolimerização. França et al. (2011) também avaliaram o grau de conversão e a resistência coesiva de dois cimentos resinosos (convencional e autoadesivo) quando pré-aquecidos (50°C) e em temperatura ambiente (25°C) com atenuação da luz através de um disco de resina com espessura de 2 mm e obtiveram como resultados maior grau de conversão aliado a maior resistência coesiva nos grupos em que ocorreu o pré-aquecimento, também corroborando para os resultados obtidos no presente estudo.

O estudo de OSKOE et al. (2015) sobre o pré-aquecimento de cimentos resinosos e seus efeitos, foi o único que demonstrou uma redução na força de união dos pinos de fibra de vidro à dentina radicular quando os mesmos foram pré-aquecidos. Os autores atribuem essa redução a uma possível maior contração de polimerização sofrida pelos cimentos quando pré-aquecidos. Os achados do presente estudo vão contra tais informações, uma vez que o teste de contração pós-gel por meio de extensimetria não mostrou diferença significativa para um mesmo cimento nas diferentes temperaturas (ambiente e pré-aquecido), portanto o pré-aquecimento não aumentou de forma significativa a contração de polimerização dos cimentos testados e o teste de *push-out* mostrou um aumento da força de união dos pinos de fibra de vidro à dentina radicular em todos os terços radiculares para os grupos de cimentos submetidos ao pré-aquecimento.

O pré-aquecimento dos cimentos resinosos apresentou-se como uma alternativa viável para alterar de forma positiva as propriedades testadas dos cimentos resinosos. Melhorar tais propriedades são de extrema relevância para melhorar o desempenho clínico dos cimentos resinosos e a longevidade dos procedimentos realizados com os mesmos. Os resultados foram obtidos através da realização de alguns testes *in vitro* e, desta forma, realizar mais testes, inclusive testes *in vivo* serão, fundamentais para se comprovar a eficácia do que foi relatado.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados obtidos pode-se concluir que o pré-aquecimento dos cimentos resinosos promoveu alterações significativas nas propriedades físicas dos materiais testados, como a redução significativa da espessura da película de cimento. Embora a contração pós-gel não tenha sido afetada de forma significativa pelo aquecimento, tal resultado é importante por não se ter verificado diferença, para um mesmo período de tempo, na temperatura ambiente e de pré-aquecimento. O procedimento de cimentação de pinos de fibra de vidro com materiais pré-aquecidos apresentou maiores resultados de resistência adesiva em todos os terços radiculares quando comparados àqueles em temperatura ambiente. Tais achados indicam que o pré-aquecimento de cimentos resinosos pode ser uma alternativa viável para melhorar a utilização dos materiais, contribuindo para um maior sucesso clínico.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.N et al. Influence of preheating and post-curing on a novel fiber-reinforced composite post material. **Brazilian oral research**, v. 32, 2018.
- ANUSAVICE, K.J. **Phillips' science of dental materials**. Elsevier Health Sciences, 2012.
- ARRAIS, C.A.G et al. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 6, p. 418-426, 2008.
- ARRAIS, C.A.G et al. FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto-and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 101, n. 2, p. 128-136, 2009.
- BLATZ, M. B. et al. Evolution of aesthetic dentistry. **Journal of dental research**, v. 98, n. 12, p. 1294-1304, 2019.
- BHOPATKAR, J. et al. Composite Pre-heating: A Novel Approach in Restorative Dentistry. **Cureus**, v. 14, n. 7, 2022
- BRAGA R.R. et al. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **J Oral Rehabil**; 29:257-66, 2002.
- BURKE, F.J.T. Trends in indirect dentistry: Conclusions. **Dental Update**, v. 32, n. 10, p. 574-574, 2005.
- CANTORO, A. et al. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. **Dental materials**, v. 24, n. 5, p. 577-583, 2008.
- CARVALHO, R.M. de et al. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. **Operative dentistry**, v. 21, n. 1, p. 17-24, 1996.
- CECCHIN, D. et al. Effect of root canal sealers on bond strength of fiberglass posts cemented with self-adhesive resin cements. **International endodontic journal**, v. 44, n. 4, p. 314-320, 2011.
- DALEPRANE, B. et al. The effect of light-curing access and different resin cements on apical bond strength of fiber posts. **Operative Dentistry**, v. 39, n. 2, p. e93-e100, 2014.
- D'ARCANGELO, C. et al. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 98, n. 3, p. 193-198, 2007.
- DARONCH, M.; RUEGGEBERG, F. A.; DE GOES, M. F. Monomer conversion of pre-heated composite. **Journal of dental research**, v. 84, n. 7, p. 663-667, 2005.

DE JAGER, N. et al. The influence of design parameters on the FEA-determined stress distribution in CAD–CAM produced all-ceramic dental crowns. **Dental Materials**, v. 21, n. 3, p. 242-251, 2005.

DEMIRYÜREK, E.O. et al. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 108, n. 2, p. e74-e80, 2009.

DE SOUSA MENEZES, M. et al. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. **Journal of Endodontics**, v. 37, n. 3, p. 398-402, 2011.

FARIA E SILVA A. et al. Effect of immediate or delayed light activation on curing kinetics and shrinkage stress of dual-cure resin cements. **Operative Dentistry**, v. 36, n. 2, p. 196-204, 2011.

FERNANDES, A.S. e DESSAI, G.S. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. **International Journal of Prosthodontics**, v. 14, n. 4, 2011.

FERRACANE, J.L. et al. Self-adhesive resin cements–chemistry, properties and clinical considerations. **Journal of oral rehabilitation**, v. 38, n. 4, p. 295-314, 2011.

FERRARI, M. et al. A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. **Journal of dental research**, v. 91, n. 7\_suppl, p. S72-S78, 2012.

FONTANA, P.E. et al. Effect of ferrule thickness on fracture resistance of teeth restored with a glass fiber post or cast post. **Operative Dentistry**, v. 44, n. 6, p. E299-E308, 2019.

FRANÇA, F.A et al. Pre-heated dual-cured resin cements: analysis of the degree of conversion and ultimate tensile strength. **Brazilian Oral Research**, v. 25, p. 174-179, 2011.

FRIEDEL, W. e KERN, M. Fracture strength of teeth restored with all-ceramic posts and cores. **Quintessence international**, v. 37, n. 4, 2016.

GORACCI, C. et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. **European journal of oral sciences**, v. 112, n. 4, p. 353-361, 2004.

GOYATÁ, F. et al. Alternative indirect composite resin restoration techniques: clinical case reports. **Archives of Health Investigation**, 2018.

GRANDINI, S. et al. Evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 7, n. 3, 2005.

GUGELMIN, B.P. et al. Color stability of ceramic veneers luted with resin cements and pre-heated composites: 12 months follow-up. **Brazilian Dental Journal**, v. 31, p. 69-77, 2020.

HATTA, M. et al. High-volume individual fiber post versus low volume fiber post: the fracture load of the restored tooth. **Journal of dentistry**, v. 39, n. 1, p. 65-71, 2011.

HEBOYAN, A. et al. Dental Luting Cements: An Updated Comprehensive Review. **Molecules**, v. 28, n. 4, p. 1619, 2023.

HILGERT, L.A. et al. The choice of cementing agent for ceramic restorations. **Clinical-Int J Braz Dent**, v. 5, n. 2, p. 194-205, 2009.

HOFMANN, N. et al. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 28, n. 11, p. 1022-1028, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4049:2000. **Dentistry polymer-based filling, restorative and luting materials**. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage>. Acesso em 02 de novembro de 2022.

KHAJURIA, R.R. et al. Comparison of Film Thickness of Two Commercial Brands of Glass Ionomer Cement and One Dual-cured Composite: An in vitro Study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 18, n. 8, p. 670-674, 2017.

KITZMÜLLER, K. et al. Setting kinetics and shrinkage of self-adhesive resin cements depend on cure-mode and temperature. **Dental Materials**, v. 27, n. 6, p. 544-551, 2011.

KURTZ, J.S. et al. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. **American Journal of Dentistry**, v. 16, p. 31A-36A, 2013.

LE BELL, A.M. et al. Bonding of composite resin luting cement to fiber-reinforced composite root canal posts. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 6, n. 4, 2004.

LECAMP, L. et al. Photoinitiated polymerization of a dimethacrylate oligomer: 1. Influence of photoinitiator concentration, temperature and light intensity. **Polymer**, v. 38, n. 25, p. 6089-6096, 1997.

LIN, J; et al. Effects of rotating fatigue on the mechanical properties of microhybrid and nanofiller-containing composites. **Dental Materials Journal**; 32(3): 476–483; 2013.

LOPES, L.C.P. et al. Heating and preheating of dental restorative materials. A systematic review. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 12, p. 4225-4235, 2020.

LORENZONI, F.C. et al. MicroCT Analysis of a Retrieved Root Restored with a Bonded Fiber-Reinforced Composite Dowel: A Pilot Study. **Journal of Prosthodontics**, v. 22, n. 6, p. 478-483, 2013.

LOVELL, L.G. et al. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. **Dental Materials**, v. 17, n. 6, p. 504-511, 2001.

LUCEY, S. et al. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite. **Journal of oral rehabilitation**, v. 37, n. 4, p. 278-282, 2010.

MAKKAR, S.; MALHOTRA, N. Self-adhesive resin cements: a new perspective in luting technology. **Dental update**, v. 40, n. 9, p. 758-768, 2013.

MESQUITA, R.V.; GEIS-GERSTORFER, J. Influence of temperature on the visco-elastic properties of direct and indirect dental composite resins. **Dental Materials**, v. 24, n. 5, p. 623-632, 2008.

MESQUITA, G.C. et al. Can the cure time of endodontic sealers affect bond strength to root dentin? **Brazilian Dental Journal**, v. 24, p. 340-343, 2013.

MORAIS, A. et al. Effect of pre-heated dual-cured resin cements on the bond strength of indirect restorations to dentin. **Brazilian oral research**, v. 26, p. 170-176, 2012.

NIE, J. et al. A reappraisal of the photopolymerization kinetics of triethyleneglycol dimethacrylate initiated by camphorquinone-N, N-dimethyl-p-toluidine for dental purposes. **Acta polymerica**, v. 49, n. 4, p. 145-161, 1998.

OLIVEIRA, M. et al. Effect of temperature on the degree of conversion and working time of dual-cured resin cements exposed to different curing conditions. **Operative dentistry**, v. 37, n. 4, p. 370-379, 2012.

ORTIZ-MAGDALENO, M. et al. Effect of degree of conversion on the surface properties of polymerized resin cements used for luting glass fiber posts. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 2023.

OSKOEI, P.A et al. Effect of resin cement pre-heating on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. **Journal of dental research, dental clinics, dental prospects**, v. 9, n. 4, p. 233, 2015.

PAVAN, S. et al. The effect of dentin pretreatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 104, n. 4, p. 258-264, 2010.

- PERDIGÃO, J. et al. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. **Journal of Prosthodontics**, v. 16, n. 3, p. 154-164, 2007.
- PEREIRA, R. D. et al. Effect of photoactivation timing on the mechanical properties of resin cements and bond strength of fiberglass post to root dentin. **Operative dentistry**, v. 40, n. 5, p. E206-E221, 2015.
- PIWOWARCZYK, A. et al. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. **Dental Materials**, v. 23, n. 2, p. 211-217, 2007.
- RIBEIRO, M.T.H et al. Effect of pre-heating methods and devices on the mechanical properties, post-gel shrinkage, and shrinkage stress of bulk-fill materials. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 138, p. 105605, 2023.
- ROBERTS, H.W. et al. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. **Dental Materials**, v. 20, n. 7, p. 617-622, 2004.
- ROSENTIEL, S.F.; LAND, M.F.; FUJIMOTO, J. **Contemporary fixed prosthesis**. Ed. Santos, 2002.
- RUEGGERBERG, F. A.; CAUGHMAN, W.F. The influence of light exposure on polymerization of dual-cure resin cements. **Operative dentistry**, v. 18, n. 2, p. 48-55, 1993.
- SAMPAIO, C.S. et al. Volumetric shrinkage and film thickness of cementation materials for veneers: An in vitro 3D microcomputed tomography analysis. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 117, n. 6, p. 784-791, 2017.
- SANTOS-FILHO, P.C.F et al. Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth. **Journal of endodontics**, v. 40, n. 1, p. 119-123, 2014.
- SCHMAGE, P. et al. Influence of oversized dowel space preparation on the bond strengths of FRC posts. **Operative dentistry**, v. 34, n. 1, p. 93-101, 2009.
- SERAFINO, C. et al. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology**, v. 97, n. 3, p. 381-387, 2004.
- STANSBURY, J.W. Dimethacrylate network formation and polymer property evolution as determined by the selection of monomers and curing conditions. **Dental Materials**, v. 28, n. 1, p. 13-22, 2012.

SUDSANGIAM, S. et al. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose. **J Adhes Dent**, v. 1, n. 1, p. 57-67, 1999.

TURGUT, S.; BAGIS B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: An in vitro study. **Journal of Prosthetic Dentistry** 109(3): 179-86, 2013.

VANO, M. et al. Retention of fiber posts cemented at different time intervals in canals obturated using an epoxy resin sealer. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 10, p. 801-807, 2008.

VICHI, A.; FERRARI, M. e DAVIDSON, C.L. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. **Journal of Prosthetic Dentistry**. 2000. 83(4): 412-7.

ZANON, J.M. Techniques for heating composite resins for cementing indirect restorations: Scoping review. **European Journal of Dentistry**, v. 4, n. 04, p. 429-439, 2020.

ZICARI, F. et al. Effect of ferrule and post placement on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. **Journal of dentistry**, v. 41, n. 3, p. 207-215, 2013.