

**FABIANA PALADINI MATTEI**

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA CIMENTADOS  
COM DIFERENTES MATERIAIS E TÉCNICAS DE ATIVAÇÃO  
À DENTINA RADICULAR**

Dissertação de Mestrado

Florianópolis

2011

**FABIANA PALADINI MATTEI**

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA CIMENTADOS  
COM DIFERENTES MATERIAIS E TÉCNICAS DE ATIVAÇÃO  
À DENTINA RADICULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração Materiais Dentários

Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Maykot Prates  
Co-Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Chain

Florianópolis

2011

**FABIANA PALADINI MATTEI**

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA CIMENTADOS  
COM DIFERENTES MATERIAIS E TÉCNICAS DE ATIVAÇÃO  
À DENTINA RADICULAR**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de MESTRE EM ODONTOLOGIA, na área de concentração MATERIAIS DENTÁRIOS, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 22 de Fevereiro de 2011.

---

Prof. Dr. Ricardo de Souza Magini.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia  
da Universidade Federal de Santa Catarina

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luiz Henrique Maykot Prates  
Orientador

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Carla Miranda  
Membro

---

Prof. Dr. Diego Klee de Vasconcelos  
Membro

## *Dedicatória*

Dedico este trabalho aos meus pais Olívio e Janice, que muitas vezes renunciaram às suas próprias realizações para que fosse possível a concretização de meus sonhos. Agradeço imensamente pelo amor incondicional, pelos princípios éticos e morais a mim fornecidos e, principalmente, pela força e carinho nos momentos difíceis. Não existo sem vocês...

Não poderia esquecer o meu querido irmão Fábio, pela força e companheirismo. Ainda que a distância física entre nós seja presente, creio que nossa ligação seja eterna.

## Agradecimentos

A Deus, por me proteger, iluminar e proporcionar saúde.

Agradeço especialmente ao meu orientador professor Dr. Luiz Henrique Maykot Prates, pela amizade e compreensão demonstrados a todo o momento. Pela orientação proporcionada desde minha graduação, o qual me despertou o interesse pela pesquisa. Agradeço pelos seus ensinamentos, sua paciência, por tornar fácil o que parecia difícil, e especialmente pela força concedida nos momentos difíceis. Espero ter correspondido, a minha admiração e agradecimento.

Ao professor Dr. Marcelo Carvalho Chain pelos ensinamentos, pelo auxílio na aquisição dos materiais e equipamentos utilizados neste estudo. Não poderia esquecer de agradecer a sua disponibilidade em me ajudar sempre que necessário. Muito Obrigada!

Ao meu ex-noivo, amigo e companheiro Marcelo Luiz Emmendoerfer. Agradeço pelo companheirismo, pelo sonho compartilhado e seu fundamental apoio para a realização desta dissertação. Há determinadas situações na vida que não conseguimos explicar, porém, espero que um dia consiga compreender! Agradeço, ainda, a toda sua família...

A toda minha família, que idealizou comigo a concretização de mais este sonho.

A Michele de Camargo, pela amizade e por escutar meus desabafos, angústias e pelo seu apoio e incentivo. Muito Obrigada por sempre me instigar a continuar!

Aos meus colegas de mestrado, Sonia Mara Soares, Pedro Alexandre e Tatiana, pelo companheirismo, amizade e pelo convívio durante todo este tempo.

Aos colegas e amigos do CEO-UFSC, em especial a Maria de Fátima (Feitimi), pelo apoio, incentivo e por proporcionar meu

amadurecimento e crescimento profissional durante o curso. Não poderia esquecer de agradecer a oportunidade de trabalho cedida pela professora Dayane Machado Ribeiro.

A Profª Drª Cleonice da Silva Teixeira, pelas dicas e pelo empréstimo do dispositivo push-out.

Aos representantes da SDI, em Joinville, pelo empréstimo do LED.

Ao funcionário do Laboratório de Pesquisa do Departamento de Estomatologia, Lauro Silva, pela ajuda indispensável.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

*Meus sinceros agradecimentos*

*“ Quando a gente acha que tem todas as respostas,  
vem a vida e muda todas as perguntas...”*

**Luis Fernando Veríssimo**

MATTEI, Fabiana Paladini. Resistência de união de pinos de fibra cimentados com diferentes materiais e técnicas de ativação à dentina radicular. 2011. 80f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de Concentração Materiais Dentários) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

O sucesso clínico de um tratamento restaurador indireto depende de alguns fatores, dentre eles o tipo de cimento e a técnica de cimentação utilizada, que são responsáveis pela interação entre a restauração e o dente. Objetivou-se com este estudo avaliar, *in vitro*, a influência dos métodos de ativação (química, fotoativação convencional e pulso tardio) de um cimento resinoso auto – adesivo e com condicionamento ácido total, sobre a resistência de união, sob *push-out*, de pinos de fibra fixados na dentina radicular. As coroas de sessenta pré-molares humanos hígidos foram cortados 1mm acima da junção cimento-esmalte, sendo o remanescente radicular padronizado em  $16\text{mm} \pm 1\text{mm}$ . Os dentes foram tratados endodonticamente e após uma semana os condutos preparados com brocas específicas para cimentação dos pinos. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos ( $n=10$ ), de acordo com o cimento utilizado e o método de ativação: G1 (RelyX ARC - fotoativação convencional), G2 (RelyX ARC - Ativação química), G3 ( RelyX ARC - fotoativação por pulso tardio), G4 (RelyX U 100 - fotoativação convencional), G5 (RelyX U100 - Ativação química) e G6 (RelyX U 100 - fotoativação por pulso tardio). Após uma semana de cimentação dos pinos, os espécimes foram seccionados em 6 fatias de 1 mm, sendo 2 fatias referentes a cada terço (cervical, médio e apical). Posteriormente, realizou-se o teste de cisalhamento por extrusão (*push-out*) em uma velocidade de 0,5mm/min. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA 2) e teste de Tukey. O cimento RelyX U 100 (Grupos 4, 5 e 6) apresentou, numericamente, maior resistência de união que o cimento RelyX ARC, em todas as técnicas de ativação, embora não tenha sido observada significância estatística na ativação química e na fotoativação por pulso tardio ( $p>0,05$ ). No cimento RelyX ARC a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a ativação por pulso tardio. No cimento RelyX U 100 a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a fotoativação convencional. A técnica de fotoativação por pulso tardio não promoveu maiores valores de resistência de união em comparação a fotoativação convencional, dentro



do mesmo grupo de cimento. Não houve diferenças estatísticas nos valores de resistência de união entre os terços radiculares, dentro de cada grupo.

**Palavras - Chave:** cimentos de resina, pinos dentários, materiais dentário.

MATTEI, Fabiana Paladini. Bond strength of fiber posts cemented with different materials and activation techniques to root dentin. 2011. 80f. Dissertation (Master of Science in Dentistry – Dental Materials) Federal University of Santa Catarina, Florianópolis.

## ABSTRACT

The clinical success of an indirect restorative treatment depends of some factors as the kind of material used as cement and the technique of cementation used. These factors are responsible by the interaction restoration and teeth. The aim of this study was to evaluate, *in vitro*, the influence of activation methods (chemical, conventional photoactivation and pulse delay) of a self adhesive and a total etch resin cement over the bond strength of fiber posts to root dentin, with push-out test. The clinical crowns of sixty hidid human pre-molars were removed up to approximately 1.0 mm above the cement enamel junction, where the root length was standardized in  $16\text{mm} \pm 1\text{mm}$ . The teeth were endodontically treated and after one week the post spaces were prepared with a tapered drill specific for the post system. The specimens were divided randomly in 6 groups (n=10), according to the resin cement and activation methods used: G1 (RelyX ARC – Conventional photoactivation), G2 (RelyX ARC – Chemical), G3 (RelyX ARC – Pulse-delay), G4 (RelyX U 100 - Conventional photoactivation), G5 (RelyX U100 - Chemical) e G 6 (RelyX U 100 – Pulse-delay). One week after the posts cementation, the specimens were sectioned in 6 slices of 1 mm, where 2 slices are referring to each third (cervical, medium and apical). After that, it was done the extrusion shear a test (push-out) with speed of 0,5mm/min. The data were analyzed statistically using ANOVA 2 and Tukey test. The RelyX U 100 cement showed, numerically, higher bond strength than RelyX ARC cement in all activation methods, but statistical significance was observed only with the conventional photoactivation ( $p < 0,05$ ). With RelyX ARC cement, chemical activation showed lesser bond strength value than pulse delay photoactivation. With RelyX U 100 cement, chemical activation showed lesser bond strength value than conventional photoactivation. The pulse-delay activation didn't promote greater bond strength values when compared to conventional photoactivation to the same cement group. There were no statistical differences on bond strength values between the root thirds inside each group.

**Key words:** resin cement, fiber posts, root canal, bond strength.

### Lista de Abreviaturas e Siglas

Bis- GMA: bisfenol-A diglicidil metacrilato

°C: graus Celsius

DP: desvio padrão

G1: grupo RelyX ARC (fotoativação convencional)

G2: grupo RelyX ARC (ativação química)

G3: grupo RelyX ARC (fotoativação por pulso tardio)

G4: grupo RelyX U 100 (fotoativação convencional)

G5: grupo RelyX U 100 (ativação química)

G6: grupo RelyX U 100 (fotoativação por pulso tardio)

h: altura

J/ cm<sup>2</sup>: joule por centímetro ao quadrado

%: por cento

KN: quilonewtons

KHN: dureza Knoop

LED: light emitting diode ou diodo emissor de luz

mm: milímetro

mm/min: milímetros por minuto

ml: mililitro

MEV: microscopia Eletrônica de Varredura

MPa: megapascals

mW/cm<sup>2</sup>: miliwatt por centímetro ao quadrado

n: número

N: newtons

$\pi$ : constante pi

r: raio

rpm: rotação por minuto

s: segundos

TEG- DMA: trietilenoglicol Dimetacrilato

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 ARTIGO.....</b>	<b>19</b>
2.1 Versão em português .....	19
Resumo.....	20
Introdução .....	21
Materiais e Métodos.....	22
Seleção e preparo dos espécimes.....	22
Preparo e cimentação dos pinos .....	23
Preparo das amostras e teste de <i>push-out</i> .....	25
Resultados .....	26
Discussão.....	27
Referências.....	32
Tabelas .....	35
Legendas das figuras .....	37
Figuras.....	38
2.2 Versão do artigo em inglês .....	39
<b>3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>63</b>
A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	64
B – Quadro com os Valores Individuais .....	66
C – Estatística Descritiva (Valores médios e Desvio Padrão).....	68
D – Quadro de Análise de Variância .....	69
E – Tukey .....	70
F – Análise Estatística dos Terços Radiculares.....	71
G –Tukey.....	72
H – Fotos .....	73
I – Produção científica durante o mestrado .....	78
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>
A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos UFSC.....	80

## 1 INTRODUÇÃO

A restauração bem sucedida de dentes que foram submetidos ao tratamento endodôntico está na dependência da quantidade de estrutura coronária remanescente. Dessa forma, quando há uma perda substancial, o simples selamento da câmara pulpar com um material restaurador de uso direto, muitas vezes, não deve ser considerado um procedimento com bom prognóstico em longo prazo, sendo inescusável a utilização de um pino intra-radicular que propiciará retenção adicional a um material restaurador.

No decorrer de muitos anos, os pinos utilizados para tal procedimento foram os metálicos, porém, deficiências relacionadas ao seu elevado módulo de elasticidade, podendo ocasionar fratura do remanescente radicular, além da carência estética, levaram ao desenvolvimento de novos materiais. Nesse contexto, Duret et al. (1990) desenvolveram os pinos reforçados por fibras pirolíticas de carbono. Para esses autores, o pino intra-radicular ideal deveria apresentar alguns requisitos, tais como: propriedades mecânicas idênticas às da dentina, forma similar ao volume dentinário perdido, exigência de mínimo desgaste da estrutura dentária e coloração similar à da dentina sadia.

Atualmente, outros tipos de pinos têm sido desenvolvidos, incluindo os reforçados por quartzo e vidro, opacos ou translúcidos, para serem utilizados em situações em que a estética é requerida (ZICARI et al., 2008; MONTICELLI; FERRARI; TOLEDANO, 2008). Esses pinos apresentam algumas propriedades que justificam sua utilização, como módulo de elasticidade similar ao da dentina, o que permite melhor distribuição do estresse e, conseqüentemente, redução no risco de fratura radicular (AMUSSEM; PEUTZFELDT; HEITMANN, 1999; KREMEIER et al., 2008; SCHIMITTER et al., 2006). Possuem também características químicas compatíveis com o monômero Bis-GMA, comumente utilizados nos sistemas resinosos de fixação (FERRARI; VICHI; GRANDINI, 2001). Além disso, são eletroquimicamente inertes, excluindo risco de corrosão, descoloração gengival ou inflamação (MALQUARTI; BERRUET; BOIS, 1990). Ainda segundo Kremier et al. (2008), os pinos cimentados imediatamente após o preparo do canal diminuem o risco de reinfecção do mesmo.

Porém, o sucesso clínico de um tratamento restaurador indireto depende de outros fatores, como o tipo de cimento e a técnica de cimentação utilizada, que são responsáveis pela interação entre a restauração e o dente. Dentre os materiais disponíveis para cimentação de peças protéticas, Diaz-Arnold, Vargas e Haselton (1999) destacam:

cimento de fosfato de zinco, cimento de policarboxilato, cimento de ionômero de vidro, cimento de ionômero modificado por resina e cimento resinoso. Esse último é rotineiramente utilizado para cimentação de pinos reforçados por fibra, pois em associação a um sistema adesivo pode formar uma estrutura mecanicamente homogênea com o remanescente radicular (MONTICELLI; FERRARI; TOLEDANO, 2008).

Os cimentos resinosos apresentam retenção superior, maior resistência à fratura (HOFMANN et al., 2001), menor microinfiltração (NORRIT; GRÉGOIRE; COURNOT, 2008), além de maiores valores de tração diametral, resiliência, resistência à compressão e flexural, comparativamente a outros materiais convencionais utilizados para cimentação (LI ; WHITE, 1999).

Em relação ao método de ativação, os cimentos resinosos podem ser divididos em: quimicamente ativados, fotoativados e de dupla ativação, denominados duais, que envolvem a ativação química e física (BRAGA; CESAR; GONZAGA, 2002; ZHANG et al., 2008). A dupla ativação do material é atingida devida à presença da conforquinona, que permite a polimerização inicial, combinada com um sistema de ativação lenta amina/peróxido, responsável pela polimerização do material na ausência de luz (PFEIFER et al., 2003). Esses cimentos são, atualmente, os eleitos para cimentação de pinos-intradiculares, pois possibilitam um adequado tempo de trabalho (BRAGA; CESAR; GONZAGA, 2002) e permitem a polimerização em locais de difícil acesso da luz (HOFFMAN; PAPSTHART; KLAIBER, 2001), como a região apical do canal radicular. As características dos cimentos duais superam os inconvenientes dos cimentos de ativação somente química ou apenas pela luz.

Sabe-se que a correta polimerização do agente cimentante é imprescindível para a estabilidade e biocompatibilidade do material restaurador (HOFMANN; PAPSTHART; KLAIBER, 2001), além de primordial para obtenção de boas propriedades mecânicas, que clinicamente garantem retenção (D'ARCANGELO et al., 2008). Diante disso, há na literatura uma diversidade de estudos que correlacionam o modo de ativação dos cimentos resinosos com as propriedades mecânicas e com o grau de conversão monomérica dos mesmos. O estudo de Lu et al. (2005), avaliou a influência do modo de polimerização de diferentes cimentos resinosos na resistência flexural. Dentre os dez tipos de cimentos avaliados, cinco foram testados com três modos de ativação (dual, auto e foto), sendo o restante avaliado em dois modos (dual e auto). Os autores concluíram que a dupla ativação

dos agentes cimentantes apresentou maiores valores de resistência flexural quando comparado com modo de ativação somente química, em cinco dos dez cimentos testados.

Braga, César e Gonzaga (2002), investigaram a resistência flexural e a dureza de quatro cimentos resinosos, relacionando-as com os respectivos métodos de ativação. De acordo com esse estudo, o cimento resinoso de cura dual RelyX ARC apresentou maiores valores de resistência flexural que os outros grupos. RelyX ARC e Variolink dependeram da fotoativação para atingirem maiores valores de dureza. O cimento Enforce apresentou dureza similar para os métodos de ativação dual e foto. Os autores concluíram, ainda, que não houve correlação entre resistência flexural e dureza, indicando que outros fatores, além do grau de conversão, podem afetar a resistência flexural dos materiais testados.

Além do modo de ativação, pode-se classificar os cimentos resinosos considerando o tratamento dentinário a ser realizado no remanescente dental, dividindo-se em três categorias: cimentos com condicionamento ácido total, autocondicionantes, e auto-adesivos (DUARTE et al., 2008; RADOVIC et al., 2008; MONTICELLI; FERRARI; TOLEDANO, 2008 ).

Na técnica do condicionamento ácido total, o ácido fosfórico tem como objetivo remover a lama dentinária, expondo a rede de fibras colágenas, o que possibilita penetração do “primer” e do agente adesivo na superfície condicionada. Os sistemas autocondicionantes têm como princípio a utilização de um “primer” ácido capaz de modificar a lama dentinária, dispensando a necessidade de lavagem do agente condicionante, seguido da utilização do agente adesivo (NOIRRIT; GRÉGOIRE; COURNOT, 2008; DUARTE et al., 2008). No entanto, alguns desses sistemas podem interferir no processo de polimerização dos cimentos resinosos, pois, por serem hidrofílicos, comportam-se como membranas permeáveis à penetração de fluídos, prejudicando, dessa forma, as características mecânicas dos agentes cimentantes (TAY et al., 2004) . Além disso, certos monômeros ácidos presentes nos sistemas adesivos com condicionamento ácido total de dois passos e no autocondicionante de passo único são incompatíveis com certos cimentos resinosos (TAY et al., 2003).

Na tentativa de superar algumas limitações dos cimentos convencionais e resinosos tradicionais surgiram os cimentos resinosos auto-adesivos (RADOVIC et al., 2008). Esses materiais dispensam o tratamento prévio da superfície dental, logo, a aplicação é realizada em etapa única, simplificando o procedimento de cimentação e tornando

menos suscetível aos erros (RADOVIC et al., 2008; MONTICELLI; FERRARI; TOLEDANO, 2008). Além disso são mais tolerantes à umidade (MONTICELLI; FERRARI; TOLEDANO, 2008).

Apesar dos cimentos resinosos auto-adesivos terem sido recentemente lançados no mercado odontológico, há na literatura alguns estudos que se propuseram a avaliar a eficiência dessa nova classe de cimentos, demonstrando certa contraditoriedade entre os resultados obtidos.

O estudo de Bitter et al. (2006) avaliou a influência da termociclagem e do agente cimentante na resistência de união, sob teste de “push out”, à dentina radicular. Os materiais testados foram: Panavia F, Multilink, Variolink, PermaFlo DC, RelyX Unicem e Clearfil Core. De acordo com os resultados, RelyX Unicem apresentou maiores valores de resistência de união em comparação aos outros cimentos. Além disso, após a realização da termociclagem foi observado um aumento significativo na resistência de união nos terços médio e apical, para o citado cimento, dados que não foram relatados nos demais grupos. Os autores sugeriram que o melhor desempenho do RelyX Unicem se deve ao fato do mesmo ser tolerante à umidade, justificando a favorável adesão ao canal radicular.

Por outro lado, Zicari et al. (2008) avaliaram a habilidade de selamento, além da resistência de união, sob *push-out*, à dentina radicular, dos seguintes cimentos: Panavia 21, Clearfil Esthetic Cement, Variolink II, RelyX Unicem, GC experimental. Diferentemente do estudo anterior, o grupo RelyX Unicem não exibiu melhores resultados, ou seja, os maiores valores de resistência de união foram verificados no grupo do cimento autocondicionante Clearfil Esthetic Cement, que não foi significativamente diferente do grupo Panavia 21. Ao avaliar a capacidade de selamento, não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos Panavia 21, Clearfil e Variolink, bem como, não houve diferenças entre Relyx Unicem e GC- experimental.

É importante salientar que outros fatores podem influenciar no procedimento de adesão à dentina radicular, incluindo: fator C, procedimento endodôntico, contração de polimerização dos materiais resinosos, além da dificuldade de visualização e acesso ao canal radicular (BOUILLAGUET et al., 2003).

A conformação cavitária é de suma importância na minimização das tensões causadas pela contração de polimerização dos materiais resinosos, pois, durante a reação de polimerização em uma superfície livre, não aderida, o material pode escoar, atenuando o estresse causado pela contração de polimerização. Porém, a anatomia do



espaço radicular prejudica o alívio dessas tensões, visto que há escassa área de superfície não aderida, o que dificulta o escoamento do material e a conseqüente liberação de tensões de contração (TAY et al., 2005). Como resultado, pode ocorrer falha no procedimento de adesão, afetando a longevidade do tratamento restaurador.

Devido à dificuldade de controle do fator C no interior de condutos radiculares, têm sido propostos diferentes métodos de fotoativação, na tentativa de atenuar o estresse gerado durante o processo de contração de polimerização e seus efeitos adversos, destacando-se as técnicas *soft-start* e pulso tardio. A técnica do pulso tardio, idealizada por Kanca e Suh (1999), consiste na modulação da fotoativação, inicialmente com baixa intensidade, seguido por um período de espera de 3 a 5 minutos e uma cura final com alta intensidade. A lógica é que a reação de polimerização poderia ocorrer em um ritmo mais lento, prolongando o ponto gel e proporcionando ao material oportunidade de se acomodar, compensando as alterações dimensionais por meio do escoamento e reduzindo, assim, a formação de estresse (FEILZER; DE GEE; DAVIDSON, 1990). O método tem sido associado à melhora na integridade marginal (LUO et al., 2002), além de maiores valores de microdureza (SILVA et al., 2006), em comparação à fotoativação convencional.

Recentemente, alguns estudos envolvendo a modulação da intensidade de fotoativação e seus possíveis efeitos sobre determinadas propriedades dos materiais têm sido conduzidos. Assim sendo, Cunha et al. (2007) avaliaram a influência de quatro métodos de fotoativação no grau de conversão, tensão de contração, taxa de geração de tensões e resistência de união (sob *push-out*) de um compósito restaurador. Os métodos de fotoativação testados foram: baixa intensidade contínua (CL), “soft start” (SS), pulso tardio com intensidade inicial de 150mW/cm<sup>2</sup> (PD 150) e pulso tardio com intensidade inicial de 80mW/cm<sup>2</sup> (PD 80). A hipótese testada era a possibilidade da modulação da intensidade de fotoativação promover uma redução no estresse de contração, levando a uma melhora na resistência de união, sem afetar o grau de conversão do compósito restaurador. Assim sendo, os autores concluíram que essa hipótese foi parcialmente validada pelos resultados, pois apesar da falta de diferença estatística entre CL, SS e PD150, quanto ao máximo de estresse gerado, a redução da taxa de estresse observada nos grupos SS, PD150 e PD80, promoveu aumento na resistência de união sem causar efeitos adversos no grau de conversão do compósito restaurador. Portanto, segundo os autores, a

modulação da intensidade de fotoativação pode promover maior longevidade clínica e melhor desempenho ao material restaurador.

Por outro lado, Brandt et al. (2008), investigaram o efeito de diferentes métodos de fotoativação na resistência de união, dureza e densidade de ligações cruzadas, de um compósito restaurador. Dessa forma, os métodos de fotoativação testados foram: alta intensidade contínua (HIC), baixa intensidade contínua (LIC), *soft-start* (SS) e pulso tardio (PD). Os resultados revelaram que os diferentes métodos de fotoativação podem interferir na resistência de união, dureza e densidade de ligação cruzada do material restaurador. A técnica do pulso tardio e *soft-start* apresentaram maiores valores de resistência de união.

Face ao exposto e considerando a carência de informações relacionadas ao efeito dos diferentes métodos de ativação dos cimentos resinosos aplicados à dentina radicular, torna-se indiscutível a necessidade de estudos que se destinem a avaliar a resistência de união de pinos de fibra cimentados com diferentes métodos de ativação. Para tal avaliação, o teste de cisalhamento por extrusão (“push out”) é o mais indicado, pois permite a mensuração da resistência de união de pinos cimentados em diferentes níveis da dentina radicular, além de ser mais eficiente e confiável quando comparado ao teste de microtração (GORACCI et al., 2004).

Desta forma, objetivou-se com este estudo avaliar a influência dos métodos de ativação (química, convencional, pulso tardio) de um cimento resinoso auto-adesivo (RelyX U100 - 3M ESPE) e outro com condicionamento ácido total (RelyX ARC - 3M ESPE), sobre a resistência de união, sob *push-out*, de pinos de fibra cimentados na dentina radicular.

## **2 ARTIGO**

### 2.1 Versão em Português

Artigo formatado segundo as normas da revista: *Brazilian Dental Journal*.

Título: Resistência de União de Pinos de Fibra Cimentados com Diferentes Materiais e Técnicas de Ativação à Dentina Radicular.

Título Resumido: Resistência de União de Pinos Cimentados.

Autores: MATTEI, Fabiana Paladini; PRATES, Luiz Henrique Maykot; CHAIN, Marcelo Carvalho.

Departamento de Odontologia, disciplina de Materiais Dentários-UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

Autora para correspondência:

Fabiana Paladini Mattei

Douglas Seabra Levier, 163, Bl. A, AP. 306 – Carvoeira

Florianópolis/Santa Catarina/Brasil – CEP: 88040-410

Telefone: +55 (48) 99531272

e-mail: Fabimattei@hotmail.com

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência dos métodos de ativação (química, fotoativação convencional e pulso tardio) de um cimento resinoso auto – adesivo e outro com condicionamento ácido total, sobre a resistência de união, sob *push-out*, de pinos de fibra fixados na dentina radicular. As coroas de 60 pré-molares humanos foram cortados, sendo o remanescente radicular padronizado em  $16\text{mm} \pm 1\text{mm}$ . Os dentes foram tratados endodonticamente e os condutos preparados com brocas específicas para cimentação dos pinos. Os dentes foram distribuídos em 6 grupos ( $n=10$ ), de acordo com o cimento utilizado e o método de ativação. Decorrido o período de uma semana após cimentação dos pinos, as raízes foram seccionadas em 6 fatias de 1 mm, sendo 2 fatias referentes a cada terço radicular. Realizou-se o teste *push-out* em uma velocidade de  $0,5\text{mm}/\text{min}$ . Os dados foram submetidos à ANOVA 2 e teste de Tukey. O cimento RelyX U 100 apresentou, numericamente, maior resistência de união que o cimento RelyX ARC, em todas as técnicas de ativação porém, foi observada significância estatística apenas na fotoativação convencional ( $p<0,05$ ). No cimento RelyX ARC a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a ativação por pulso tardio. No cimento RelyX U 100 a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a fotoativação convencional. A técnica de fotoativação por pulso tardio não promoveu maiores valores de resistência de união em comparação à fotoativação convencional, dentro do mesmo grupo de cimento.

**Palavras - Chave:** cimentos de resina, pinos dentários, materiais dentário.

## INTRODUÇÃO

O sucesso clínico de um tratamento restaurador indireto referente à cimentação de pinos intra-radulares depende de alguns fatores, como o tipo de cimento e a técnica de cimentação utilizada, que são responsáveis pela interação entre a restauração e o dente. Dentre os materiais disponíveis para cimentação de peças protéticas, destacam-se: cimento de fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro, cimento de ionômero modificado por resina e cimento resinoso (1). Esse último é rotineiramente utilizado para cimentação de pinos reforçados por fibra, pois em associação a um sistema adesivo pode formar uma estrutura mecanicamente homogênea com o remanescente radicular (2).

Os cimentos resinosos apresentam retenção superior, maiores resistência à fratura (3), além de maiores valores de tração diametral, resiliência, resistência à compressão e flexural, comparativamente a outros materiais convencionais utilizados para cimentação (4).

Em relação ao método de ativação, os cimentos resinosos podem ser divididos em: quimicamente ativados, fotoativados, e de dupla ativação, denominados duais, que envolvem a ativação química e física (5). Esses cimentos são, atualmente, os eleitos para cimentação de pinos-intraradulares (3), pois possibilitam um adequado tempo de trabalho (5) e permitem a polimerização em locais de difícil acesso da luz (3), como a região apical do canal radicular, superando os inconvenientes dos cimentos de ativação somente química ou apenas pela luz.

Sabe-se que a correta polimerização do agente cimentante é imprescindível para a estabilidade (3), além de primordial para obtenção de boas propriedades mecânicas, que clinicamente garantem retenção. Diante disso, há na literatura uma diversidade de estudos que correlacionam o modo de ativação dos cimentos resinosos com as propriedades mecânicas e com o grau de conversão monomérica dos mesmos.

Assim sendo, Cunha et al. (6) avaliaram a influência de quatro métodos de fotoativação no grau de conversão, tensão de contração, taxa de geração de tensões e resistência de união de um compósito restaurador. Os métodos de fotoativação testados foram: baixa intensidade contínua (CL), *soft-start* (SS), pulso tardio com intensidade inicial de 150mW/cm<sup>2</sup> (PD 150) e pulso tardio com intensidade inicial de 80mW/cm<sup>2</sup> (PD 80). Os autores concluíram que a modulação da intensidade de fotoativação pode promover maior longevidade clínica e melhor desempenho ao material restaurador.

Por outro lado, Brandt et al. (7) , investigaram o efeito de diferentes métodos de fotoativação na resistência de união, dureza e densidade de ligações cruzadas, de um compósito restaurador. Dessa forma, os métodos de fotoativação testados foram: alta intensidade contínua (HIC), baixa intensidade contínua (LIC), *soft-start* (SS) e pulso tardio (PD). Os resultados revelaram que os diferentes métodos de fotoativação podem interferir na resistência de união, dureza e densidade de ligação cruzada do material restaurador. A técnica do pulso tardio e *soft-start* apresentaram maiores valores de resistência de união.

Face ao exposto e considerando a carência de informações relacionadas ao efeito dos diferentes métodos de ativação dos cimentos resinosos aplicados à dentina radicular, torna-se indiscutível a necessidade de estudos que se destinem a avaliar a resistência de união de pinos de fibra cimentados com diferentes métodos de ativação, ao citado substrato. Logo, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos métodos de ativação (química, convencional, pulso tardio) de um cimento resinoso auto – adesivo e outro com condicionamento ácido total, sobre a resistência de união, sob *push-out*, de pinos de fibra cimentados na dentina radicular.

## MATERIAIS E MÉTODO

Os materiais utilizados neste estudo, com as respectivas composições, características e números do lotes estão descritos na tabela 1.

### Seleção e Preparo dos Espécimes

Sessenta pré-molares humanos hígidos foram selecionados e armazenados em solução de cloramina T 0,5%, sendo que o período de armazenagem não excedeu três meses.

A coroa anatômica de todos os dentes foi removida 1 mm acima da junção cimento-esmalte, com o auxílio de um disco diamantado (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA), refrigerado com água, em baixa rotação, sendo o remanescente radicular padronizado em 16 mm ± 1mm. Em seguida, os espécimes foram submetidos ao tratamento endodôntico. O comprimento de trabalho foi determinado sendo 1mm aquém do comprimento do dente. A instrumentação dos canais foi realizada manualmente, pela técnica escalonada regressiva (ápice-

coroa), com o auxílio de limas endodônticas tipo K- files (Dentsply Maillefer, Ballalgues, Suíça). O “stop” apical foi realizado com lima # 35, sendo os canais instrumentados até a lima # 60. Durante todo o preparo, os canais foram irrigados com 2 ml de hipoclorito de sódio 1%, entre cada instrumento, e, ao final, com 2 ml de água destilada.

Em seguida, os canais foram secos com o auxílio de uma cânula de sucção a vácuo além de pontas de papel absorvente (Dentsply Maillefer, Ballalgues, Suíça), e obturados pela técnica da condensação lateral com o uso de espaçadores digitais, utilizando-se um cone principal de guta-percha e cones acessórios B7, B8, com cimento a base de hidróxido de cálcio Sealer 26 (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil). Os excessos de guta percha foram cortados na entrada do canal e o acesso ao canal selado com cimento restaurador temporário (Citodur; Septodont, Switzerland). Os espécimes foram mantidos em umidade relativa 100% e em estufa a 37°C, por sete dias.

#### Preparo e cimentação dos pinos

Posteriormente, o material obturador foi removido com auxílio de broca Largo nº 3 e brocas específicas do sistema Parapost Fiber Lux, no comprimento radicular de 12 mm, sendo mantido um selamento apical de 3-5 mm. Entre a utilização de cada broca, os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio 1%, sendo que ao final do preparo, os mesmos foram irrigados com água destilada e secos com o auxílio de cones de papel absorvente.

As raízes foram embutidas em silicona por condensação (Perfil, Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) contida em tubos de PVC, de modo que apenas as superfícies coronais permaneceram expostas.

Os cimentos resinosos e o adesivo foram fotoativados com o auxílio do aparelho Rádi-Cal (SDI - North America, Bensenville, USA) e aferido com o radiômetro Radiometer by Demetron (Kerr - West Collins Orange, CA, USA). Para determinação da intensidade de fotoativação requerida, foram confeccionados espaçadores plásticos. Diferentes tempos de fotoativação foram estabelecidos com o objetivo de se obter uma densidade energética total de 24 J/ cm<sup>2</sup>, para todos os grupos.

Previamente ao procedimento adesivo, os pinos foram limpos com álcool absoluto, por 30 segundos, e secos com jatos de ar.

Com cada conduto radicular limpo e seco, foram realizados os procedimentos adesivos e posteriormente a cimentação dos pinos. Para

isso, os 60 espécimes foram divididos, aleatoriamente, em 6 grupos (n=10), de acordo com o tipo e o modo de ativação do cimento resinoso utilizado, descritos a seguir:

Grupo 1: A dentina radicular foi condicionada com ácido fosfórico a 37%, durante 15 segundos, seguido por lavagem com água destilada, durante 30 segundos, com o auxílio de uma seringa de irrigação (Luer). Em seguida, o excesso de água foi removido com um leve jato de ar de uma seringa tríplice, sendo realizada a secagem com cone de papel absorvente, tomando-se o cuidado para deixar a dentina levemente úmida. Posteriormente, o sistema adesivo foi aplicado seguindo-se as recomendações do fabricante, sendo o mesmo fotoativado, durante 10 segundos, com intensidade de  $500\text{mW/cm}^2$ . Para a cimentação do pino, quantidades iguais das pastas base e catalisadora do cimento resinoso RelyX ARC foram dispensadas sobre uma placa de vidro e misturadas durante 10 segundos. Após a espatulação, o cimento foi inserido de um espiral lentulo, sem acioná-la. Em seguida, o pino, também com cimento aplicado, foi centralizado no interior do canal e pressionado por 10 segundos, sendo o excesso de cimento removido com o auxílio de uma espátula de inserção. A fotoativação do cimento resinoso foi realizada por 40 segundos, com intensidade de  $600\text{mW/cm}^2$ , no sentido ocluso-apical da raiz, ou seja, com a ponta do fotoativador posicionado na entrada do canal.

Grupo 2: Foram realizados os mesmos passos descritos no Grupo 1, sendo, porém, após a inserção do pino no canal, realizada apenas ativação química do cimento, ou seja, o mesmo não foi fotoativado.

Grupo 3: Os procedimentos de tratamento da superfície radicular, aplicação do sistema adesivo e cimentação do pino foram executados da mesma forma descrita nos grupos 1 e 2, porém o cimento resinoso foi fotoativado, inicialmente, durante 6 segundos, com intensidade de luz de  $200\text{mW/cm}^2$ . Decorrido o período de 4 minutos após a primeira fotoativação, um segundo pulso foi realizado, durante 57 segundos, com intensidade de  $400\text{mW/cm}^2$ .

Grupo 4: Neste grupo foi utilizado um cimento auto- adesivo. Assim sendo, após o preparo do canal para cimentação do pino, nenhum outro tratamento prévio foi realizado no conduto radicular no que diz respeito ao condicionamento ácido e aplicação do adesivo. Portanto, o mesmo foi lavado com jato de água e, posteriormente, seco com leve jato de ar e cones de papel absorvente. Para a cimentação do pino, quantidades iguais das pastas base e catalisadora do cimento resinoso RelyX U 100 foram dispensadas sobre uma placa de vidro e misturadas



durante 10 segundos. Após a espatulação, o cimento foi inserido no canal radicular com o auxílio de um espiral lentulo, sem acioná-la. Em seguida, o pino, também com cimento aplicado, foi inserido centralizado no canal e pressionado por 10 segundos, sendo o excesso de cimento foi removido com o auxílio de uma espátula de inserção. A fotoativação do cimento resinoso foi realizada por 40 segundos, com intensidade de  $600 \text{ mW/cm}^2$ , no sentido ocluso-apical da raiz, ou seja, com a ponta do fotoativador posicionado na entrada do canal.

Grupo 5: O protocolo seguido neste grupo foi o mesmo do grupo 4, sendo, porém, após a inserção do pino no canal, realizada apenas a ativação química do cimento, ou seja, o mesmo não foi fotoativado.

Grupo 6: Os mesmos passos descritos para os grupos 4 e 5 foram realizados neste grupo. Porém, o cimento resinoso foi fotoativado, inicialmente, durante 6 segundos, com intensidade de luz de  $200 \text{ mW/cm}^2$ . Decorrido o período de 4 minutos após a primeira fotoativação, um segundo pulso foi realizado, durante 57 segundos, com intensidade de  $400 \text{ mW/cm}^2$ .

Para todos os grupos, imediatamente após a fixação dos pinos, todos os espécimes foram armazenados em recipientes plásticos fechados e mantidos imersos em água destilada em uma estufa biológica a  $37^\circ\text{C}$ , durante 7 dias.

### Preparo das amostras e teste push-out

Os espécimes foram fixados em bases de resina acrílica com o longo eixo paralelo à superfície. Seguindo o procedimento, foram realizadas secções transversais, perpendiculares ao longo eixo das raízes, com um disco diamantado refrigerado à água e em velocidade de 250 rpm, no sentido mesio-distal. A primeira fatia, referente à porção coronal, foi descartada, sendo obtidas um total de 6 fatias por espécime, com 1 mm de espessura, sendo duas para cada terço (cervical, médio e apical).

Para a execução do teste, dois dispositivos de aço inoxidável foram adaptados à máquina de testes (Instron 4444, Canton, MA, USA). Na parte superior foi fixada uma haste metálica com uma ponta ativa de 0,6 mm e na porção inferior foi fixada uma base metálica oval, contendo um orifício de, aproximadamente, 2,5 mm de diâmetro na região central. As amostras foram posicionadas de tal modo que a porção coronal ficou voltada para a base do dispositivo, enquanto a região com o pino permaneceu posicionada sobre o centro do orifício da base metálica.

Uma carga compressiva foi aplicada em direção vertical, com uma velocidade constante de 0,5mm/min, até o deslocamento do pino (Figura 2).

Após o valor da carga para o deslocamento ser registrado, em quilonewtons (KN), foi transformado em newtons (N) multiplicando-se por 1000, sendo, posteriormente convertido em megapascals (MPa), dividindo-se o valor em newtons (N) pela área de adesão (A) em milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>).

A área interna de adesão (A) foi calculada considerando-se o diâmetro do pino e a espessura da secção radicular, conforme indicado na seguinte fórmula:

$$A = 2\pi \times r \times h$$

Em que:

$\pi = 3,1416$  (constante);

r= raio do pino;

h= altura da secção radicular (espessura).

Inicialmente, foram considerados variáveis independentes o tipo de cimento utilizado e a técnica de ativação. Para verificação das diferenças estatísticas, entre os valores de resistência de união proporcionados pelos dois cimentos e pelas três técnicas de ativação foi utilizada a análise de variância (ANOVA 2) e o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Posteriormente, foi realizada a análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para verificar se havia diferenças estatísticas entre os diferentes terços radiculares (cervical, médio, apical).

## RESULTADOS

Os valores médios de resistência de união de cada grupo estão descritos na Tabela 2. Uma representação gráfica dos valores médios de resistência de união para cada grupo é apresentada na Figura 1.

O cimento RelyX U 100 (Grupos 4, 5 e 6) apresentou, numericamente, maior resistência de união que o cimento RelyX ARC, em todas as técnicas de ativação, embora tenha sido observada significância estatística apenas na fotoativação convencional ( $p = 0,046360$ ).

No cimento RelyX ARC a ativação química apresentou menor valor de resistência de união, estatisticamente significativa em relação à ativação por pulso tardio ( $p = 0,013239$ ). No cimento RelyX U 100 a ativação química apresentou menor valor de resistência de união,

estatisticamente significativa em relação à que a fotoativação convencional ( $p=0,018318$ ).

Em relação à técnica de fotoativação por pulso tardio, o teste ANOVA e Tukey revelou não existir diferença estatística em relação à técnica de fotoativação convencional, para o mesmo cimento utilizado ( $p>0,05$ ).

Os resultados, submetidos à ANOVA, também revelaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de resistência de união dos diferentes terços radiculares, dentro de cada grupo ( $p>0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Recentemente, alguns tipos de pinos foram desenvolvidos para o tratamento restaurador de dentes tratados endodonticamente, incluindo os reforçados por quartzo e vidro, opacos ou translúcidos, para serem utilizados em situações em que a estética é requerida (2,8). Esses pinos apresentam algumas propriedades que justificam sua utilização, como módulo de elasticidade similar ao da dentina, o que permite melhor distribuição do estresse e, conseqüentemente, redução no risco de fratura radicular (5). Possuem também características químicas compatíveis com o monômero Bis-GMA, comumente utilizado nos sistemas resinosos de fixação (10).

Como a função do pino é promover retenção adicional à restauração coronal, torna-se imprescindível uma boa união do pino à estrutura dental. Diante disso, há na literatura alguns estudos que avaliaram determinadas variáveis que possam influenciar na cimentação de pinos intra-radiculares, com o objetivo de buscar maior longevidade clínica.

Mediante essas considerações é justificável a realização deste estudo que teve como objetivo avaliar a influência dos métodos de ativação (química, convencional, pulso tardio) sobre a resistência de união de um cimento resinoso auto – adesivo e outro com condicionamento ácido total, a fim de se comparar os resultados. Para tal avaliação inúmeros testes mecânicos podem ser utilizados, tais como microtração, *pull-out* ou o *push-out*. Neste estudo, o teste de cisalhamento por extrusão (*push-out*) foi selecionado, pois permite a mensuração da resistência de união de pinos cimentados em diferentes níveis da dentina radicular, além de ser mais eficiente e confiável quando comparado ao teste de microtração (11).

É fundamental ressaltar que neste estudo foi selecionado o cimento auto-adesivo RelyX U100 que, segundo o fabricante, difere do RelyX Unicem somente na forma de apresentação comercial e manipulação, sendo que o primeiro é apresentado em bisnaga e requer a manipulação manual, como o RelyX ARC, também selecionado neste estudo. Assim sendo, descartou-se possíveis variáveis relacionados à manipulação que poderiam interferir nos resultados.

No presente estudo foram observadas similaridades e diferenças entre os grupos, algumas destacadas a seguir. Inicialmente foi observado que o cimento RelyX ARC fotoativado de modo convencional apresentou maiores valores de resistência de união quando comparado ao cimento RelyX ARC ativado quimicamente, porém, não ocorrendo diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Todavia, valores estatisticamente inferiores foram observados para o cimento RelyX ARC ativado quimicamente quando comparado ao cimento RelyX ARC fotoativado por pulso tardio. Da mesma forma entre o cimento RelyX U 100 ativado quimicamente quando comparado ao cimento RelyX U100 fotoativado de modo convencional. Tais resultados estão de acordo com os de Garcia, Reis e Gianini (12), que investigaram a influência do modo de ativação de cimentos resinosos duais na resistência de união e constataram que, para todos os cimentos testados, a ativação dual (física e química) resultou em valores maiores de resistência de união do que a dos grupos com ativação somente química, inclusive o RelyX ARC. Os autores concluíram que maiores valores de resistência de união são obtidos quando os cimentos são utilizados com dupla ativação.

A efetividade da dupla ativação dos cimentos resinosos, em relação à ativação somente química, também foi observada em outros testes mecânicos, como no estudo de Valentino et al. (13), que investigaram a influência de composições de cerâmica no número de dureza Knoop (KHN), imediatamente e 24 hs após a polimerização, e o efeito de modos de ativação na KHN de um cimento resinoso. De acordo com esse estudo, a ativação direta (sem discos de cerâmica) do cimento resinoso apresentou maiores KHN que a ativação através das cerâmicas ou que a ativação somente química, para ambos os tempos testados, imediatamente e após 24hs.

Dentre as possibilidades para explicar a superioridade dos valores de resistência de união dos cimentos resinosos com cura dual em relação à ativação somente química, destaca-se o fato desses cimentos associarem vantagens dos materiais ativados quimicamente com os de ativação por luz, assegurando o maior grau de conversão do material. A

ativação química visa garantir a polimerização nas regiões mais profundas, onde a intensidade de luz atingida seja insuficiente, enquanto a fotoativação propicia a rápida estabilização da restauração. Dessa forma, esses cimentos são capazes de atingir um alto grau de conversão quer na ausência ou presença de luz (5), garantindo boas propriedades mecânicas.

Os resultados deste estudo também revelaram superioridade dos valores de resistência de união do cimento RelyX U100 fotoativado do modo convencional em comparação ao cimento RelyX ARC fotoativado da mesma forma. Tais resultados contradizem o estudo de Zicari et al. (8), que avaliaram a resistência de união e a capacidade de selamento de cinco cimentos resinosos rotineiramente utilizados para cimentação de pinos, não tendo sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de resistência de união do cimento auto-adesivo RelyX Unicem quando comparado aos cimentos convencionais Variolink e Panavia 21.

Por outro lado, no estudo de Bitter et al. (14) foi observada similaridade com o presente estudo ao investigarem o efeitos dos diferentes agentes de união e da termociclagem na resistência de união, sob *push - out*. Os autores registraram valores superiores de resistência de união do cimento auto-adesivo RelyX Unicem, em comparação aos convencionais Variolink II, Panavia 21, Multilink, PermaFlo DC e Clearfil Core.

Uma provável explicação para os maiores valores de resistência de união terem sido registrados para o Grupo do cimento RelyX U 100 em comparação ao grupo do cimento ARC, para o mesmo método de ativação, pode ser atribuído ao mecanismo de adesão dessa nova classe de cimentos. O material se une à estrutura dental através de retenção micromecânica e adesão química à hidroxiapatita (8). O cimento possui componentes resinosos e partículas de fluorossilicato, sendo que o mecanismo de união com a dentina ocorre também através da reação química do grupamento fosfato do monômero de éster metacrilato com o cálcio do substrato. Na reação química, existe um equilíbrio iônico entre o radical fosfato e o cálcio, sendo a presença do hidróxido de cálcio na composição é importante para a liberação de grupamentos hidroxila (OH), que quebram o equilíbrio iônico e formam água para a ionização do grupo fosfato, permitindo a reação com o cálcio, semelhante ao que ocorre no ionômero de vidro (15).

Além disso, o cimento possui melhor tolerância à umidade, fato positivo, visto que o controle da umidade no interior do canal é dificultado devido ao acesso e à visibilidade do mesmo, interferindo nos

procedimentos de adesão (8). Associa-se, ainda, a facilidade de aplicação, pois não requer a aplicação do ácido e do sistema adesivo, diminuindo os inconvenientes relacionados ao uso desses produtos no interior do canal.

Dentre os objetivos deste estudo, foi testada a hipótese de que modulação da intensidade de energia luminosa poderia influenciar nos valores de resistência de união. Pois, devido à dificuldade de controle do fator C no interior de condutos radiculares, têm sido propostos diferentes métodos de fotoativação na tentativa de atenuar o estresse gerado durante o processo de contração de polimerização e seus efeitos adversos, destacando-se as técnicas *soft-start* e pulso tardio. O efeito da modulação da intensidade de fotoativação sobre determinadas propriedades dos compósitos foi observado no estudo de Ilie, Jelen e Hickel (16). O objetivo desse estudo foi investigar a relação entre o grau de cura, tensão de contração, e propriedades micro-mecânicas de um compósito micro-híbrido e, ainda, selecionar os protocolos de fotoativação que são capazes de reduzir o estresse de contração e, ao mesmo tempo, manter boas características mecânicas e um alto grau de cura. Os autores concluíram que a técnica de fotoativação *soft-start* apresentou vantagens em comparação à fotoativação convencional, e é válida para cavidades pouco profundas (2mm), uma vez que proporcionou uma reação de polimerização em um ritmo mais lento, prolongando o ponto gel, além de promover baixa contração de estresse, mantendo-se o grau de cura e boas propriedades mecânicas constantes.

Diferente da técnica *soft-start*, a técnica do pulso tardio, idealizada por Kanca e Suh (17), consiste na modulação da fotoativação, inicialmente com baixa intensidade, seguido por um período de espera de 3 a 5 minutos e uma cura final com alta intensidade. A lógica é que a reação de polimerização poderia ocorrer em um ritmo mais lento, prolongando o ponto gel e proporcionando ao material oportunidade de se acomodar, compensando as alterações dimensionais por meio do escoamento e reduzindo, assim, a formação de estresse.

A superioridade do método de pulso tardio em relação à técnica de *soft-start* foi comprovada no estudo de Dall Magro et al. (18). Os autores avaliaram a resistência de união, sob *push-out*, da resina composta utilizando diferentes protocolos de fotoativação, envolvendo a técnica *soft-start* e pulso tardio. Concluíram que os grupos fotoativados pelo método pulso tardio (exceto para os grupos P2 e P15) apresentaram resistência de união significativamente superior à do método *soft-start*.

Em contraste com as expectativas teóricas, neste estudo o método do pulso tardio não promoveu melhora estaticamente

significativa na resistência de união, dentro de cada grupo, ao se comparar com o fotoativação convencional. Resultado diferente foi revelado no estudo de Dall Magro et al. (19), que avaliaram a resistência de união e a dureza Knoop de um compósito resinoso, utilizando diferentes protocolos de fotoativação. Para o teste de resistência de união, o grupo CL (modo contínuo-baixa intensidade) e o Grupo P 5 (fotoativação por pulso tardio) apresentaram maiores valores de resistência de união que os demais grupos. Poucos estudos que correlacionam as técnicas de modulação da intensidade de fotoativação com a resistência de união foram encontrados na literatura disponível, o que dificulta a comparação dos dados.

Com relação à comparação da resistência de união entre diferentes terços radiculares, no presente estudo não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas na resistência de união à dentina nos diferentes terços radiculares, dentro de cada grupo. Resultado semelhante foi observado no estudo de Zicari et al. (8), que avaliaram a resistência de união e a capacidade de selamento de cinco cimentos rotineiramente utilizados para cimentação de pinos endodônticos. A hipótese testada de que a resistência de união e a capacidade de selamento não variam entre os terços radiculares foi validada pelos autores.

Por outro lado, o estudo de Silva et al. (20), que avaliaram a influência do modo de aplicação do adesivo e do tipo de pino translúcido selecionado, contradiz tais resultados. No trabalho citado, foi observado que, independente do tipo de pino selecionado, o terço apical apresentou menores valores de resistência de união em comparação com os demais terços radiculares. Os autores sugeriram que os resultados obtidos se devem ao fato de que no terço apical tanto o controle da umidade quanto o acesso da luz para fotoativação são dificultados, logo baixos valores são esperados.

Os resultados controversos encontrados na literatura parecem sugerir que o processo de cimentação dos pinos no interior do canal é um procedimento complexo e susceptível a diversas variáveis. Por exemplo, neste estudo, supõe-se que a ausência de diferenças estatísticas entre os terços tenha ocorrido em virtude da seleção de um pino totalmente cilíndrico, que permitiu uniformidade do preparo ao longo de todo o canal, e conseqüentemente, da espessura do cimento. A translucidez do pino também pode ter contribuído para garantir que a luz atingisse toda a extensão do canal, inclusive no terço apical. Outra possível justificativa para divergência de resultados em contraste com a literatura se deve a o fato de que outras variáveis possam ter interferido,

como por exemplo, o tipo de cimento e a técnica de ativação selecionada.

Pode-se considerar como limitação deste estudo o fato de não ter sido realizado a análise do padrão de fratura dos espécimes. Tal limitação deve-se ao fato da quantidade de amostras obtidas e em virtude do custo financeiro necessário para visualização em microscopia eletrônica de varredura.

Face ao exposto, sugere-se que mais estudos, inclusive clínicos, sejam conduzidos a fim de se confirmar ou não os resultados aqui obtidos.

## REFERÊNCIAS

1. Diaz - Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 135-134.
2. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med. Oral Patol. Cir. Bucal* 2008; 13: 214-221.
3. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 1022-1028.
4. Li ZC, White S. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 597-609.
5. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 257-262.
6. Cunha LG, Alonso RCB, Pfeifer CSC, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MAC. Modulated photoactivation methods: influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite. *Dent Mater* 2007; 35: 318-24.
7. Brandt WC, Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC, Consani S. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. *Dent Mater* 2008; 24: 846-850.



8. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Meerbeek BV. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008; 24:967-77.

9. Kremier K, Fasen L, Klaiber B, Hofman N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dent Mater* 2008 24: 660-666.

10. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater* 2001; 17: 422-429.

11. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M . The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 353-361.

12. Garcia, R N, Reis AF, Giannini M. Effect of activation mode of dual-cured resin cements and low-viscosity compoate liners on bond strength to dentin. *Dent Mater* 2007; 25: 564-569.

13. Valentino TA, Borges GA, Borges LH, Vishal J, Martins LRM, Correr-Sobrinho L. Dual resin cement knoop hardness after different activation modes through dental ceramics. *Braz Dent J* 2010; 21: 104-110.

14. Bitter K, Lueckel M, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumam K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentin. *Int Endo J* 2006; 39: 809-818.

15. Garcia RN, Takagaki T, Nikaido T, Tagami J, Gianini M. Avaliação da resistência de união à dentina de um compósito indireto fixado com diferentes técnicas e cimentos resinosos. *RPG* 2008; 15: 91-96.

16. Ilie N, Jelen E, Hickel R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units. *Clin Oral Invest* 2011; 15: 21-29.

17. Kanca J, Suh B. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 1999;12: 107-112.

18. Dall Magro E, Correr AB, Costa AR, Correr GM, Consani LX, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC. Effect of different photoactivation techniques on the bond strength of a dental composite. *Braz Dent J* 2010; 21: 220-224.

19. Dall Magro E, Sinhoreti MAC, Correr AB, Consani RLX, Sicoli EA, Mendonça MJ, Correr-Sobrinho L. Effect of different modes of light modulation on the Bond strength and knoop hardness of dental composite. *Braz Dent J* 2008; 19: 334-340.

20. Silva AL, Casselli DSM, Ambrosano GMB, Martins LRM. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. *J Endod* 2007; 33: 1078-1081.

## TABELAS

Tabela 1- Nome comercial, fabricante e números dos lotes dos materiais utilizados neste estudo, com respectivas classificações e composições.

Nome comercial, fabricante e nº do lote	Classificação	Composição*
RelyX U 100 (3M ESPE, Seefeld, Alemanha). Lote:366321	Cimento resinoso auto-adesivo de presa dual.	Pó: pó de vidro, iniciador, sílica, pirimidina substituída, hidróxido de cálcio, componente peróxido pigmento. Líquido: éster, dimetacrilato, estabilizador, iniciadores de presa química e dual.
RelyX ARC (3M Center, St. Paul, MN/ EUA). Lote: FEFR	Cimento resinoso de presa dual.	Pasta A – Bis-GMA, TEGDMA, pigmentos, carga de sílica/zircônia, polímero dimetacrilato, amina e fotoiniciador. Pasta B – peróxido de benzoíla.
ParaPost Fiber Lux (Coltène Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, EUA). Lote: 05318-01	Pino intra-radicular de fibra de vidro, translúcido, cilíndrico.	60% de fibra de vidro 40% de resina
Adper Single Bond 2 (3M ESPE, Irvine, Califórnia, EUA). Lote: 8 RW	Adesivo convencional de 2 passos, fotopolimerizável.	Água, etanol, HEMA, Bis-GMA, dimetacrilatos, sistemas fotoiniciadores, metacrilato funcional de copolímeros do ácido poliacrílico, poli-itacônico e polialquenóico.
Ácido fosfórico 35% (Coltène Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, USA). Lote: 0126170	Agente condicionante	Ácido fosfórico 35%

\*Segundo informações dos fabricantes

Tabela 2: Valores médios de resistência de união (MPa), com os respectivos desvios padrão, para cada tipo de cimento e método de ativação.

Técnica de Ativação	Cimento	
	RelyX U 100	RelyX ARC
	Média (DP) *	Média (DP) *
Fotoativação Convencional	14,74 (4,47) Aa	10,37 (3,46) ABb
Fotoativação por Pulso Tardio	13,40 (1,55) ABa	12,88 (3,97) Aa
Ativação Química	9,75 (3,10) Ba	7,83 (2,09) Ba

\* Desvio padrão

Letras maiúsculas distintas em uma mesma coluna e minúsculas distintas em uma mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa, pelo de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## LEGENDAS DAS FIGURAS

Figura 1- Teste de *push-out*.

Figura 2- Gráfico representando os valores de resistência de união dos diferentes grupos.

## FIGURAS



Figura 1

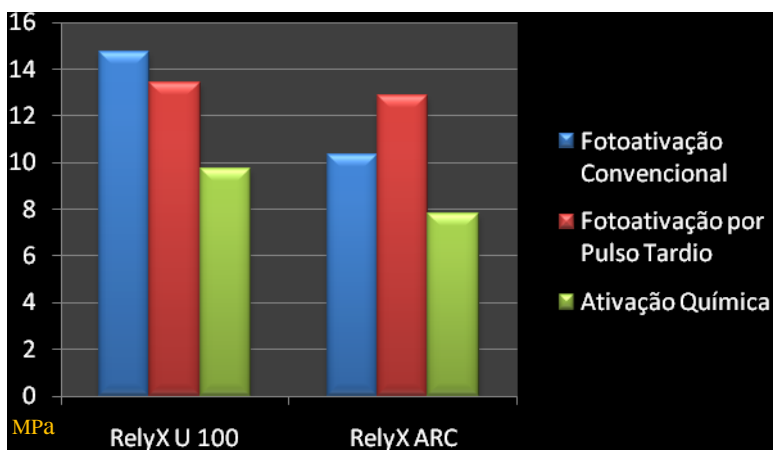


Figura 2

Title: Bond strength of fiber posts cemented with different materials and activation techniques to root dentin.

Short title: Bond strength of posts cemented.

Authors: MATTEI, Fabiana Paladini; PRATES, Luiz Henrique Maykot;

CHAIN, Marcelo Carvalho.

Department of Dentistry, Discipline of Dental Materials – UFSC -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil.

Correspondence:

Fabiana Paladini Mattei

Douglas Seabra Levier, 163, Bl. A, AP. 306 – Carvoeira

Florianópolis/Santa Catarina/Brasil – CEP: 88040-410

Telefone: +55 (48) 99531272

e-mail: Fabimattei@hotmail.com

## SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the influence of activation methods (chemical, conventional photoactivation and pulse-delay) of a self adhesive and a total etch resin cement over the bond strength of fiber posts to root dentin, with push-out test . After removing the crown portion, all the teeth were endodontically treated and the dowel spaces were prepared with specific drills for posts. The teeth were distributed in 6 groups (n=10), according to the cement and activation methods used. The specimens were sectioned to 6 slices of 1mm, 2 slices for each third root. The push-out test was conducted at a speed of 0.5mm/min. The data were submitted to ANOVA 2 and the Tukey test. The RelyX U 100 cement showed, numerically, higher bond strength than RelyX ARC cement in all activation methods, but statistical

significance was observed only with the conventional photoactivation ( $p < 0,05$ ). With RelyX ARC cement, chemical activation showed lesser bond strength value than pulse-delay. With RelyX U 100 cement, chemical activation showed lesser bond strength value than conventional photoactivation. The pulse-delay activation didn't promote greater bond strength values when compared to conventional photoactivation to the same cement group.

**Key Words:** resin cement, fiber posts, root canal, bond strength.



## INTRODUCTION

The clinical success of a restorative treatment on the cementation of posts depends on some factors such as the cement type and cementation technique used, which are responsible for the interaction between the restoration and the tooth. Among the available materials for prosthetic parts cementation, highlight: zinc phosphate cement, ionomer cements, resin modified glass-ionomer cements and resin composite cements (1).

The last one is often used fiber reinforced posts combined to an adhesive materials (luting cement and restorative material), can form a mechanically homogeneous structure with the remaining root (2).

Resin cements show superior retention, greater resistance to fractures (3), along with greater diametral tensile strength, flexural strength and compressive strength, when compared to other conventional materials used in cementation (4).

Regarding activation mode, the resin cements can be divided into: chemically activated (self-cured), photoactivated and dual activation, called dual-cured, that involve both chemical and physical activation (5). These cements are, nowadays, the elected for intra-root posts cementation (3) once they allow an adequate work time (5) and polymerization in places of difficult access to light (3), such as the apical region of the root canal, overcoming the inconveniences of single chemical or light activated cements.

It is known that proper polymerization of the cementation agent is essential for stability and also prime to obtain good mechanical properties that clinically guarantee retention (3). Given this, there is great number of studies correlating the activation method of resin cements to the mechanical properties and to the degree of monomeric conversion of those.

Being so, Cunha (6) have evaluated the influence of four curing methods on contraction stress, stress rate, and degree of conversion (DC) of a restorative composite and on bond strength of composite restoratives. The tested curing methods were: continuous light (CL), soft-start (SS), and two pulse-delay methods using different initial irradiances: 150mW/cm<sup>2</sup> (PD 150) and 80mW/cm<sup>2</sup> (PD 80). The authors have concluded that modulated curing methods were shown to be effective in reducing contraction stress rate and improving the strength of the bonded interface, and without compromising the DC of the restorative composite.

On the other hand, Brandt (7), have investigated the effect of different photoactivation methods on the bond strength, hardness and cross-link density (CLD) of a restorative composite. Thus, the tested photoactivation methods were: high- intensity continuous (HIC), low - intensity continuous (LIC), soft-start (SS) and pulse-delay (PD). The results revealed that different activation methods can interfere with push out force, hardness and cross-link density of composite restorations. The pulse-delay and the soft-start methods yielded higher push out force to the cavity walls, but with increased susceptibility to softening.

In view of the above and considering the lack of information related to the effect of different resin cement activation methods applied to the root dentin, it becomes unquestionable the need of studies that intend to evaluate the bond strength of fiber posts cemented through different activation methods to the mentioned substrate. Therefore, the aim of this study was to evaluate, *in vitro*, the influence of activation methods (chemical, conventional photoactivation and pulse delay) of a self adhesive and a total etch resin cement over the bond strength with push-out test.

## MATERIALS AND METHOD

The materials used in the present study, with their compositions, characteristics and lot numbers, are described on table 1.

### Selection and Preparation of Specimens

Sixty healthy human premolars were selected and stored in a 0,5% solution of chloramines-T, for no more than three months.

The anatomic crowns of all teeth were removed 1 mm above the cement-enamel junction using a diamond saw (Isomet 1000, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA), water refrigerated, at low speed. Root length was standardized in 16 mm  $\pm$  1mm. Afterwards, the endodontic treatment was performed. The work length was established at 1 mm short of the apical foramen. The canal instrumentation was manually made by the step-back technique (apical-coronal) with endodontic K-files (Dentsply Maillefer, Ballalgues, Switzerland). The apical stop was enlarged up to # 35 file and the canals prepared till # 60 file. During preparation the canals were irrigated with 2 ml of 1% sodium hypochlorite at each change of instrument. A final flush was performed with 2 ml of distilled water.

The root canals were then dried with paper points (Dentsply Maillefer, Ballalgues, Switzerland), and obturated thru lateral condensation technique with digital spreaders, using a gutta-percha master cone and B7, B8 accessory cones with calcium hydroxide based cement Sealer 26 (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brazil). The root access was temporarily filled with temporary restorative cement (Citodur; Septodont, Switzerland). The specimens were stored in 100% relative humidity at 37°C, for seven days.

### Post luting procedures

After seven days, the gutta-percha material was removed from the root canal to a depth of 12mm using Largo No 3 drill and post space was then prepared with specific burs supplied with the Parapost Fiber Lux system, maintaining 3-5mm of filling material in the apical third.

The roots were embedded in condensation silicon (Perfil, Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) contained in PVC tubes so that only the crown surfaces remained exposed.

The resin cements and the adhesive were photoactivated with the Radii-Cal (SDI- North America, Bensenville, USA) equipment and measured with the Radiometer by Demetron (Kerr - West Collins Orange, CA, USA). To determine the required photoactivation intensity, plastic spreaders were made. Different curing times were used in order to maintain a total radiant exposure of 24 J/cm<sup>3</sup> for all groups.

Previously to the adhesive procedure, the posts were cleaned with absolute alcohol for 30 seconds and dried with air.

Being each root canal clean and dry, the adhesive procedures and, later, the posts cementation were made. For that, the 60 specimens were randomly divided into 6 groups (n=10) according to the type and activation method of the resin cement used, as follows:

Group 1: The root dentin was conditioned with 37% phosphoric acid for 15 seconds and then washed with distilled water for 30 seconds with an irrigation syringe (Luer). After that, the water excess was removed with a slight air jet of a triple syringe and the drying realized with paper cone, with the attention of keeping the dentin slightly humid. Afterwards, the adhesive system was applied, according to the manufacturer indications, and photo-activated for 10 seconds with 500mW/cm<sup>2</sup> intensity. For the post cementation, equal quantities of mix base paste and RelyX ARC resin cement catalyst were dispensed on a glass plate and mixed for 10 seconds. After tooling, the cement was inserted in the root canal with a lentulo spiral, not trigger it. Then the

post, also with cement applied on it, was centered inside de canal and pressed for 10 seconds, being the cement excess removed with an insert spatula. The resin cement photoactivation was held for 40 seconds at  $600 \text{ mW/cm}^2$  intensity in the occluded-apical way, that is, with the Ledtip positioned at the canal entrance.

Group 2: The same steps described for Group 1 were took, but differently, after the post was inserted in the canal, only the chemical activation of the cement was made, that is, it was not photoactivated.

Group 3: The root surface treatment, adhesive system application and post cementation were made as described for groups 1 and 2, however the resin cement was photoactivated, at first, for 6 seconds at  $200 \text{ mW/cm}^2$ . Then, 4 minutes after the first photoactivation, a second pulse was performed, for 57 seconds at  $400 \text{ mW/cm}^2$ .

Group 4: In this group, self-adhesive cement was used. Therefore, after canal preparation to cement the post, no other previous procedure was performed in the canal conduct regarding acid conditioning or adhesive application. So, the canal was washed with water jet and then dried with a slight air jet and paper cones. For post cementation, equal quantities of mix base paste and Rely X U 100 resin cement catalyst were dispensed on a glass plate and mixed for 10 seconds. After tooling, the cement was inserted in the root canal with a lentulo spiral, not trigger it. Next, the post applied with cement was inserted centered in the root canal and pressed for 10 seconds. The cement excess was removed with an insert spatula. The resin cement photoactivation was held for 40 seconds at  $600 \text{ mW/cm}^2$  intensity in the occluded-apical way, that is, with the Led tip positioned at the canal entrance.

Group 5: The protocol for this group was the same of Group 4, however, after the post insertion in the canal, only the chemical cement activation was performed, that is, the cement was not photoactivated.

Group 6: The same steps described for groups 4 and 5 were taken for this group. However, the resin cement was photoactivated, initially for 6 seconds at  $200 \text{ mW/cm}^2$  intensity. Elapsed 4 minutes from the first photoactivation, a second pulse was performed, for 57 seconds at  $400 \text{ mW/cm}^2$  intensity.

For all groups, immediately after the posts fixation, all specimens were stored in distilled water at  $37^\circ \text{ C}$  for 7 days.

### Samples preparation and push-out test

The specimens were fixed in acrylic resin bases keeping the long axis parallel to the surface. Following the proceedings, transversal sections were made perpendicular to the long axis of the roots with a water cooled diamond saw at 250 rpm. The first slice, referring to the crown portion, was discarded. A total of 6 slices were obtained, all with 1mm thickness, being two for each third (coronal, middle and apical).

For the test execution, two stainless steel devices were adapted to the test machine (Instron 4444, Canton, MA, USA). In the upper part a metallic shaft with an active point of 0,6 mm was fixed and in the lower part, was fixed an oval metal base with an orifice of about 2,5 mm diameter on its central region. The samples were positioned in such a way that the cervical surface was facing the base of the device while the region in which the post was, remained positioned over the metal base orifice.

A compression force was applied in vertical direction at constant speed of 0,5 mm/min until post displacement (Figure 1).

Once the force value was registered in kilonewton (KN), it was converted into Newton (N) and then converted into megapascal (MPa) by dividing the newton (N) value by the adhesion area (A) in square millimeters (mm<sup>2</sup>).

The internal adhesion area (A) was calculated taking the post diameter and the thickness of the root section, according to the following equation:

$$A = 2\pi \times r \times h$$

In which:

$\pi = 3,1416$  (constant);

r = post radius;

h = height of the root section (thickness).

Initially, the cement used and the activation technique were considered as independent variables. In order to verify the statistical differences between the bond strength values achieved by the two cements and the three activation techniques it was used the analysis of variance (ANOVA 2) and the Tukey test ( $p < 0,05$ ).

Afterwards, the analysis of variance and the Tukey test ( $p < 0,05$ ) were conducted to verify if there were statistical differences between the different root thirds (coronal, middle and apical).

## RESULTS

The average bond strength values of each group are described on table 2. A graphic representation of the average bond strength values for each group is presented on Figure 2.

The RelyX U 100 cement (groups 4, 5 and 6) showed, numerically, stronger bond strength than the RelyX ARC cement for all activation techniques, although statistical significance was only observed for the conventional photo-activation ( $p=0,046360$ ).

For the RelyX ARC cement, the chemical activation showed lesser bond strength value, statistically significant when compared to the pulse-delay activation ( $p=0,013239$ ). For the RelyX U 100 cement, the chemical activation showed lesser bond strength value, statistically significant when compared to the conventional photo-activation ( $p=0,018318$ ).

Regarding the pulse-delay technique, the ANOVA and Tukey test did not show any statistical differences to the conventional photo-activation technique for the same cement ( $p>0,05$ ).

The results, subjected to ANOVA, also showed no statistical differences between the bond strength values of the various root thirds, inside each group ( $p>0,05$ ).

## DISCUSSION

Recently, some types of posts have been developed for restorative treatment of endodontically treated teeth, including those reinforced with quartz and glass, white or translucent, to be used in situations in which aesthetics are required (2,8). These posts present some properties that justify they use, such as elastic modulus similar to that of the dentin, what allows a better stress distribution and, consequently, root fracture risk reduction (5). They also have chemical characteristics compatible to those of the Bis-GMA monomer, commonly used in resin fixation systems (10).

Once the objective of the post is to promote additional retention to the crown restoration, it becomes essential a good bond between the post and the dental structure. Therefore, there are some studies that have evaluated certain variables that could influence root posts cementation.

Given these considerations, it is defensible the execution of the present study that tried to evaluate the influence of the various activation methods (chemical, conventional photoactivation, pulse-delay) on the bond strength a self adhesive and a total etch resin cement, in order to compare the results. For such evaluation, uncountable mechanical tests can be performed, like microtensile, pull-out or push-out. For this study,

the extrusion shear test (push-out) was chosen for it allows measurement of the bond strength of posts cemented in different root dentin levels, besides being more efficient and reliable when compared to the microtensile test (11).

It is essential to highlight that for this study was selected the self-adhesive resin cement Rely X U100 which is, according to the manufacturer, different from RelyX Unicem solely in the commercial presentation and handling form, being the first presented in tube and requiring manual handling, as does RelyX ARC, also chosen for this study. Being so, possible variables regarding handling that could interfere in the results were discarded.

In this study were observed similarities and differences between the groups, some of them highlight below. Initially was observed that conventionally activated RelyX ARC cement has presented greater bond strength values when compared to chemically activated RelyX ARC, however, no statistical significant differences have occurred between this two groups. Nevertheless, statistical lesser values were observed for the chemically activated RelyX ARC cement when compared to RelyX ARC photoactivated by pulse-delay. The same was observed between chemically activated RelyX U 100 and conventionally photoactivated RelyX U 100. Such results are in accordance with the results of Garcia, Reis e Gianini (12) , who have investigated the influence of dual-cured cements activation methods in the bond strength and concluded that, for all tested cements, the dual activation (physical and chemical) resulted in greater bond strength values than the values from groups with chemical activation alone, including the RelyX ARC. The authors concluded that greater bond strength is obtained when cements are use with dual activation.

The effectiveness of dual activation in resin cements, compared to the chemical activation alone, was also observed in other mechanical tests, as in the study by Valentino et al. (13), who have investigated the influence of ceramic compositions on Knoop Hardness Number (KHN) immediately and 24 h after polymerization and the effect of activation modes on the KHN of a resin cement. According to this study, the direct activation (without ceramic discs) showed higher KHN than activation through ceramics and chemical activation or both immediate and 24-h post activation.

Among the possibilities to explain the superiority of bond strength values of the dual-cured resin cement when compared to chemical activation alone, stands out the fact that these cements associate advantages from the chemical activated materials and the

photoactivated ones, providing the greatest degree of material conversion. The chemical activation aims to ensure polymerization of deeper regions, where the achieved light intensity is insufficient, while the photoactivation provides the rapid stabilization of the restoration. Thus, the cements can achieve a high degree of conversion in or out the presence of light (5), and guarantee good mechanical properties.

The results of this study also showed superiority of the bond strength values for conventionally photoactivated RelyX U100 cement when compared RelyX ARC activated in the same way. These results contradict the study by Zicari et al. (8), who have evaluated the push-out bond strength and the sealing ability of five adhesive cements routinely used for fiber-post bonding, having not been observed statistically significant differences between the bond strength values of RelyX Unicem self-adhesive cement when compared to the conventional cements Variolink and Panavia 21.

On the other hand, in the study by Bitter et al. (14) it was observed similarity with the present study when investigating the effects of luting agent and thermocycling on bond strength to root canal dentine. The authors registered superior bond strength values of the self-adhesive cement RelyX Unicem, when compared to the conventional Variolink II, Panavia 21, Multilink, PermaFlo DC and Clearfil Core.

A probable explanation for the greater bond strength values registered in the RelyX U 100 group in comparison to the ARC cement group, for the same activation method, may be attributed to the adhesion mechanism of the new class of cements. The material bonds to the dental structure through the micro-mechanic retention and chemical adhesion to the hydroxyapatite (8). The cement has resin components and fluoroaluminosilicate particles and the bond mechanism with the dentin also happens through chemical reaction of the phosphate group in the methacrylate ester with the calcium in the substrate. In the chemical reaction, there is an ionic balance between the phosphate radical and the calcium, being important the presence of calcium hydroxide in the composition for the release of hydroxyl groups (OH) that break the ionic balance and produce water to ionize the phosphate group, allowing the reaction with calcium, similar to what happens in the glass ionomer (15).

Besides, the cement has the better tolerance to humidity, positive fact, once the humidity control inside the canal is difficult due to the access and visibility of it, interfering in the adhesion processes (8). It adds up the ease of application for it does not require acid



application or adhesive system, diminishing the disadvantages related to the use of these products inside the canal.

Along with the objective of this study, it was tested the hypothesis that the modulated photoactivation methods could influence de bond strength values for, due to the difficult in controlling the C factor inside root canals, different photoactivation methods have been proposed in the attempt to reduce the stress generated during the polymerization contraction process and its adverse effects, standing out the soft-start and pulse-delay techniques.

The effect of photoactivation modulation on specific composite properties was observed by Ilie, Jelen and Hickel (16). The purpose of this study was to quantify this relations for a micro-hybrid composite, by analysing in real time the development of degree of cure at depths of 2 and 6 mm, shrinkage stress and curing time until gelation, as well as the variation of micro-mechanical properties with depth, after curing with 13 regimes of one halogen and two light-emitting diode (LED) curing units. The authors concluded that the soft-start photoactivation technique showed advantages when compared to the conventional photoactivation and it is valid for shallow cavities (2mm), once it provided polymerization reaction in a slower pace, prolonging the gel point, and promoted small shrinkage stress, maintaining the degree of cure and good constant mechanical properties.

Differently from soft-start technique, the pulse-delay technique, idealized by Kanca and Suh (17), consists in photoactivation modulation, initially at low intensity, followed by a waiting period of 3 to 5 minutes and a final cure at high intensity. The logic is that the polymerization reaction could occur at a slower pace, prolonging the gel point and providing the opportunity to accommodate material, compensating for dimensional changes through the flow and thus reducing the formation of stress.

The superiority of the pulse-delay when compared to the soft-start technique was proved in the study by Dall Magro et al. (18). The authors evaluated the bond strength of a composite resin photoactivated using soft-start and pulse-delay modes, with different initial light exposure times during the first photoactivation cycle. They concluded that groups photoactivated with the pulse-delay mode (except for groups P2 and P15) presented significantly higher bond strength than those photoactivated with the soft-start.

In opposition to the theoretical expectations, in this study the pulse-delay method did not promote statistically significant improve in the bond strength, inside each group, when compared to the

conventional photoactivation. A different result was revealed in the study by Dall Magro et al. (19), who have evaluated the bond strength and the Knoop hardness of a resin composite using different activation protocols. For the bond strength test, continuous mode, with low intensity and a group with pulse-delay activation presented greater bond strength values than other groups. Few studies that correlate the photo-activation modulation techniques to the bond strength were found in the available literature, what makes difficult to compare data.

Regarding the bond strength comparison between different root thirds, in the present study, no statistically significant differences have been found in the bond strength to the dentin in the different root thirds, inside each group. Similar result was observed in the study by Zicari et al. (8), who have evaluated the bond strength and the sealing ability of five cements often used in endodontic posts cementation. The hypotheses that the bond strength and sealing capacities do not differ between the root thirds was validated by the authors.

On the other hand, the study by Silva et al. (20), who have evaluated the effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin, contradicts such results. In the mentioned work, it was observed that, independent of the selected post, the apical third presented lesser bond strength values when compared to the other root thirds. The authors suggested that the results obtained were due to the fact that in the apical third both the humidity control and the light access for photo-activation are difficult, therefore, low values are to be expected.

The controversial results found in the literature seem to suggest that the post cementation process inside the canal is a complex procedure, susceptible to many variables. For instance, in this study, it is assumed that the absence of statistical differences between the root thirds has occurred due to the selection of a totally cylindrical post that permitted uniformity of the preparation throughout the canal, and consequently, of the cement thickness. The translucency of the post may also have contributed to guarantee that the light would reach all the extent of the canal, including the apical third. Another possible justification for the diverging results from the literature is the fact that other variables may have interfered, such as, the type of cement and the activation technique selected.

In face of the exposed, it is suggested that further studies including clinical trials are conducted in order to confirm or refute our findings.

## RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência dos métodos de ativação (química, fotoativação convencional e pulso tardio) de um cimento resinoso auto – adesivo e outro com condicionamento ácido total, sobre a resistência de união, sob *push-out*, de pinos de fibra fixados na dentina radicular. As coroas de 60 pré-molares humanos foram cortados, sendo o remanescente radicular padronizado em  $16\text{mm} \pm 1\text{mm}$ . Os dentes foram tratados endodonticamente e os condutos preparados com brocas específicas para cimentação dos pinos. Os dentes foram distribuídos em 6 grupos ( $n=10$ ), de acordo com o cimento utilizado e o método de ativação. Decorrido o período de uma semana após cimentação dos pinos, as raízes foram seccionadas em 6 fatias de 1 mm, sendo 2 fatias referentes a cada terço radicular. Realizou-se o teste *push-out* em uma velocidade de  $0,5\text{mm/min}$ . Os dados foram submetidos à ANOVA 2 e teste de Tukey. O cimento RelyX U 100 apresentou, numericamente, maior resistência de união que o cimento RelyX ARC, em todas as técnicas de ativação porém, foi observada significância estatística apenas na fotoativação convencional ( $p<0,05$ ). No cimento RelyX ARC a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a ativação por pulso tardio. No cimento RelyX U 100 a ativação química apresentou menor valor de resistência de união que a fotoativação convencional. A técnica de fotoativação por pulso tardio não promoveu maiores valores de resistência de união em comparação à fotoativação convencional, dentro do mesmo grupo de cimento.

## REFERENCES

1. Diaz - Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 135-134.
2. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med. Oral Patol. Cir. Bucal* 2008; 13: 214-221.
3. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 1022-1028.
4. Li ZC, White S. Mechanical properties of dental luting cements. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 597-609.
5. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 257-262.
6. Cunha LG, Alonso RCB, Pfeifer CSC, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MAC. Modulated photoactivation methods: influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite. *Dent Mater* 2007; 35: 318-24.
7. Brandt WC, Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC, Consani S. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. *Dent Mater* 2008; 24: 846-850.
8. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Meerbeek BV. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008; 24:967-77.
9. Kremier K, Fasen L, Klaiber B, Hofman N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dent Mater* 2008 24: 660-666.

10. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater* 2001; 17: 422-429.

11. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 353-361.

12. Garcia, R N, Reis AF, Giannini M. Effect of activation mode of dual-cured resin cements and low-viscosity composite liners on bond strength to dentin. *Dent Mater* 2007; 25: 564-569.

13. Valentino TA, Borges GA, Borges LH, Vishal J, Martins LRM, Correr-Sobrinho L. Dual resin cement Knoop hardness after different activation modes through dental ceramics. *Braz Dent J* 2010; 21: 104-110.

14. Bitter K, Lueckel M, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumam K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentin. *Int Endo J* 2006; 39: 809-818.

15. Garcia RN, Takagaki T, Nikaido T, Tagami J, Gianini M. Avaliação da resistência de união à dentina de um compósito indireto fixado com diferentes técnicas e cimentos resinosos. *RPG* 2008; 15: 91-96.

16. Ilie N, Jelen E, Hickel R. Is the soft-start polymerisation concept still relevant for modern curing units. *Clin Oral Invest* 2011; 15: 21-29.

17. Kanca J, Suh B. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 1999;12: 107-112.

18. Dall Magro E, Correr AB, Costa AR, Correr GM, Consani LX, Correr-Sobrinho L, Sinhorette MAC. Effect of different photoactivation techniques on the bond strength of a dental composite. *Braz Dent J* 2010; 21: 220-224.

19. Dall Magro E, Sinhorette MAC, Correr AB, Consani RLX, Sicoli EA, Mendonça MJ, Correr-Sobrinho L. Effect of different modes of light

modulation on the Bond strength and Knoop hardness of dental composite. *Braz Dent J* 2008; 19: 334-340.

20. Silva AL, Casselli DSM, Ambrosano GMB, Martins LRM. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. *J Endod* 2007; 33: 1078-1081.

## TABLES

Table 1 - Materials used in the experimental procedures, with the respective manufacturer, batch number, classification and composition.

Commercial name, manufacturer and batch number	Classification	Composition*
RelyX U 100 (3M ESPE, Seefeld, Germany). Batch:366321	Self-Adhesive Universal Resin Cement	Powder: glass powder, initiator, silica, substitute pyrimidine, calcium hydroxide, peroxy compound, pigment. Liquid: ester, dimethacrylate, stabilizer, initiator.
RelyX ARC (3M Center, St. Paul, MN/ USA). Batch: FEFR	Adhesive Resin Cement	Paste A – Bis-GMA, TEGDMA, pigment, silica/zircon filler, dimethacrylate polymer, amine and photo-initiator. Paste B – Benzoic peroxide.
ParaPost Fiber Lux 1,25 mm diameter (Coltène-Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, USA). Batch: 05318-01	Cylindrical Translucent Fiber Post.	60% glass fiber 40% resin
Adper Single Bond 2 (3M ESPE, Irvine, California, USA). Batch: 8 RW	Total-etch adhesive.	Water, ethanol, HEMA, Bis-GMA, dimethacrylates, Photo-initiator systems, methacrylate functional copolymer of polyacrylic, polyitaconic and polyalkenoic acids.
Etchant Gel S (Coltène-Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, USA). Batch: 0126170	Conditioning Agent	35% Phosphoric acid

\* According to the manufacturer's information.

Table 2: Average bond strength values (MPa), with standard deviation, for each cement type and activation method.

Activation Technique	Cement	
	RelyX U 100	RelyX ARC
	Average (SD) *	Average (SD) *
Conventional photoactivation	14,74 (4,47) Aa	10,37 (3,46) ABb
Pulse-delay photoactivation	13,40 (1,55) ABa	12,88 (3,97) Aa
Chemical activation	9,75 (3,10) Ba	7,83 (2,09) Ba

\* Standard deviation

Different capital letters in the same column and different lowercase letters in the same line denote statistically significant differences by Tukey test ( $p < 0,05$ ).



## FIGURES LEGENDS

Figure 1- Test push-out

Figure 2- Graph representing the bond strength values of the various groups.

## FIGURES

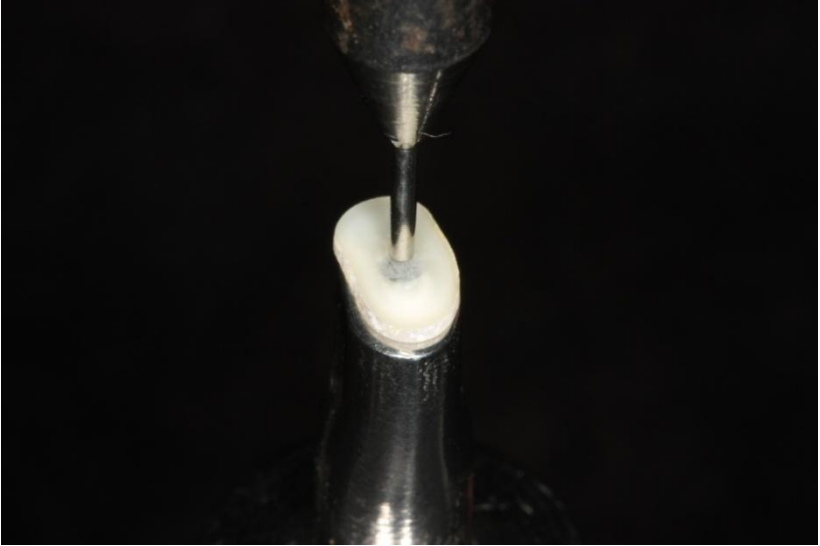


Figure 1

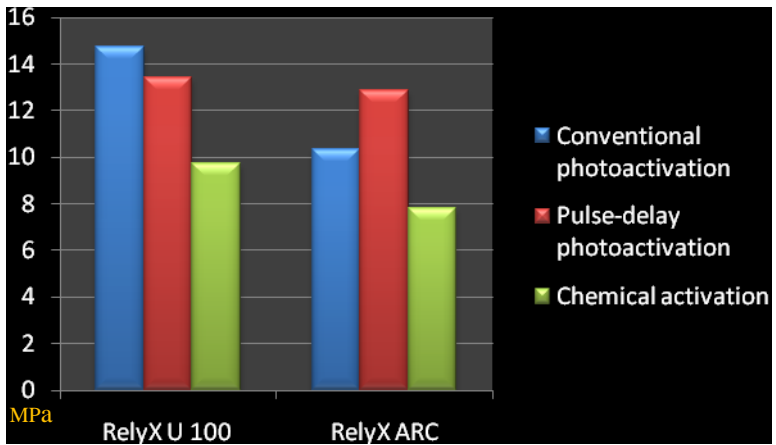


Figure 2

### 3 REFERÊNCIAS

AMUSSEM, E.; PEUTZFELDT, A.; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit and strength of newer types of endodontic posts. **Journal of dentistry**, v. 27, n. , p. 275-8, 1999.

BITTER, K. et al. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. **International Endodontic Journal**, v. 39, n., p. 809-18, 2006.

BRANDT, W. C. et al. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. **Dental Materials**, v. 24, n. 6, p. 846-50, jun. 2008.

BOUILLAGUET, S. et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. **Dental Materials**, v. 19, n. 3, p. 199-205, mai. 2001.

BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 29, n. 3 , p. 257-62, mar. 2002.

CUNHA, L. G. et al. Modulated photoactivation methods: influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite. **Dental Materials**, v.35, p. 318-24, 2007.

D'ARCANGELO, C. et al. Effect of application technique of luting agent on the retention of three types of fiber-reinforced post system. **J O E**, v. 33, n. 11, p. 1378-82, nov. 2007.

DIAZ - ARNOLD, A. M.; VARGAS, M. A.; HASELTON, D. R. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 81, n. 2, p. 135-41, fev. 1999.

DUARTE, S. et al. Microtensile bond strengths and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 100, n. 3, p. 203-10, set. 2008.

- DURET, P. B; REYNAUD, M.; DURET, F. Un nouveau concept de reconstruction corono-radicaire: le composiposte (I). **Chir Dent Fr**, v. 60, n. 54, p. 131-41, nov. 1990.
- FEILZER, A. J.; DE GEE, A. J.; DAVIDSON, C. L. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. **Dental Materials**, v. 6, n. 3, p. 107-12, jul. 1990.
- FERRARI, M., VICHI, A.; GRANDINI, S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. **Dental Materials**, v. 17, n. 5, p. 422-9, set. 2001.
- GORACCI, C. et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. **Eur. J. Oral Sci.**, v. 112, n.4, p. 353-361, Aug. 2004.
- HOFMANN, 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. 12, p. 1022-28, dez. 2001.
- KANCA, J.; SUH, B. Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. **American Journal of Dentistry**, v. 12, n. 3, p. 107-12, jun. 1999.
- KREMIER, K. et al. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. **Dental Materials**, v. 24, n. 5, p. 660-6, mai. 2008.
- LI, Z. C.; WHITE, S. Mechanical properties of dental luting cements. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 81, n. 5, p. 597-609, mai. 1999.
- LU, H. et al. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 94, n. 6, p. 549-54, dez.2005.
- LUO, Y. et al. Comparison of pulse activation vs conventional light-curing on marginal adaptation of a compomer conditioned using a total-etch a self-etch technique. **Dental Materials**, v. 18, n. 1, p. 36-48, jan. 2002.

LU, H. et al. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 94, n. 6, p. 549-54, dez.2005.

MALQUARTI, G.; BERRUET, R. G.; BOIS, D. Prosthetic use of carbon fiber-reinforced epoxy resin for esthetic crowns and fixed partial dentures. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 63, n. 3, p. 251-7, mar. 1990.

MONTICELLI, F.; FERRARI, M.; TOLEDANO, M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. **Med. Oral Patol. Cir. Bucal**, v. 13, n. 3, p. 214-21, mar. 2008.

NOIRIT, E. E.; GRÉGOIRE, G.; COURNOT, M. Morphological study of fiber-reinforced post-bonding system-root dentin interface by evaluation of two bonding systems. **Journal of Dentistry**, v. 36, n. 3, p. 204-13, mar. 2008.

PFEIFER, C.; SIIH, D.; BRAGA, R.R. Compatibility of dental adhesives and dual-cure cements. **Am. J. Dent.**, v. 16, n. 4, p. 235-238, Aug. 2003.

RADOVIC I. et al. Self-adhesive resin cements: a literature review. **Journal Adhesive Dentistry**, v. 10, n. 4, p. 251-8, 2008.

SCHMITTER, et al. Fracture resistance of upper and lower incisors restored with glass fiber reinforced posts. **Journal of Endodontics**, v. 32, n. 4, p. 328-30, abr. 2006.

SILVA, A. L. F., et al. Effect of the composite photoactivation mode on microtensile Bond strength and knoop microhardness. **Dental Materials**, v. 22, n. 3, p. 203-10, mar. 2006.

TAY, F. R. et al. Single –step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength and morphologic evidence. **American Journal of Dentistry**, v. 17, p. 271-8, 2004.

TAY, F. R., et al. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. **J. Adhes. Dent.**, New Maldin, n. 5, p. 91-105, 2003.

TAY, F. R., et al. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. **Journal of Endodontics**, v. 31, n. 8, p. 584-9, agos. 2005.

ZHANG, L. et al. Effect of curing modes of dual-curing luting systems and root regions on retention of translucent fiber posts in root canals. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 10, n. 3, p.219-26, 2008.

ZICARI, F. et al. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. **Dental Materials**, v. 24, n. 7, p. 967-77, jul. 2008.

# Apêndices

**APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO MATERIAIS DENTÁRIOS**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Meu nome é Fabiana Paladini Mattei e estou desenvolvendo a pesquisa intitulada: **“Resistência de União de Pinos de Fibra Cimentados com Diferentes Métodos de Ativação à Dentina Radicular”**.

Este projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar a resistência de união de pinos cimentados com diferentes métodos de ativação à dentina, ou seja, verificar se os cimentos “colas” e métodos de endurecimento avaliados dos mesmos são capazes de fixar “colar” efetivamente os pinos dentro do dente. E também, comparar os resultados obtidos, a fim de verificar qual cimento e método se mostrou mais efetivo.

Para tanto será necessário a obtenção de dentes extraídos para testar tais cimentos e métodos. Durante a execução do projeto não haverá risco algum ao paciente, pois serão adquiridos dentes que serão extraídos por absoluta necessidade de tratamento instituído e não devido à realização da pesquisa em questão.

O paciente não receberá gratificação pela doação de seu(s) dente(s), porque a finalidade da extração não é para realização da pesquisa e sim por outros motivos (dente incluso, doença periodontal avançada, motivo ortodôntico ou protético) que não possibilitem a recuperação e manutenção do dente no arco dental.

Após ler e receber explicações sobre a pesquisa, e ter seus direitos de:



1. Receber respostas a qualquer pergunta e esclarecimento sobre procedimentos, riscos, benefícios e alguns outros relacionados à pesquisa até o término da etapa experimental.
2. Retirar o consentimento durante o desenvolvimento da etapa experimental da pesquisa e deixar de participar do estudo.
3. Não ser identificado e ser mantido em caráter confidencial e sigiloso das informações relacionadas à privacidade.
4. Procurar esclarecimentos no Comitê de Ética em Pesquisas da Universidade Federal de Santa Catarina através do telefone (48) 3721-8328 ou 3721-9206 ou no endereço: Pró-reitoria de Pesquisa – Campus Universitário – Trindade – Caixa postal 476 – CEP: 88040-900 – Florianópolis – SC- ou com a pesquisadora Fabiana Paladini Mattei pelo telefone (48) 9953-1272, ou ainda, em caso de dúvidas ou notificação de acontecimentos não previstos.

**Declaro estar ciente que estou doando o órgão dental para finalidade de pesquisa e estar ciente, também, que o doador e /ou responsável não terão qualquer benefício e/ou remuneração pela participação na presente pesquisa.**

Florianópolis, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 200\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome doador e /ou responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do doador e/ou responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Assinatura do orientador

## Apêndice B – Quadro com os valores individuais

Valores de resistência de união, sob *push-out*, para cada dente.

<b>Nº Dente</b>	<b>Var1 - Tipo de cimento utilizado</b>	<b>Var2 - Método de ativação</b>	<b>Var3 - Valor de resistência de união (MPa)</b>
1	RelyX ARC	Convencional	12,6542
2	RelyX ARC	Convencional	8,6225
3	RelyX ARC	Convencional	9,1589
4	RelyX ARC	Convencional	8,1311
5	RelyX ARC	Convencional	5,2935
6	RelyX ARC	Convencional	8,9676
7	RelyX ARC	Convencional	8,8764
8	RelyX ARC	Convencional	10,1087
9	RelyX ARC	Convencional	16,6885
10	RelyX ARC	Convencional	15,2
11	RelyX ARC	Química	8,4628
12	RelyX ARC	Química	4,1673
13	RelyX ARC	Química	7,7728
14	RelyX ARC	Química	9,5676
15	RelyX ARC	Química	8,204
16	RelyX ARC	Química	9,9664
17	RelyX ARC	Química	9,1394
18	RelyX ARC	Química	6,0742
19	RelyX ARC	Química	10,0253
20	RelyX ARC	Química	4,9342
21	RelyX ARC	Pulso Tardio	9,7969
22	RelyX ARC	Pulso Tardio	11,8644
23	RelyX ARC	Pulso Tardio	17,0643
24	RelyX ARC	Pulso Tardio	8,9739
25	RelyX ARC	Pulso Tardio	15,4062
26	RelyX ARC	Pulso Tardio	10,783
27	RelyX ARC	Pulso Tardio	10,4103
28	RelyX ARC	Pulso Tardio	13,265
29	RelyX ARC	Pulso Tardio	21,4361
30	RelyX ARC	Pulso Tardio	9,8831
31	RelyX U 100	Convencional	14,1359

<b>32</b>	RelyX U 100	Convencional	17,2676
<b>33</b>	RelyX U 100	Convencional	8,6279
<b>34</b>	RelyX U 100	Convencional	22,2287
<b>35</b>	RelyX U 100	Convencional	13,5253
<b>36</b>	RelyX U 100	Convencional	14,0759
<b>37</b>	RelyX U 100	Convencional	14,1916
<b>38</b>	RelyX U 100	Convencional	9,8288
<b>39</b>	RelyX U 100	Convencional	21,5234
<b>40</b>	RelyX U 100	Convencional	12,0039
<b>41</b>	RelyX U 100	Química	10,2027
<b>42</b>	RelyX U 100	Química	4,3084
<b>43</b>	RelyX U 100	Química	11,1302
<b>44</b>	RelyX U 100	Química	15,248
<b>45</b>	RelyX U 100	Química	9,8485
<b>46</b>	RelyX U 100	Química	11,209
<b>47</b>	RelyX U 100	Química	11,7486
<b>48</b>	RelyX U 100	Química	8,1309
<b>49</b>	RelyX U 100	Química	5,8579
<b>50</b>	RelyX U 100	Química	10,8644
<b>51</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	12,368
<b>52</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	13,424
<b>53</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	13,7455
<b>54</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	11,5645
<b>55</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	16,9875
<b>56</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	12,95
<b>57</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	12,5495
<b>58</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	14,2005
<b>59</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	12,005
<b>60</b>	RelyX U 100	Pulso Tardío	14,2392

## Apêndice C – Estatística Descritiva (Valores médios e Desvio Padrão)

	Variável	Variável	N	Média	Desvio padrão	Erro padrão
Total			60	11,51483	3,935275	0,508042
Cimento	RelyX ARC		30	10,36329	3,796390	0,693123
Cimento	RelyX U 100		30	12,66638	3,788225	0,691632
Ativação	Convencional		20	12,55552	4,493197	1,004709
Ativação	Química		20	8,84313	2,781520	0,621967
Ativação	Pulso tardio		20	13,14585	2,951223	0,659914
Cimento* Ativação	RelyX ARC	Convencional	10	10,37014	3,464740	1,095647
Cimento* Ativação	RelyX ARC	Química	10	7,83140	2,096154	0,662862
Cimento* Ativação	RelyX ARC	Pulso tardio	10	12,88832	3,979353	1,258382
Cimento* Ativação	RelyX U 100	Convencional	10	14,74090	4,472509	1,414331
Cimento* Ativação	RelyX U 100	Química	10	9,85486	3,108832	0,983099
Cimento* Ativação	RelyX U 100	Pulso tardio	10	13,40337	1,550663	0,490363

## Apêndice D – Quadro de Análise de Variância (ANOVA 2)

<b>Tipo de cimento e ativação</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Cimento	79,563	1	79,563	7,4235	0,008657
Ativação	217,625	2	108,812	10,1526	0,000181
Cimento * Técnica	37,753	2	18,876	1,7612	0,181560
Resíduo	578,756	54	10,718		

## Apêndice E – Tukey

A comparação individual entre os grupos foi realizada por intermédios do teste de Tukey, em nível de 5%, cujos valores de p são apresentados no quadro abaixo.

<b>Grupos</b>	<b>{1}</b>	<b>{2}</b>	<b>{3}</b>	<b>{4}</b>	<b>{5}</b>	<b>{6}</b>
<b>1</b> RelyX ARC (fotoativação convencional)		0,516100	0,525067	0,046360	0,999302	0,317341
<b>2</b> RelyX ARC (ativação química)	0,516100		0,013239	0,000364	0,737435	0,004742
<b>3</b> RelyX ARC (fotoativação por pulso tardio)	0,525067	0,013239		0,802238	0,317259	0,999304
<b>4</b> RelyX U 100 (fotoativação convencional)	0,046360	0,000364	0,802238		0,018318	0,941415
<b>5</b> RelyX U 100 (ativação química)	0,999302	0,737435	0,317259	0,018318		0,166505
<b>6</b> RelyX U 100 (fotoativação por pulso tardio)	0,317341	0,004742	0,999304	0,941415	0,166505	

## Apêndice F – Quadro de Análise de Variância dos Terços Radiculares

<b>Tipo de cimento, ativação e terço radicular</b>	<b>Soma dos Quadrados</b>	<b>Grau de liberdade</b>	<b>Quadrado médio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Cimento	238,69	1	238,69	13,102	0,000394
Ativação	652,87	2	326,44	17,919	0,000000
Terço	55,13	2	27,57	1,513	0,223299
Cimento * Ativação	113,26	2	56,63	3,109	0,047342
Cimento * Terço	407,79	2	203,89	11,192	0,000028
Ativação * Terço	28,08	4	7,02	0,385	0,818945
Cimento * Ativação * Terço	18,77	4	4,69	0,258	0,904712
Resíduo	2951,21	162	18,22		

## Apêndice G – Tukey

A comparação individual entre os terços radiculares foi realizada por intermédios do teste de Tukey, em nível de 5%, cujos valores de p são apresentados no quadro abaixo.

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}
1		0,91 4138	0,28 1624	0,98 9735	0,04 2783	0,02 5944	0,99 9758	1,00 0000	0,98 2958	1,00 0000	0,99 9889	1,00 0000	0,59 6959	0,95 0969	0,99 6815	0,99 9321	1,00 0000	0,99 9980
2	0,91 4138		0,99 9972	1,00 0000	0,97 6504	0,94 7487	0,19 5468	0,98 3613	1,00 0000	0,69 8698	0,22 6569	0,46 5885	1,00 0000	1,00 0000	1,00 0000	1,00 0000	0,75 8952	0,29 6752
3	0,28 1624	0,99 9972		0,99 7584	1,00 0000	0,99 9996	0,00 9178	0,50 0378	0,99 8808	0,10 8161	0,01 1652	0,04 2543	1,00 0000	0,99 9850	0,99 1826	0,97 6042	0,13 7264	0,01 8362
4	0,98 9735	1,00 0000	0,99 7584		0,85 9360	0,77 4857	0,43 1606	0,99 9331	1,00 0000	0,91 2626	0,47 8409	0,75 1680	0,99 9988	1,00 0000	1,00 0000	1,00 0000	0,94 0889	0,57 2956
5	0,04 2783	0,97 6504	1,00 0000	0,85 9360		1,00 0000	0,00 0489	0,11 0849	0,89 3861	0,01 0843	0,00 0646	0,00 3177	0,99 9733	0,95 4018	0,77 3482	0,66 0311	0,50 5040	0,00 1114
6	0,02 5944	0,94 7487	0,99 9996	0,77 4857	1,00 0000		0,00 0255	0,07 2082	0,82 0498	0,00 6093	0,00 0335	1,00 8694	0,99 9003	0,90 0708	0,67 7188	0,54 7188	0,50 8586	0,00 0577
7	0,99 9758	0,19 5468	0,00 9178	0,43 1606	0,00 0489	0,00 0255		0,99 4789	0,37 7425	0,99 9999	1,00 0000	1,00 0000	0,04 3964	0,25 8791	0,54 5752	0,66 9336	0,99 9997	1,00 0000
8	1,00 0000	0,98 3613	0,50 0378	0,99 9331	0,11 0849	0,07 2082	0,99 4789		0,99 8569	1,00 0000	0,99 6891	0,99 9945	0,81 5052	0,99 2991	0,99 9885	0,99 9989	1,00 0000	0,99 9011
9	0,98 2958	1,00 0000	0,99 8808	1,00 0000	0,89 3861	0,82 0498	0,37 7425	0,99 8569		0,88 1916	0,42 2167	0,69 9396	0,99 9997	1,00 0000	1,00 0000	1,00 0000	0,91 6945	0,51 4782
10	1,00 0000	0,69 8698	0,10 8161	0,91 2626	0,01 0843	0,00 6093	0,99 9999	1,00 0000	0,88 1916		1,00 0000	1,00 0000	0,31 3713	0,78 1022	0,95 6732	0,98 3020	1,00 0000	1,00 0000
11	0,99 9889	0,22 6569	0,01 1652	0,47 8409	0,00 0646	0,00 0335	1,00 0000	0,99 6891	0,42 2167	1,00 0000		1,00 0000	0,05 3746	0,29 5878	0,59 3996	0,71 4516	0,99 9999	1,00 0000
12	1,00 0000	0,46 5885	0,04 2543	0,75 1680	0,00 3177	0,00 1691	1,00 0000	0,99 9945	0,69 9396	1,00 0000	1,00 0000		0,15 4450	0,55 9075	0,84 2214	0,91 4696	1,00 0000	1,00 0000
13	0,59 6959	1,00 0000	1,00 0000	0,99 9988	0,99 9733	0,99 8694	0,04 3964	0,81 5052	0,99 9997	0,31 3713	0,05 3746	0,15 4450		1,00 0000	0,99 9894	0,99 9293	0,37 1932	0,07 8428
14	0,95 0969	1,00 0000	0,99 9850	1,00 0000	0,95 4018	0,90 9003	0,25 8791	0,99 2991	1,00 0000	0,78 1022	0,29 5878	0,55 9075	1,00 0000		1,00 0000	1,00 0000	0,83 2622	0,37 6945
15	0,99 6815	1,00 0000	0,99 1826	1,00 0000	0,77 3482	0,67 0708	0,54 5468	0,99 9885	1,00 0000	0,95 6732	0,59 3996	0,84 2214	0,99 9894	1,00 0000		1,00 0000	0,97 3194	0,68 6441
16	0,99 9321	1,00 0000	0,97 6042	1,00 0000	0,66 0311	0,54 7188	0,66 9336	0,99 9989	1,00 0000	0,98 3020	0,71 4516	0,91 4696	0,99 9293	1,00 0000	1,00 0000		0,99 0609	0,79 5688
17	1,00 0000	0,75 8952	0,13 7264	0,94 0889	0,01 5040	0,00 8586	0,99 9997	1,00 0000	0,99 9011	0,91 6845	1,00 0000	0,99 9999	1,00 0000	0,37 1932	0,83 2622	0,97 3194	0,99 0609	
18	0,99 9980	0,29 6752	0,01 8362	0,57 2956	0,00 1114	0,00 0577	1,00 0000	0,99 9011	0,51 4782	1,00 0000	1,00 0000	1,00 0000	0,07 8428	0,37 6945	0,68 6441	0,79 5688	1,00 0000	



## Apêndice H – Fotos



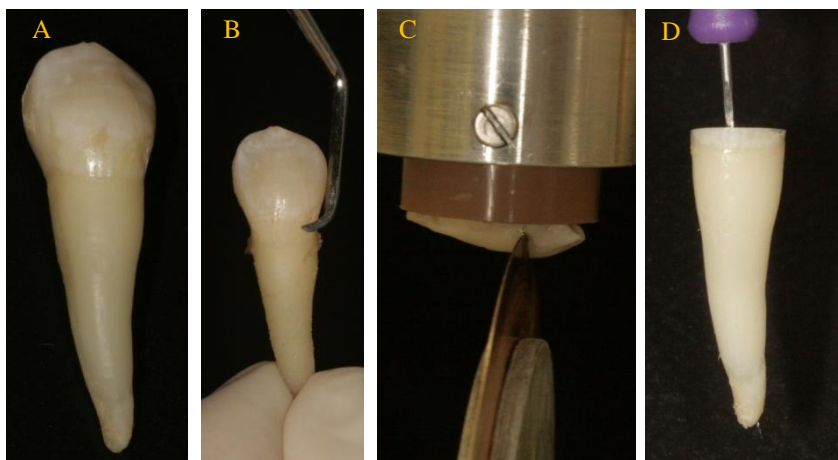
**Figura 1** – Materiais utilizados neste estudo.



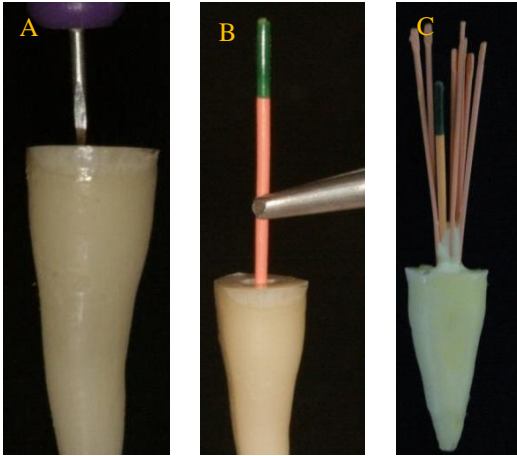
**Figura 2** – Pinos utilizados neste estudo.



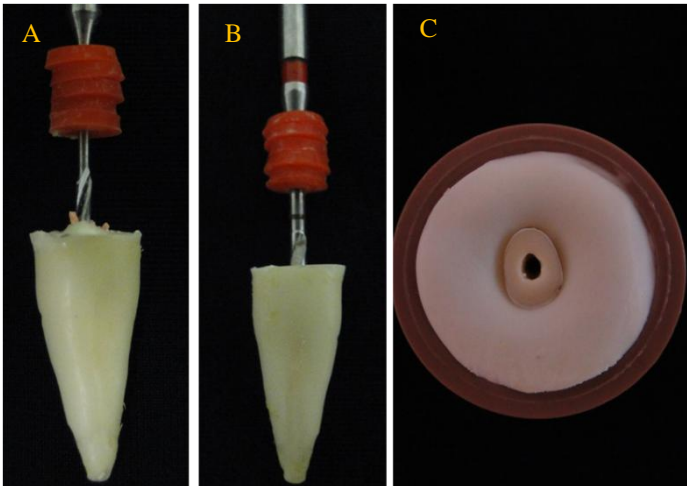
**Figura 3** - Verificação da intensidade de fotoativação.



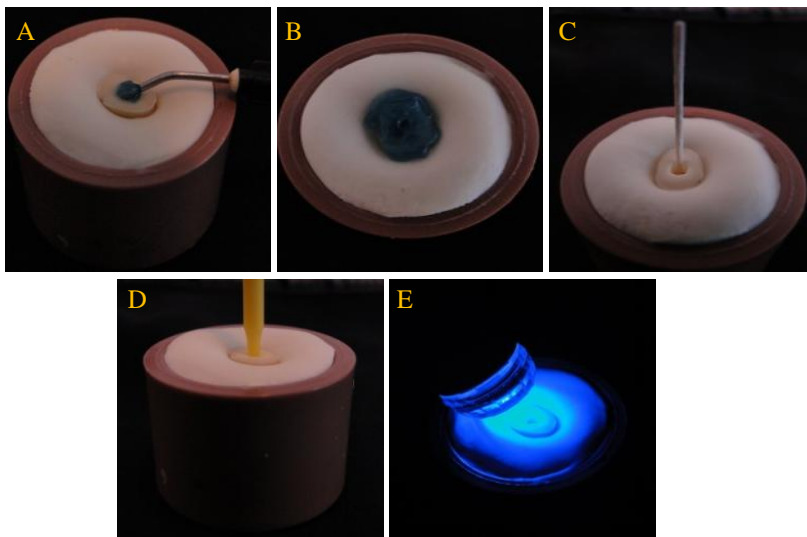
**Figura 4** - Preparo do dente para utilização no estudo: A – Pré-molar, B – Raspagem com cureta, C – Remoção da coroa dental, D – Inserção da lima para verificação do comprimento radicular.



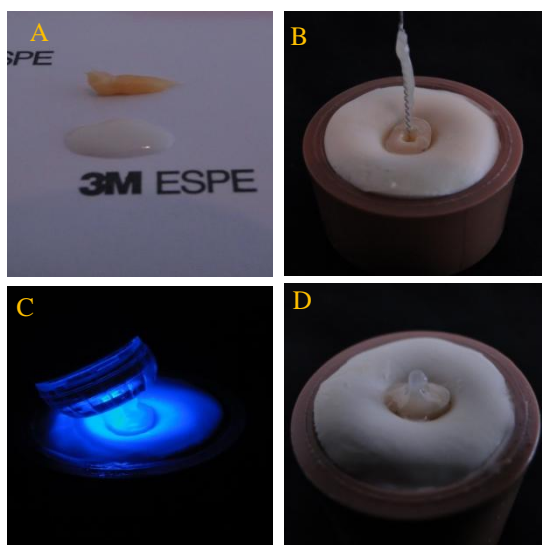
**Figura 5** – Sequência de realização do tratamento endodôntico:  
A – Modelagem, B – Prova do cone, C – Obturação do canal.



**Figura 6**: Preparo do espaço para cimentação do pino: A – Remoção da guta-percha; B – Utilização de brocas específicas; C – Inserção do espécime em sílica de condensação contida em tubo de PVC.



**Figura 7** – Preparo do conduto: A – Aplicação do ácido fosfórico, B – Condicionamento ácido realizado, C – Secagem do conduto após remoção do ácido, D – Aplicação do sistema adesivo, E – Fotoativação do adesivo.



**Figura 8** – Cimentação do pino no conduto: A - Cimento proporcionado, B - Inserção do cimento com broca lentulo, C – Fotoativação do Cimento, D – Pino cimentado.



**Figura 9** – Total de 6 fatias obtidas por espécime, após o seccionamento dental.



**Figura 10** - Teste de *push-out*.

## Apêndice I– Produção científica durante o mestrado

### 1. Produção Bibliográfica

#### a) Resumos em anais de eventos ou publicados em periódicos:

##### Painéis Científicos:

MATTEI, F. P.; PRATES, L. H. M.; CHAIN, M. C. Efeito das técnicas de fotoativação sobre a microinfiltração em cavidades de classe I e V restauradas com resina composta. *Braz Oral Res*, São Paulo, SP, v. 22, p.164-164, 2008.

#### b) Artigos Científicos Publicados

MATTEI, F. P; ALEXANDRE, P; CHAIN, M, C. Estado da arte das cerâmicas odontológicas: relato de caso clínico. **Full Dentistry in Sciences**, v.5, n.2, p.84-90, 2010.

MATTEI, F. P; PRATES, L.H.M; CHAIN, M.C. Class I and Class V composite restorations: Influence of light-curing techniques on microleakage. **Journal of Dental Scienc**, Porto Alegre, v. 24, n.3, p.299-304, jul./set. 2009.

#### c) Artigos em processo de submissão

LUIZ, B.K.M.,MATTEI, F.P; FRANCISCO, K.R.M.; CHAIN, M.C.; PIRES, A.T.N. Fracture resistance, flexural strength and morphological characteristics of pulpless teeth restored with fiber-reinforced composite posts. *Brazilian Dental Journal*.

# **Anexos**

## Anexo 1- Parecer do comitê

Certificado

Page 1 of 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Diretoria de Pesquisa e Extensão  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

CERTIFICADO Nº 317

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEPSH) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Santa Catarina, instituído pela PORTARIA N.º 0384 GR.99 de 04 de novembro de 1999, com base nas normas para a constituição e funcionamento do CEPSH, considerando o conteúdo no Regimento Interno do CEPSH, CERTIFICA que os procedimentos que envolvem seres humanos no projeto de pesquisa abaixo especificado estão de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

APROVADO

PROCESSO: 317

FR: 288206

TÍTULO: Resistência de união de pinos de fibra cimentados com diferentes métodos de ativação à dentina radicular

AUTOR: Luiz Henrique Maykot Prates, Fabiana Paladini Mattei

FLORIANÓPOLIS, 28 de Setembro de 2009.

Coordenador do CEPSH UFSC  
Prof. Fláudio Modolo Siqueiro  
Sub-Coordenador do CEPSH UFSC