

Luiz Rafael Calixto Lima

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE CIMENTOS RESINOSOS AUTO-  
ADESIVOS APLICADOS SOB DIFERENTES PRÉ-TRATAMENTOS  
DA DENTINA RADICULAR NA RESISTÊNCIA ADESIVA DE PINOS  
DE FIBRA DE VIDRO**

Araraquara  
2013

***Lima, Luiz Rafael Calixto***

***Avaliação da efetividade de cimentos resinosos auto-adesivos aplicados sob diferentes pré-tratamentos da dentina radicular na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro / Luiz Rafael Calixto***  
***Lima - Araraquara: [s.n.], 2013.***

***78 f. ; 30 cm.***

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

1. Cimentos de resina 2. Cimentos dentários 3. Pinos dentários I.

Título

Luiz Rafael Calixto Lima

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE CIMENTOS RESINOSOS AUTO-  
ADESIVOS APLICADOS SOB DIFERENTES PRÉ-TRATAMENTOS  
DA DENTINA RADICULAR NA RESISTÊNCIA ADESIVA DE PINOS  
DE FIBRA DE VIDRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas – Área de concentração: Dentística Restauradora, da Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

Araraquara  
2013

Luiz Rafael Calixto Lima

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE CIMENTOS RESINOSOS AUTO-  
ADESIVOS APLICADOS SOB DIFERENTES PRÉ-TRATAMENTOS  
DA DENTINA RADICULAR NA RESISTÊNCIA ADESIVA DE PINOS  
DE FIBRA DE VIDRO**

*Tese para obtenção do grau de Doutor*

**Comissão Julgadora**

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade

2º examinador: Prof. Dr. Edson Alves de Campos

3º examinador: Prof. Dr. José Roberto Cury Saad

4º examinador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Quagliatto

5º examinador: Prof. Dr. Mânio de Carvalho Tibúrcio

Araraquara, 12 de Março de 2013

## ***DADOS CURRICULARES***

### **Luiz Rafael Calixto Lima**

#### **Filiação:**

José Borges Lima

Gislaine Calixto Lima

#### **22/10/1980**

Nascimento – Penedo/AL

#### **1999 – 2003**

Graduação em Odontologia pela Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

#### **2005 – 2006**

Curso de Especialização em Dentística Restauradora pela Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista – UNESP/SP.

#### **2007 – 2009**

Curso de Pós-Graduação em Dentística Restauradora – Nível Mestrado - Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista – UNESP/SP.

#### **2009 – 2013**

Curso de Pós-Graduação em Dentística Restauradora – Nível Doutorado - Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista – UNESP/SP.

## **DEDICATÓRIA**

À **DEUS**, por me proporcionar uma formação educacional digna. Pela oportunidade de concretizar mais uma etapa da minha vida, de tornar esse sonho uma realidade. Obrigado Senhor por estar sempre ao meu lado!

Aos meus **PAIS e IRMÃOS**, pelo companheirismo, confiança e incentivo na busca do crescimento pessoal e profissional, me dando sempre apoio necessário para que eu alcançasse todos os meus objetivos. Amo todos vocês!!!

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Marcelo Ferrarezi de Andrade**, pelo aprendizado, apoio, confiança, pelas grandes oportunidades e, principalmente, pela grande amizade. Obrigado por tudo Marcelão! Você me ensinou a ter prazer pela profissão. É através da sua simplicidade que se constrói um grande futuro.

A Professora **Maria Salete Machado Cândido** (*in memoriam*). Obrigado pelos ensinamentos, Professora. Você sempre será um exemplo de competência e dedicação à Docência.

Aos meus grandes amigos, **Tarcísio Anjos** e **Marcílio Moreira**, pela amizade sincera, pela humildade e competência na nossa profissão. Obrigado pelos conselhos e apoio!!!

A minha namorada, **Renata Leão**, por ser uma pessoa que torna qualquer pequeno momento da nossa vida especial e inesquecível. Amo muito você!

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Odontologia de Araraquara - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - pela oportunidade e crescimento pessoal e profissional.

Aos meus grandes amigos de pós-graduação **Victor, William, Darlon, Adriano e Renato** pelos ensinamentos, amizade e companheirismo. Podem contar sempre comigo! Torço sempre pelo sucesso de todos vocês!

Aos meus amigos de turma **Matheus Bandeca, Esther Gomes e Fernando Florez** pela amizade proporcionada esses anos.

Ao meu amigo e parceiro **Jorge Eustáquio**, a pessoa que não tem tempo ruim para nada.

Aos demais professores da Dentística Restauradora, **José Roberto Cury Saad, Osmir Batista Oliveira Júnior, Sizenando de Toledo Porto Neto, Edson Alves de Campos, Andréa Abi Rached Dantas e Alessandra Nara de Souza Rastelli**, pela qualidade do ensino e formação profissional.

Ao Professor **Luis Geraldo Vaz**, por todo apoio e orientação nessa pesquisa, pelo exemplo de competência e simplicidade.

Aos Funcionários da Dentística, **Adriana, Conceição, Cida, Marinho e Vanderlei**, e em especial a **Creusinha e Cida “Branca”**, pela simpatia e amizade com que nos recebem.

Aos funcionários da Pós-graduação, em especial a **Mara**, e aos funcionários da Biblioteca, em especial a **Maria Helena**.

As empresas FGM e 3M pela concessão dos materiais para pesquisa.



À todos aqueles que de alguma forma participaram dessa minha jornada.

Obrigado!!!



O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.

**(Thomas Huxley)**

Resumo

Lima LRC. Avaliação da efetividade de cimentos resinosos auto-adesivos aplicados sob diferentes pré-tratamentos da dentina radicular na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2013.

## **RESUMO**

A retenção de pinos pré-fabricados de fibra de vidro utilizados na restauração de dentes com tratamento endodôntico é baseada na sua união às superfícies das paredes do canal radicular por meio dos agentes de fixação resinosos. Os cimentos resinosos auto-adesivos surgiram recentemente com o objetivo de simplificar o procedimento de cimentação, porém seu desempenho clínico ainda é controverso na literatura. Assim, o propósito desse trabalho é avaliar a efetividade de cimentos auto-adesivos sob diferentes condições de tratamento da dentina na resistência à extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados intrarradicularmente. Foi avaliada a resistência adesiva (push-out) de pinos de fibra de vidro utilizando cimentos resinosos auto-adesivos e, diferentes substâncias para o tratamento dentinário (ácido poliacrílico 11,5%; EDTA 17% e hipoclorito de sódio) previamente ao procedimento de cimentação. Foi avaliado também o tipo de falha entre o pino/cimento/dentina através de microscopia óptica. Foram utilizados 216 unidades experimentais, em forma de discos com aproximadamente 1 mm de espessura, retirados de 72 raízes bovinas restauradas com retenções intra-radulares. Foi utilizada uma máquina de ensaios universais MTS 810 Material Test System, à velocidade de  $0,5 \text{ mm/min}^{-1}$ , com célula de carga de 50 Kg, para avaliação da

resistência *push-out* nos diferentes terços de cada corpo-de-prova. Os valores de resistência em kgf, foram convertidos para Mpa. Os dados foram submetidos ao teste kruskall wallis com post-hoc com teste dunn, com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que o pré-tratamento dentinário não influenciou na resistência adesiva, e que o cimento auto-adesivo RelyX U100 parece ser uma opção viável na cimentação de pinos de fibra.

Palavras chave: Cimentos de resina; cimentos dentários; pinos dentários.

Abstract

Lima LRC. Evaluation of the effectiveness of self-adhesive resin cements applied under different pre-treatment of root dentin on the bond strength of fiber posts [Tese de Doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2013.

## **ABSTRACT**

The retention of prefabricated fiberglass posts used in the restoration of endodontically treated teeth is dependent on their bond between the surface of the post and the root canal walls by means of resin cements. The self-adhesive resin cements have recently introduced to simplify the procedure for cementing, but their clinical performance is still controversial in the literature. Thus, the objective of this study is to evaluate the effectiveness of self-adhesive cements under different pre-treatment of dentin in the resistance to extrusion of fiberglass posts. Prior to cementing procedure, the pre-treatment of dentin was performed with 11.5% polyacrylic acid, 17% EDTA or sodium hypochlorite. The type of failure between the post/cement/dentin was evaluated by stereomicroscopy. Two hundred and sixteen bovine dentin discs were used. The disks had approximately 1 mm of thickness and they were taken from 72 bovine roots restored with intraradicular retentions. It was employed a universal testing machine MTS 810 Material Test System at a speed of 0.5 mm/min<sup>-1</sup> with a load cell of 50 kg to evaluate the push-out resistance in different thirds of each sample. The values of resistance in kgf were converted to Mpa. Data were submitted to Kruskal-Wallis test with Dunn post-hoc test with significance level of 5%. The results showed that pre-treatment had no effect on dentin bond strength,

and that the self-adhesive cement RelyX U100 appears to be a viable option in the cementation of fiber post.

Key-words: Resin Cements; dental cements; dental pins.



## SUMÁRIO

1 Introdução.....	16
2 Objetivos.....	21
3 Capítulos.....	23
3.1 Capítulo 1: <b>Influence of different root dentin pretreatment in self-adhesive cements to fiber posts.....</b>	24
3.2 Capítulo 2: <b>Self-adhesive cements and fiber posts: a review.....</b>	43
4 Considerações Finais.....	59
5 Referências.....	63
6 Apêndices.....	68

# 1 Introdução

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento restaurador de dentes tratados endodonticamente e com grande destruição deve ser realizado por meio de procedimentos que os protejam de cargas mastigatórias, devolvendo a função e a estética.

Destruições extensas devido a lesões cariosas, fraturas, acesso endodôntico incorreto, substituições de restaurações ou reabsorções internas levam à necessidade, normalmente, da utilização de pinos intrarradiculares e núcleos de preenchimento para reter a restauração final<sup>2,8</sup>.

Os pinos não metálicos surgiram com a principal vantagem de permitir uma adesão à dentina através de cimentos resinosos. Inicialmente surgiram os pinos cerâmicos, posteriormente, os pinos de fibra, os quais apresentam propriedades mecânicas próximas às da estrutura dentária, especialmente o módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, possibilitando uma melhor distribuição das forças ao remanescente dentário<sup>25</sup>. Os pinos de fibra de vidro se destacam por sua translucidez natural e proporcionar um excelente resultado estético<sup>9,25</sup>.

Devido as características de rigidez semelhante à dentina, os pinos de fibra de vidro absorvem as tensões geradas pelas forças mastigatórias e protegem o remanescente radicular. Também possibilitam a construção de uma unidade mecanicamente homogênea, devido aos materiais que compõem esse conjunto (estrutura dental, agente de fixação e pino)<sup>1,11</sup>.

Existem diferentes parâmetros a serem considerados para correta seleção dos pinos que podem influenciar na sua retenção<sup>8,11</sup>, uma vez que sua resistência, capacidade de adesão ao cimento<sup>24</sup>, formato<sup>23</sup>, comprimento e diâmetro<sup>12</sup>, estrutura

superficial, material e tratamento superficial são fatores que afetam diretamente nessa retenção<sup>11</sup>.

Para a obtenção de sucesso na fixação dos pinos intrarradiculares estéticos, a seleção do agente cimentante é fundamental. Segundo os fabricantes, a cimentação dos pinos de fibra de vidro deve ser adesiva, já que sua natureza química é semelhante ao Bis-GMA, comumente presente nos materiais resinosos, não necessitando, dessa forma, tratamento prévio à cimentação<sup>1,5,22</sup>. Entretanto, apesar das vantagens da cimentação adesiva, muitos fatores podem interferir na formação da camada híbrida ao longo das paredes do canal radicular e na real polimerização do agente cimentante, o que pode determinar o fracasso do tratamento restaurador pela soltura do pino por falta de retenção. Dentre os fatores que interferem na cimentação adesiva, pode-se citar: morfologia da dentina intraradicular, sistema adesivo, cimento resinoso e forma de polimerização do cimento resinoso<sup>8,25</sup>. Roberts et al.<sup>19</sup> também ressaltam a dificuldade de acesso da luz fotoativadora nas áreas mais apicais do conduto radicular.

Nos procedimentos de cimentação de pinos intrarradiculares, cimentos resinosos de ativação dupla vêm sendo utilizados em substituição aos de ativação exclusivamente química por possibilitar um maior tempo de trabalho<sup>6</sup>. Idealmente, o cimento resinoso de dupla ativação deve ser capaz de obter um grau de polimerização, por meio somente da sua ativação química, similar à alcançada pela sua dupla ativação. Porém, nas regiões mais apicais do canal radicular, a luz do aparelho fotoativador pode não ser efetiva para desencadear a porção de ativação física da reação de polimerização.

Estudos recentes têm demonstrado que o principal mecanismo de retenção dos pinos ao canal radicular não é adesivo, mas de natureza friccional<sup>7,10</sup>. Uma boa retenção dos pinos de fibra de vidro parece ser dependente do grau de conversão do cimento resinoso, o que irá influenciar nas suas propriedades mecânicas e na sua interação com o sistema adesivo utilizado. Porém, nos últimos anos, têm surgido novas formulações de cimentos resinosos com capacidade auto-adesiva. Esses cimentos apresentam a vantagem de não necessitar da etapa de condicionamento ácido e sistema adesivo, convencionalmente utilizados, facilitando o procedimento e eliminando a possibilidade de falhas durante a aplicação do sistema adesivo. Essa simplificação da técnica torna esse tipo de cimento uma alternativa vantajosa para utilização clínica. Porém, a literatura ainda é controversa com relação a resistência adesiva dos cimentos auto-adesivos comparados aos convencionais duais no processo de cimentação de pinos intrarradiculares.

Radovic et al.<sup>18</sup> mostraram que RelyX Unicem é o cimento mais estudado de cimento auto-adesivo na literatura publicada e as suas características são amplamente descritas pelo fabricante.

A deposição de restos de tecido dentinário provenientes do preparo do conduto radicular para receber o retentor contribui para a formação de uma estrutura amorfa, aderida às paredes do canal radicular, denominada lama dentinária (*smear layer*). Quando esse material é depositado no interior dos canalículos, recebe a denominação de *smear plug*, que pode dificultar a adesividade de alguns materiais.

Os cimentos resinosos auto-adesivos apresentam ácidos fracos em sua composição, não sendo efetivos em dissolver completamente a camada de lama dentinária nas paredes do canal (*smear layer*) como os ácidos fosfóricos usados

convencionalmente em cimentos resinosos duais, tendo como consequência menor resistência adesiva<sup>10,11</sup>.

A literatura mostra que a camada de *smear layer* pode ser removida de várias maneiras, como a utilização de agentes quelantes como o EDTA<sup>14</sup> ou a utilização de ácidos, como o poliacrílico e o fosfórico<sup>3</sup>. Dependendo do tempo e concentração dessas substâncias, ocorre a remoção total ou parcial da *smear layer*. Apesar dos fabricantes da maioria dos cimentos auto-adesivos não recomendarem a remoção prévia da *smear layer*, este procedimento pode ser vantajoso para uma melhor força de adesão destes cimentos.

Além disso, com o crescente uso dos pinos estéticos e o surgimento destes novos sistemas resinosos de cimentação com capacidade auto-adesiva, torna-se necessário avaliar técnicas de limpeza prévia do canal radicular para proporcionar um melhor desempenho de todo o sistema de retenção.

## 2 Objetivo

## **2 OBJETIVO**

### 1 Objetivo Geral

O propósito desta pesquisa foi avaliar a efetividade de cimentos resinosos auto-adesivos sob diferentes condições de tratamento prévio da dentina na resistência à extrusão de pinos de fibra de vidro cimentados intrarradicularmente.

### 2 Objetivos específicos:

- a. Avaliar a influência de diferentes pré-tratamentos da dentina radicular previamente a aplicação de cimentos resinosos auto-adesivos na resistência à extrusão de pinos de fibra de vidro, nos diferentes terços da raiz (cervical, médio e apical)
- b. Avaliar o tipo de fratura na interface pino/cimento/dentina com microscopia óptica.
- c. Fazer uma revisão atualizada da utilização de cimentos resinosos auto-adesivos na cimentação de pinos de fibra de vidro.



# 3 Capítulos

### **3 CAPÍTULOS**

#### **3.1 Capítulo 1**

##### **Influence of different root dentin pretreatment in self-adhesive cements to fiber posts**

---

*Luiz Rafael Calixto, DDS, MSc, Matheus C. Bandeca, DDS, MSc, PhD, Matheus Tonetto, DDS, MSc, Osmir Batista O. Junior, DDS, MSc, PhD Edson Alves de Campos, DDS, MSc, PhD and Marcelo F. Andrade, DDS, MSc, PhD*

From the Department of Restorative Dentistry, Araraquara Dental School, São Paulo State University, SP, Brazil;

Address requests for reprint to Luiz Rafael Calixto, Araraquara Dental School, Department of Restorative Dentistry, Rua Humaitá 1680, Centro, Zip Code 14801-903 Araraquara, SP, Brazil. Phone Number: 16 3301-6388. e-mail address: lrcalixto@hotmail.com.

**Submitted in: Journal of Adhesive Dentistry**

**ABSTRACT**

The self-adhesive resin cements have recently introduced to simplify the procedure for cementing. The objective of this study is to evaluate the effectiveness of self-adhesive cements under different pre-treatment of dentin in the resistance to extrusion of fiberglass posts. Prior to cementing procedure, the pre-treatment of dentin was performed with 11.5% polyacrylic acid, 17% EDTA or sodium hypochlorite. The type of failure between the post/cement/dentin was evaluated by stereomicroscopy. Two hundred and sixteen bovine dentin discs were used. The disks had approximately 1 mm of thickness and they were taken from 72 bovine roots restored with intraradicular retentions. The values of *push-out* resistance in kgf were converted to Mpa. Data were submitted to Kruskal-Wallis test with Dunn post-hoc test with significance level of 5%. The results showed that pre-treatment had no effect on dentin bond strength, and that the self-adhesive cement RelyX U100 appears to be a viable option in the cementation of fiber post.

Key-words: Resin Cement; fiber post; adhesive strength.

**INTRODUCTION**

Posts and core are frequently used in endodontically treated teeth that suffered excessive loss of coronal tooth structure<sup>1-3</sup>. According to manufacturer, the fiber posts luting must be adhesive, as it have already BisGMA in its composition<sup>4-6</sup>. Some factors as root canal dentin morphology, bond system, luting cement, and its

cure may interfere in the hybrid layer formation along the root canal walls, affecting the post retention.

Various luting agents have been proposed for bonding FRC (fiber reinforced composite) posts to root canal dentin. According to the adhesive strategy, the currently available resin-based cements and accompanying bonding systems can be classified as etch-and-rinse, self-etch, and self-adhesive luting agents<sup>7</sup>.

Self-adhesive cement does not require rinsing, decreasing the problem of substrate moisture control, thus simplifying the clinical procedure. No dentin pretreatment is indicated in this one-step technique. This simplification allowed by self-adhesive resin cements is attractive to clinicians.

Radovic et al.<sup>8</sup> showed that RelyX Unicem is the most investigated self-adhesive cement in the published literature and its features are by far the most extensively explained by the manufacturer

Although several studies have indicated that the bond-strength values of self-adhesive cements are comparable to, or even higher than, those of conventional luting strategies, their limited etching capability in the presence of the compact smear layer created within the endodontic space is a matter of concern<sup>9</sup>.

The literature shows that smear layer can be removed in different ways, such as using chelating agents - EDTA, or using acids - polyacrylic and phosphoric acids<sup>10</sup>. The total or partial smear layer removal occurs according to time and concentration of these substances. Although the most self-adhesive cements manufacturers do not recommend the prior smear layer removal, this procedure may be advantageous for a better adhesion strength of these cements.

Thus, after preparation of root canal for placement of a intraradicular retainer, there is necessity of cleaning root canal walls. Therefore, it is convenient to evaluate the optimal solution for cleaning root canals in cases of using self-adhesive cements.

## **MATERIALS AND METHODS**

Freshly extracted bovine incisors (216) with mature apices and without root curvature were obtained for this study. A digital pachymeter was employed to measure the teeth in three root regions: cervical (RC), middle (RM) and apical (RA), in mesion–distal (*RMD*) and buccolingual (*RBL*) direction, in all root length (*RT*). After this analysis, an average of the root dimensions was determined and 56 teeth were selected.

For the endodontic treatment, a step-back preparation technique was used with stainless steel K-files and Gates-Glidden (Moyco Union Broach, York, PA) (drills #2 to #4). All enlargement procedures were followed by irrigation with 1% sodium hypochlorite. Afterwards, the prepared root canals were obturated with gutta-percha cones by using the lateral condensation technique and AH Plus resin sealer (Dentsply). Subsequently, the filled roots were stored in distilled water at 37° for 48 hours.

After the storage period, the root canals were prepared to ensure a standardized space for post insertion. The canal space of each root was firstly enlarged with Gates-Glidden #3, permitting access for #3 post drill with a low-speed hand piece, to a depth of 11mm.

Double conicity glass fiber translucent posts (#3 White post DC, FGM) and different resins cements systems were utilized in this study, originating 9 experimental groups (n=8) (table 1).

Tabela 1: Groups and composition of the luting agents by the manufactures.

<b>RESIN CEMENT</b>	<b>COLOR</b>	<b>COMPOSITION</b>	<b>MANUFACTURE</b>
<b>Variolink® II</b>	Transparent	BisGMA, UEDMA, TEGDMA, ytterbium trifluoride, Benzoyl Peroxide, initiators, inorganic particles	Ivoclar/Vivadent
<b>RelyX™ U100</b>	Translucent	Phosphoric acid methacrylate ester, TEGDMA, silica, glass, calcium hydroxide, sodium Toluenosulfonato, sodium persulfate	3M / Espe
<b>Maxcem Elite™</b>	Clear	Resin matrix (glycerol dimethacrylate), co-methacrylate monomers, photoinitiators, particularly inorganic	Kerr

In all groups, the posts were cleaned with 35% phosphoric acid for 60 seconds followed by water rinsing and air drying. Then, a silane coupling agent (Ceramic Primer – 3M/Espe) was applied in a single layer on the posts surface for 60 seconds and then, dried with air. One coat of bond (Scotch bond Multi- Purpose - 3M/Espe) was also applied, when necessary (group 1). The root canal pre-treatment was performed de according with the different groups.

For the etch-and-rinse resin cements (group 1) the root canal dentine was etched with 35% phosphoric acid for 15 seconds and rinsed for 30 seconds with water. After removing the water excess from the root canal with paper points, one layer of the primer (SBMP – 3M Espe) was applied with a microbrush and gently air-dried for 5 seconds. Subsequently, the bond (SBMP – 3M Espe) was applied and dried with paper points to remove the excess, and light-cured for 40 seconds by a LED light-curing unit Elipar Freelight II (3M/Espe), with 900mW/cm<sup>2</sup> intensity.

For the cementation of glass fiber posts, equal amounts of resin cements agents, base and catalyst, were mixed and applied onto the posts surface and into the roots canal with a periodontal probe. Then, the post was inserted and cemented into the root canal with light finger pressure, and the luting material excess was immediately removed.

The cement was light cured for 40 seconds with the tip positioned parallel to the pin (at its base) and over 40 seconds at 45° with the long axis of the pin.

For the self-adhesive resin cements groups (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9), the pin was cleaned with phosphoric acid followed by silane application, according to the protocol described for group G1. It was not necessary adhesive application. The root canal preparation was performed according to the different groups, with their respective dentine pretreatments, as mentioned in table 2.

Tabela 2: Resin cement and the pre-treatment of root canal

<b>GROUPS</b>	<b>RESIN CEMENT</b>	<b>DENTIN PRETREATMENT</b>
<b>G1</b>	Variolink® II	Fosforic acid – 35%
<b>G2</b>	RelyX™ U100	distilled water
<b>G3</b>	RelyX™ U100	EDTA 17% for 1 minute
<b>G4</b>	RelyX™ U100	Poliacrílico acid 11,5% for 30 seconds
<b>G5</b>	RelyX™ U100	NaCl for 1 minute
<b>G6</b>	Maxcem Elite™	distilled water
<b>G7</b>	Maxcem Elite™	EDTA 17% for 1 minute
<b>G8</b>	Maxcem Elite™	Poliacrílico acid 11,5% for 30 seconds
<b>G9</b>	Maxcem Elite™	NaCl for 1 minute

Different types of dentine pre-treatment were employed in order to remove or modify the smear layer. For Groups 2 and 6 the root dentine surface was irrigated with distilled water (no treatment groups). Prior to the resin cement application, for groups G3 and G7, 17% EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) solution was applied for a time of 1 minute and followed by rinsing with water for 1 minute. In the groups G4 and G8, 11.5% polyacrylic acid was applied for 1 minute, followed by rinsing with water at the same time. Sodium hypochlorite (NaCl) was used for groups G5 and G9 during 1 minute, followed by rinsing with water.

The self-adhesive cements manipulation and pin insertion was similar to that described for group 1.

After all cementation procedures, the specimens were stored in distilled water for 24 hours at 37°C.

After the storage period, the specimens were sectioned by Isomet 1000 cutting digital machine (Buehler UK LTD). The roots were divided in three parts, 1mm from cervical surface. Three 1mm thick precise slabs, separated by 3mm space each, were obtained per root and they were identified as cervical, middle and apical specimens. The thickness of each slab was measured by the digital machine cutting disc position along the root.

Immediately after the slabs were obtained, they were positioned on the push-out jig (1mm diameter), which was placed on the Universal Testing Machine (MTS 810 Material Test System) with a cell load of 50Kg, at a crosshead speed of 0.5 mm/min until the post was dislodged.

The retentive strength of the post segment was expressed in MPa, by dividing the load at failure (Newtons) by the area of the post fragment ( $S_L$ ), by the formula  $S_L =$



$\pi (R + r) [(h^2 + (R-r)^2)^{0.5}]$ . Data were analyzed by using analysis of variance (ANOVA) with GraphPad Prism 5 for Windows (GraphPad Software Inc) statistical software, followed by tukey test at 5% of significance ( $p < 0.05$ ).

After the push-out testing, the specimens were analyzed by stereoscopic microscope to determine the failure mode [Perdigão et al. <sup>11</sup>]: type 1, adhesive between post and resin cement (no resin cement visible around the post); type 2, mixed with resin cement covering 0–50% of the post diameter; type 3, mixed with resin cement covering between 50 and 100% of post surface; type 4, adhesive between resin cement and root canal (post enveloped by resin cement); type 5, cohesive in dentin.

## RESULTS

Push-out test: The analysis of variance showed statistically significant difference to resin cements evaluated ( $p < 0.05$ ) and different thirds of root ( $p < 0.05$ ). The results of the tukey test are displayed in table 2.

The highest values were found for the groups G3, G4 and G5, and there was no bond strength significant difference to group G2. The G6 and G9 groups showed the lowest values and had no statistically differences to G7 and G8. G1 had no significant difference to G2. G1 and G5 demonstrated statistically lower resistance values of the apical than the cervical third. G5 had lower values on the apical third when compared to the middle third. The groups G2, G3, G4, G6, G7, G8 and G9 had no significant differences along the root thirds.

The failure modes of groups and level of the root are displayed in table 3. No cohesive failure in dentin (type V) was observed. Higher incidence of failure type IV (46,7%) and type III (29,9%) was observed in comparison to the failure type I (6,4%). The failure type II occurred in 17% of the cases.

Table 3: Means (standard deviation) of Push-out Bond Strength in MegaPascal (MPa)

Groups	Third		
	Cervical	Middle	Apical
G1	11.51 (1.6)	10,49 (2.5)	8.46 (2.7)
G2	10.38 (2.2)	11.06 (1.7)	8.30 (2.4)
G3	10.80 (2.0)	10.40 (1.2)	9.28 (2.1)
G4	11.46 (2.5)	10.93 (1.4)	9.61 (1.9)
G5	12.61 (1.9)	12.02 (1.5)	8.25 (1.7)
G6	8.16 (1.4)	8.29 (2.0)	6.82 (2.1)
G7	9.94 (2.9)	9.35 (1.7)	8.11 (1.6)
G8	8.69 (1.5)	8.06 (1.3)	7.74 (2.8)
G9	7.03 (1.6)	6.85 (2.1)	6.41 (1.7)

Table 4: Failure Modes of groups and level of the root canal after the push-out tests

Group and third	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
- G1 Coronal	1	3	2	2	08
- G1 Middle	0	1	1	6	08
- G1 Apical	1	3	0	4	08
- G2 Coronal	0	1	3	4	08
- G2 Middle	1	0	4	3	08
- G2 Apical	0	2	2	4	08
- G3 Coronal	1	2	3	1	07
- G3 Middle	0	0	4	3	07
- G3 Apical	1	3	2	2	08
- G4 Coronal	0	1	1	5	07
- G4 Middle	0	1	2	4	07
- G4 Apical	0	1	4	3	08
- G5 Coronal	0	0	0	6	06
- G5 Middle	0	1	3	3	07
- G5 Apical	1	0	1	6	08
- G6 Coronal	1	0	2	5	08
- G6 Middle	0	2	2	3	07
- G6 Apical	0	1	4	2	07
- G7 Coronal	1	1	1	4	07
- G7 Middle	1	2	2	3	08
- G7 Apical	1	2	1	3	07
- G8 Coronal	0	2	3	3	08
- G8 Middle	1	1	2	2	06
- G8 Apical	1	1	2	4	08
- G9 Coronal	0	2	3	3	08
- G9 Middle	1	1	2	2	06
- G9 Apical	0	0	4	4	08
Total	13	34	60	94	00

## DISCUSSION

The bovine dentine was used in this investigation due the limited availability and the inhomogeneity of extracted human teeth. Moreover, the bioethical concerns make it difficult to collect and use human teeth for researches<sup>12</sup>.

In the present study, the push-out test was performed 24 hours after adhesive cementation procedures because bond strength can increase during this period<sup>13</sup>.

The self-adhesive resin cement present a deficient hybridization of dentin

along the root canal walls<sup>14-16</sup>. The application of RelyX Unicem and Maxcem to root dentin does not result in the formation of hybrid layer or resin tags and inability to etch through the smear layer formed in the root canal<sup>17</sup>. But, the self-adhesive resin cements to root canal dentin seems to be related more to the friction along the canal walls than to the adhesive bonding to root dentin<sup>18,19</sup>. The manufacturer of RelyX U100 claims that the bonding mechanism of this self-adhesive cement is based on micromechanical retention and chemical adhesion to hydroxyapatite. A recent study showed an intense chemical interaction of RelyX U100 with hydroxyapatite<sup>20</sup>.

Rely-X U100 has limited etching potential when compared with etch-and-rinse and self-etching adhesive systems. This could possibly be explained by the methacrylated phosphoric esters present in this cement, which are not as effective as phosphoric acid in dissolving the thick smear layer in the root canal walls during post space preparation<sup>21-23</sup>. The information of the MaxCem cement is low in the literature.

The use of irrigants such as EDTA has been recommended as extremely effectively in cleaning the root canal after post preparation and, as a result, improved the bond strength in each regions of the root dentin<sup>24</sup>.

Another irrigant used to clean the root dentin is NaOCl because it has the ability to remove the smear layer, which is created on the dentin surface during the post space preparation<sup>25</sup>. The irrigation of root dentin with 5% NaOCl reduce the bond strength of resin cements to dentin. This could be explained by an oxygen-enriched dentin surface after application of NaOCl, which could act as a polymerization inhibitor of resin materials<sup>26</sup>. The polyacrylic acid used as a pretreatment in glass ionomer cements also has the ability to remove the smear layer and can use as the root dentin cleaning agent.

It is likely that phosphoric acid etching is more effective in highly tubular areas of the coronal root dentin because it removes the thick surfaces smear layer and the smear plug in dentinal tubules formed during post space preparation to allow more effective micromechanical retention of resin cements<sup>29</sup>

In general, the root dentin should be irrigated with CHX or sterile saline solution before post cementation in order to eliminate the negative effect of NaOCl on the adhesive bond to dentine<sup>27</sup>. But, the study protocol followed the manufacturers' instructions of RelyX Unicem (3M ESPE, Seefeld, Germany), which recommend the irrigation of the root dentin with NaOCl followed by water.

The use of ultrasonic instrumentation in association with EDTA has been suggested for a careful debridement of the post space walls improving performed prior to cementation<sup>28</sup>.

Clinical investigations have reported that the most common cause of failure is debonding of the fiber posts<sup>7,27-31</sup>. Adhesive failure between the dentine and cement was the main failure mode<sup>12,32</sup>. In our results, the most samples had failures located at the cement-dentin interface

The bond strengths were significantly affected by the root canal region, but not for the self- adhesive resin cement<sup>12, 33, 34</sup>. According with our results. The moisture tolerance is probably the factor responsible for the homogeneous bond strength values of RelyX U100 in all root dentin regions<sup>33</sup>. Another aspect of the self-adhesive cements bond strengths to root dentin seem to be related more to the area of solid dentin than to the density of dentinal tubules<sup>30,34,35</sup>.

The results of this study showed the RelyX U100 showed the best performance among the tested cements. Variolink II showed similar results to RelyX

U100 without pretreatment of the dentin. Other studies show the superiority of self-adhesive cements regarding etch-and-rinse cements<sup>7, 8, 15, 23, 30, 35, 36</sup>. The most of these tests was performed with the self-adhesive cement (RelyX Unicem). Some authors speculated that the moisture tolerance of the self-adhesive cement may explain its favourable adhesion in root dentin<sup>15,37</sup>. Other studies revealed lower bond-strength values for the self-adhesive resin cement RelyX Unicem compare to etch-and-rinse cement<sup>7, 16, 32, 38, 39</sup>. The bond strength obtained for RelyX Unicem was in the same range with that of Variolink II<sup>40</sup>.

The Maxcem Elite self-adhesive resin cement showed the lowest results of bond strength, regardless of the type of pre-treatment performed on root dentin before cementation of the fiberglass post. Other studies show the low performance of Maxcem compared to RelyX Unicem<sup>12,23</sup>. Soares et al., (2012) show in their studies bubbles in the cement Maxcem, irrespective of the location, and the cement primarily in the apical area did not appear to have polymerized<sup>12</sup>.

Regarding the irrigation solutions, the use of different products for partial removal of smear layer does not influence on the bond strength of the self-adhesive resin cements compared with the control distilled water. The RelyX U100 associated with pretreatment with sodium hypochlorite (recommendation of the manufacturer) showed the best results.

## **REREFENCES**

1. Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME, Charlton DG. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater* 2004;20:617-22.

2. Teixeira EC, Teixeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems J Am Dent Assoc 2006;137:1006-12.
3. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. J Dent. 2007 Nov;35(11):827-35. Epub 2007 Sep 4.
4. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. Dent Mater 2002 Dec;18:596-602.
5. Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and core. Am J Dent 2000 May; 13(Spec No):15B-18B.
6. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. J Dent 1999;27:275-8.
7. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. Dent Mater 2008; 24: 967–977.
8. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. Eur J Oral Sci. 2008 Dec;116(6):557-63.

9. Ferrari M. Immediate and 24-hour evaluation of the interfacial strengths of fiber posts *Journal of Endodontics*. 2006; 32(12) 1174-1177.
10. Bishara SE, Soliman M, Laffoon JF, Warren J. Bishara SE, Soliman M, Laffoon JF, Warren J. Shear bond strength of a new high fluoride release glass ionomer adhesive. *Angle Orthod*. 2008; 78: 125-8.
11. Perdigão J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dental Materials* 2006;22;752–8.
12. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia AD, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J*. 2012 Feb;45(2):136-45.
13. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Operative Dentistry* 2005;30:627–35.
14. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008 Mar 1;13(3):E214-21.
15. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa AM. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci*. 2009 Jun;117(3):326-33.



16. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012 Jan-Feb;37(1):80-6. Epub 2011 Sep 26.
17. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-coresystems. *J Prosthet Dent*. 1999 Mar;81(3):
18. Wrbas KT, Altenburger MJ, Schirrmeyer JF, Bitter K, Kielbassa AM. Effect of adhesive resin cements and post surface silanization on the bond strengths of adhesively inserted fiber posts. *J Endod*. 2007;33:840-3.
19. Giachetti L, Grandini S, Calamai P, Fantini G, Scaminaci Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. *J Dent*. 2009 Aug;37(8):638-42. Epub 2009 May 3.
20. Gerth HU, Dammaschke T, Zuchner H, Schafer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites - a comparative study. *Dent Mater* 2006;22:934-941.
21. Zorba YO, Erdemir A, Turkyilmaz A, Eldeniz AU (2010) Effects of different curing units and luting agents on push-out bond strength of translucent posts. *J Endod* 2010; 36(9):1521–1525.

22. Kececi AD, Ureyen Kaya B, Adanir N. Micro-push-out bond strengths of four fiber-reinforced composite post systems and 2 luting materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endont.* 2008; 105:121–128
23. Kahnamouei MA, Mohammadi N, Navimipour EJ, Shakerifar M. Push-out bond strength of quartz fibre posts to root canal dentin using total-etch and self-adhesive resin cements. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012 Mar 1;17(2):e337-44.
24. Gu XH, Mao CY, Liang C, Wang HM, Kern M (2009) Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness? *European Journal of Oral Science* 117, 597–603.
25. Demiryürek EÖ, Külünk S, Sarac D, Yüksel G, Bulucu B. Effect of different surface treatment on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009. 108:e74–e8.
26. Ari H, Yasar E, Belli S. Effect of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003:248–251.
27. Bitter K, Kielbassa AM. Dentinadhäsive im Wurzelkanal. *Quintessenz.* 2005; 56:1045–1052.
28. Coniglio I, Magni E, Goracci C, et al. Post space cleaning using a new nickel titanium endodontic drill combined with different cleaning regimens. *J Endod* 2008;34:83–86.

29. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 328–336.
30. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil J, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J* 2006; 39: 809–818.
31. Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M, Goracci C. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res* 2007; 86: 729–734.
32. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Operative Dentistry* 2005;30:627–35.
33. Gomes G, Gomes O, Reis A, Gomes J, Loguercio A, Calixto A. Effect of Operator Experience on the Outcome of Fiber Post Cementation With Different Resin Cements. *Oper Dent*. 2012 Dec 5. [Epub ahead of print]
34. Bateman GJ, Lloyd CH, Chadwick RG, Saunders WP. Retention of quartz-fibre endodontic posts with a self-adhesive dual cure resin cement. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2005 Mar;13(1):33-7.
35. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent* 2008; 10: 251–258.

36. Mazzoni A, Marchesi G, Cadenaro M, Mazzotti G, Di Lenarda R, Ferrari M, Breschi L. Push-out stress for fibre posts luted using different adhesive strategies. *Eur J Oral Sci.* 2009 Aug;117(4):447-53.
  
37. 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;112:353-61.
  
38. Dimitrouli M, Günay H, Geurtsen W, Lühns AK. Push-out strength of fiber posts depending on the type of root canal filling and resin cement. *Clin Oral Investig.* 2011 Apr;15(2):273-81. Epub 2010 Jan 22.
  
39. Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. *Dent Mater.* 2008 Mar;24(3):372-7. Epub 2007 Jul 25.

## 3.2 Capítulo 2

### Self-adhesive cements and fiber posts: a review

---

*Luiz Rafael Calixto, DDS, MSc, Matheus C. Bandeca, DDS, MSc, PhD, Matheus Tonetto, DDS, MSc, José Roberto Cury Saad, DDS, MSc, PhD Edson Alves de Campos, DDS, MSc, PhD and Marcelo F. Andrade, DDS, MSc, PhD*

From the Department of Restorative Dentistry, Araraquara Dental School, São Paulo State University, SP, Brazil;

Address requests for reprint to Luiz Rafael Calixto, Araraquara Dental School, Department of Restorative Dentistry, Rua Humaitá 1680, Centro, Zip Code 14801-903 Araraquara, SP, Brazil. Phone Number: 16 3301-6388. e-mail address: lrcalixto@hotmail.com.

**Submitted in: Brazilian Oral Research**

## **ABSTRACT**

The self-adhesive resin cements have been introduced to simplify the procedure for cementing, however their clinical performance to cementation of fiberglass posts is still controversial in the literature. Over the years, several studies were made to evaluate bond strength tests with push-out, pull-out and microtensile. The objective of this paper is to review the self-adhesive cements and fiber posts, the main tests for bond strength and the microscopic characteristics of the adhesive interface.

Key-words: Resin Cement; fiber post; self-adhesive cements.

## **INTRODUCION**

Fibe-reinforced composite posts (FRC posts) have been commonly used in endodontically treated teeth and in cases with great loss of dental structure, in order to provide adequate support and retention, and re-establish aesthetic and function for the final restoration. The fiber posts have similar rigidness characteristics to dentin that absorb mastigatory strength and protect the radicular remnant. According to manufactures, the cementation of fiber posts shall be adhesive, since its chemical nature is similar to the Bis-GMA, usually found in the resinous material<sup>1-3</sup>.

The adhesive strategy recommended for the bonding of fiber posts, the currently available resin-based cements and accompanying bonding systems can be classified as etch- and-rinse, self-etch, and self-adhesive luting agents<sup>4</sup>.

Each-and-rinse cements require the separate use of phosphoric acid followed by multi or two step each-and-rinse adhesives before the application of the resin cement. Self-etch resin cements use an acidic primer, which without rinsing can alter tooth structure before bonding. Therefore, the clinical steps are simpler than those

with a etch-and-rinse systems<sup>5</sup>. Self-adhesive cements do not require any pretreatment of the tooth substrate: once the cement is mixed, application is accomplished through a single clinical step<sup>6</sup>. The simplification allowed by self-adhesive resin cements is attractive to clinicians<sup>7,8</sup>. This lack of pretreatment reduces technique and operator sensitivity<sup>9</sup>.

The first self-adhesive cement was RelyX Unicem, which was launched into the market in 2002. Since then, new products have been constantly introduced<sup>9</sup>. These materials were designed with the purpose of overcoming some limits of both conventional and resin cements. RelyX Unicem is the most investigated self-adhesive cement in the current literature published in Medline cited journals<sup>9,10</sup>.

The retentive ability of adhesive posts has been assessed in numerous laboratory studies over the last years. Microtensile, post-pull-out and push-out tests have been performed in order to estimate the retention of luted posts or, selectively, the strength at the post-cement or cement- dentin interfaces. Small-sized specimens designs, such as the microtensile and thin-slice push-out tests, favour stress uniformity, allow to discriminate regional differences and to limit the number of teeth needed for data collection<sup>11</sup>.

The comparisons among the results from different in vitro studies may be inappropriate because of the dependence of the collected data upon laboratory set-ups and experimental conditions<sup>11</sup>. Therefore, the aim of this article is to review the current use of self-adhesive resin cements in the retention of fiber posts using the main bond tests and microscopic evaluation.

## **PUSH-OUT TESTS**

Bond strength has been measured through the push-out test, conventional tensile test on external root dentin<sup>12</sup>, or on the endodontic surface with the pull-out<sup>13-16</sup>. However, the in vitro performance of self-adhesive cements in fiber post cementation is frequently investigated using the push-out strength test<sup>17</sup>.

A variant of this method known to materials scientists as the “thin-slice” push-out test. The modification involve sectioning the posted root into a series of 1 mm thick slices, and compressively loading the post-section within each slice with an adequately sized plunger, until bond failure<sup>18</sup>. It has been shown to be more reliable than the microtensile technique for measuring the adhesion of fiber posts. Another advantage of using the push-out test method is the small standard deviation of the mean obtained for each root canal site<sup>19</sup>.

It was suggested that a highly non-uniform stress may be developed at the adhesive interface when the push-out test is performed on thick root sections. This may explain the relatively low levels of bond strength that have been reported when applying this method of adhesion testing<sup>20</sup>.

Several studies evaluated the immediate adhesive strength and/or 24h after cementation of fiber post, through push-out tests, a self-adhesive cement, with results quite controversial. Studies show the superiority of this cement in compare to etch-and-rinse resin cements<sup>21-27</sup>, (etch and rinse) and the self-adhesive resin cements<sup>22-26</sup>. The most of these studies were performed with the self-adhesive cement called RelyX Unicem.

Other studies revealed lower bond-strength values for the self-adhesive resin cement (RelyX Unicem) compare to eatch-and-rinse resin cement<sup>28-31</sup>.



Moreover Zicari et al.<sup>28</sup> in contrast, the push-out strength of Variolink II was equal to the self-adhesive composite cement, according to another studies<sup>32-35</sup>.

Radovic et al.<sup>34</sup> also tested an etch-and-rinse approach, a self-etch approach, and a self-adhesive luting approach, and concluded that the self-etch approach may offer less favourable adhesion to root dentin in comparison with etch-and-rinse and the self-adhesive approaches

Bitter et al.<sup>38</sup> investigated the effects of luting agent and thermocycling on bond strengths (push-out test) to root dentin using six luting agents: Panavia F, Multilink, Variolink II, PermaFlo DC, RelyX Unicem and Clearfil Core. Their results showed that the self-adhesive resin cement RelyX Unicem obtained a better performance after thermocycling compare to others cements. An increase in bond strengths after thermocycling for RelyX Unicem was also observed in other studies<sup>36,37</sup>.

The self-adhesive resin cements contain multifunctional hydrophilic monomers with phosphoric acid groups, which can react with the hydroxyapatite and also penetrate and modify the smear layer<sup>39,40</sup>. The chemical interaction between the acidic monomers and hydroxyapatite ensures the adhesion of the self-adhesive cements into dentin<sup>41</sup>.

RelyX Unicem has a limited etching potential compared with the etch-and-rinse and self-etching adhesives<sup>42-44</sup>. RelyX Unicem exhibit an etching potential insufficient to dissolve the thick smear layers created in post-space preparation with burs<sup>45-46</sup>. The consequent opening of interfacial gaps may account for the relatively low push-out strengths recorded for and for RelyX Unicem as compared with the results obtained with the use of the total-etch system<sup>47</sup>.

The self-adhesive simplified resin cement appears to have poor adhesion to dentin in dry and aging conditions<sup>48,49</sup>. However, RelyX Unicem exhibits a moisture tolerance because of water forming during the neutralization reaction of phosphoric-acid methacrylate, basic fillers and hydroxy apatite (data provided by the manufacturer). This could be an explanation for the good performance of the RelyX Unicem, because moisture content after rinsing the root canal is difficult to control because of the poor visibility<sup>50</sup>.

However, the methacrylated phosphoric esters in the RelyX Unicem probably can not penetrate adequately through the retained partly dissolved smear layer on the root canal walls, resulting in interfacial gaps and lower bond strengths in vitro<sup>51</sup>.

### **MICROTENSILE**

The microtensile method was originally developed for ultimate tensile strength testing of dental tissues, and later applied to bond strength measurements on crown dentin and enamel<sup>47</sup>.

This method has already been applied to evaluate bond strength to root canals that were treated with different irrigants and cement systems. However, laboratory studies comparing bond tests of fiber posts using Variolink II cements and RelyX Unicem self-adhesive found the almost specimens prepared through this method failed prematurely during the cutting phase<sup>17</sup>, because of the lower bond strength values with this substrate<sup>17,52</sup>. The results showed greater adhesion to Variolink II, agreeing with the other studies<sup>4,47,53</sup>.

The displacement resistance value for self-adhesive resin luting cement system is significantly higher than it is for chemical-curing self-etch luting system

(Multilink)<sup>32</sup>.

Moreover, difficulties in conveying sufficient amount of primer-adhesive solution to the apical region of canals and manipulation problems arising from inadequate root canal access are the reasons for lower apical bond strength values in each-and-rinse cements compared to self-adhesive ones<sup>52</sup>.

RelyX U100 and RelyX Unicem are highly adapted to the substrate and can optimize physical interactions such as van der Waals forces, hydrogen bridges and charge transfer, which enhance micromechanical retention and chemical bonding<sup>47</sup>.

Continuity of dentin/cement interface is necessary to promote sliding friction, which according to many authors is the main factor for adhesive resistance in the fiber post/resin cements system and for micromechanical interlocking<sup>54</sup>.

Some studies used the self-adhesive resin cement called MaxCem. This cement contains several hydrophilic adhesive monomers of low molecular weight, such as the glycerol phosphate dimethacrylate (GPDM), which provide the necessary wettability for adhesion to dentin substrate. The cement is purportedly anhydrous prior to mixing. The manufacturer does not specify which monomer is initially hydrolyzed, the initial pH or the proprietary redox activator system<sup>47</sup>. This self-adhesive cement generally have a performed poorly<sup>47,55</sup> Provavelmente porque despite the excellence of Maxcem monomers as bonding agents of good compatibility with the humid dentin substrate, they do not provide an effective cementation in deep areas of high humidity.

The fiber posts cemented with MaxCem Eite presented the lowest bond strength values (push-out tests) compare to RelyX Unicem, with significant decreases in the middle and apical third. Moreover, SEM investigation found bubbles

mainly in the middle and apical third from the root canal<sup>55</sup>.

### **SEM ANALYSIS**

As the ultrastructure of the interface between root dentin and simplified resin cements was generally not suggestive of a solid micromechanical interlocking, knowing that chemical reactions are marginally involved in the adhesion mechanism of resin-based cements, the hypothesis may be raised that a contribution to fiber post-retention is provided also by sliding friction between cement and dentin along the canal walls<sup>11,56</sup>. The use of a flexible root-canal-shaped application aid reduces the number of imperfections within the self-adhesive cement interface compared to the conventional application technique<sup>10</sup>.

self-adhesive resin luting cement a recent laboratory study reported that self-adhesive resin luting cement was unable to dissolve the smear layer completely<sup>10,43</sup>. SEM analysis revealed many air bubbles at the cement–dentin interface, which must be ascribed to a poor adaptation to the root-canal walls rather than the mixing process<sup>4</sup>.

When using RelyX Unicem no distinct hybrid layer was seen. The cement interacted only superficially with the smear layer, that was substantially retained along with smear plugs. Gaps were visible between the smear layer and the underlying intact dentin<sup>11</sup>. RelyX Unicem was found to result in a significantly lower number of penetrated dentinal tubules compared with all other materials (etch-and-rinse or self-etching cements)<sup>58</sup>.

Hybridization of dentin was only detected sporadically for the material RelyX Unicem. This finding corroborates the results of investigations conducted previously

that also described a superficial morphological interaction<sup>29,41</sup>.

The self-adhesive cement Maxcem formed a discontinuous interface with many gaps. However, the interfacial continuity produced by U100 self-adhesive cement was as satisfactory as that formed by the dual-cure cements<sup>7</sup>.

A visualization of stress distribution among the root canals can be performed using several finite element analysis (FEA) studies. Among them, the analyses using three-dimensional (3-D) models are considered more reliable<sup>7</sup>.

## REFERENCES

1. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent*. 1999 May;27(4):275-8
2. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater*. 2002 Dec; 18(8):596-602.
3. Scotti R, Ferrari M. Sistemas de adesão. In:\_\_\_\_\_ Pinos de fibra: considerações teóricas e aplicações clínicas. 1ed. São Paulo. Artes Médicas, 2003. Cap. 7, p.67-74.
4. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008; 24: 967–977.

5. Duarte S Jr, Botta AC, Meire M, Sadan A. Microtensile bond strengths and scanning electron microscopic evaluation of self-adhesive and self-etch resin cements to intact and etched enamel. *J Prosthet Dent.* 2008 Sep;100(3):203-10.
6. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008 Mar 1;13(3):E214-21
7. Silva RA, Coutinho M, Cardozo PI, Silva LA, Zorzatto JR. Conventional dual-cure versus self-adhesive resin cements in dentin bond integrity. *J Appl Oral Sci.* 2011 Aug;19(4):355-62. Epub 2011 Jun 24.
8. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J.* 2011 Jun;56 Suppl 1:77-83
9. Baena E, Fuentes M, Garrido M, Rodríguez J, Ceballos L. Influence of Post-cure Time on the Microhardness of Self-Adhesive Resin Cements Inside the Root Canal. *Oper Dent.* 2012 Feb 15. [Epub ahead of print]
10. Watzke R, Blunck U, Frankenberger R, Naumann M. Interface homogeneity of adhesively luted glass fiber posts. *Monticell. Dent Mater.* 2008 Nov;24(11):1512-7. Epub 2008 May 7.
11. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent.* 2007 Nov;35(11):827-35. Epub 2007 Sep 4.

12. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research* 2005;84:118–32.
13. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically treated teeth. *Am J Dent* 1999; 12: 177–180.
14. Qualtrough AJ, Chandler NP, Purton DG. A comparison of the retention of tooth-colored posts. *Quint Int* 2003; 34: 199–201.
15. Garcia Varela S, Bravos Rabade L, Rivas Lombardero P, Linares Sixto J, Gonzalez Bahillo J, Ahn Park S. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 146–153.
16. Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically treated teeth. *Oper Dent* 2003; 28: 515–521.
17. 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;112:353-61.
18. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fibre posts: a literature review. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 328–336.

19. Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. *Dent Mater.* 2008 Mar;24(3):372-7. Epub 2007 Jul 25.
20. Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough F. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod* 2001; 27: 411–414.
21. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci.* 2008 Dec;116(6):557-63.
22. Bateman GJ, Lloyd CH, Chadwick RG, Saunders WP. Retention of quartz-fibre endodontic posts with a self-adhesive dual cure resin cement. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2005; 13: 33–37.
23. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent* 2008; 10: 251–258.
24. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont* 2004;17:476–482.
25. Mazzoni A, Marchesi G, Cadenaro M, Mazzotti G, Di Lenarda R, Ferrari M, Breschi L. Push-out stress for fibre posts luted using different adhesive strategies. *Eur J Oral Sci.* 2009 Aug;117(4):447-53.



26. Zicari F, De Munck J, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Factors affecting the cement-post interface. *Dent Mater*. 2012 Mar;28(3):287-97. Epub 2011 Dec 12.
27. Kahnamouei MA, Mohammadi N, Navimipour EJ, Shakerifar M. Push-out bond strength of quartz fibre posts to root canal dentin using total-etch and self-adhesive resin cements. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012 Mar 1;17(2):e337-44
28. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):967-77. Epub 2008 Jan 3.
29. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005; 30: 627–635
30. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012 Jan-Feb;37(1):80-6. Epub 2011 Sep 26.
31. Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. *Dent Mater*. 2008 Mar;24(3):372-7. Epub 2007 Jul 25.
32. Toman M, Toksavul S, Sarikanat M, Firidinoğlu K, Akin A. The evaluation of displacement resistance of glass FRC posts to root dentine using a thin slice push-out test. *Int Endod J*. 2009 Sep;42(9):802-10. Epub 2009 Jun 22.

33. Rathke A, Haj-Omer D, Muche R, Haller B. Effectiveness of bonding fiber posts to root canals and composite core build-ups. *Eur J Oral Sci.* 2009 Oct;117(5):604-10.
34. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci* 2008;116:557–63.
35. Huber L, Cattani-Lorente M, Shaw L, Krejci I, Bouillaguet S. Push-out bond strengths of endodontic posts bonded with different resin-based luting cements. *Am J Dent* 2007;20:167–72.
36. Abo-Hamar SE, Hiller K-A, Jung H et al. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clinical Oral Investigations.* 2005; 9:61–7.
37. Reich SM, Wichmann M, Frankenberger R, Zajc D. Effect of surface treatment on the shear bond strength of three resin cements to a machinable feldspathic ceramic. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B: Applied Biomaterials.* 2005; 74, 740–6.
38. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J.* 2006 Oct;39(10):809-18.
39. Fu B, Sun X, Qian W, Shen Y, Chen R, Hannig M. Evidence of chemical bonding to hydroxyapatite by phosphoric acid esters. *Biomaterials.* 2005; 26:5104–5110

40. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater.* 2007; 23:71–80
41. Gerth HU, Dammaschke T, Zuchner H, Schafer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites – a comparative study. *Dent Mater* 2006; 22: 934–941.
42. Sirmai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 262–269.
43. Sadek FT, Goracci C, Monticelli F, Grandini S, Cury AH, Tay FR. Immediate and 24-hour evaluation of the interfacial strengths of fiber posts. *J Endod* 2006; 32: 1174–1177.
44. Behr M, Rosentritt M, Regnet T, Lang R, Handel G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-tried systems. *Dent Mater* 2004;20:191–7.
45. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004;20:963–71.
46. Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification / diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent Res* 2008;87:974–979.

47. Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent.* 2006;8(5):327-35.
48. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, Lambrechts P & Peumans M. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin *Dental Materials.* 2007; 23(1) 71-80.
49. Baldissara P, Valandro LF, Monaco C, Ferrari M, Bottino MA & Scotti R. Fatigue resistance of the bond of a glass- infiltrated alumina ceramic to the human dentin *Journal of Adhesive Dentistry.* 2006; 8(2) 97-104.
50. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004;20: 963–71.
51. Yang B, Ludwig K, Rainer A, Kern Matthias. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006;22:45–56.
52. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials.* 2003; 19, 199–205.

53. Günay H, Geurtsen W, Lühns AK. Push-out strength of fiber posts depending on the type of root canal filling and resin cement. *Clin Oral Investig*. 2011 Apr;15(2):273-81. Epub 2010 Jan 22.
54. Teixeira CS, Felipe MCS, Silva-Sousa YTCM, Sousa-Neto MD. Interfacial evaluation of experimentally weakened roots restored with adhesive materials and fibre posts: an SEM analysis. 2008;36(9):672-82.
55. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia AD, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J*. 2012 Feb;45(2):136-45.
56. Giachetti L, Calamai P, Fantini G, Scaminaci Russo D. Translucent fiber post cementation using light- and dual-curing adhesive techniques and a self-adhesive material: push-out test. *J Dent*. 2009 Aug;37(8):638-42. Epub 2009 May 3.
57. Watzke R, Blunck U, Frankenberger R, Naumann M. Interface homogeneity of adhesively luted glass fiber posts. *Monticell. Dent Mater*. 2008 Nov;24(11):1512-7. Epub 2008 May 7.
58. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa AM. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci*. 2009 Jun;117(3):326-33.

# 4 Considerações

Finais

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dentes bovinos foram utilizados neste estudo devido à grande dificuldade em se obter incisivos humanos hígidos. Além disso, a utilização de incisivos bovinos permite uma maior padronização das amostras, além de uma homogeneidade da dentina radicular, devido a estes dentes serem da mesma idade, evitando uma interferência da morfologia dentinária nos resultados entre os diferentes grupos.

Para os ensaios de resistência adesiva dos pinos às paredes do canal radicular, foi utilizado o teste push-out nos diferentes terços da raiz, pois segundo Gorraci et al.<sup>10</sup>, este parece ser o teste que mais se aproxima da situação clínica na cavidade oral, além de ser um teste que apresenta uma confiabilidade satisfatória.

A utilização do silano foi justificada devido a recomendação do fabricante tanto do cimento como do pino e, alguns estudos<sup>13,15</sup> mostrarem um aumento na força de retenção de pinos de fibra ao cimento quando utilizado o silano. Entretanto, há relatos de que a utilização do mesmo não aumenta essa retenção<sup>4,21,26</sup>. Porém, isso não parece ser de grande relevância neste procedimento, pois os resultados mostraram que o maior índice de falhas na cimentação dos pinos de fibra parece estar na interface cimento resinoso - dentina radicular, corroborando com os resultados de Sadek et al.<sup>20</sup>.

A limpeza do conduto radicular consiste em retirar do mesmo a smear layer ou lama dentinária, a qual é gerada quando se tem a instrumentação do conduto

radicular pelas limas endodônticas. Sabe-se que essa camada de lama dentinária interfere na permeabilidade da dentina e, conseqüentemente, na adesão de materiais restauradores.

Para remoção ou modificação da smear layer, diferentes substâncias foram analisadas, dentre elas ácido poliacrílico 11,5% por 30 segundos; solução de ácido etilenodiaminotetracético – EDTA à 17% por 1 minuto e, um Hipoclorito de sódio (NaCl) a 1% por 1 minuto.

Os presentes resultados atestam que a qualidade final da adesão intrarradicular proporcionada pelos cimentos auto-adesivos não foi influenciada pelos tratamentos na dentina intrarradicular realizados previamente a cimentação dos pinos intracanáis.

Os resultados mostraram que o cimento resinoso auto-adesivo RelyX U100 obteve os melhores resultados de resistência adesiva, independente do pré-tratamento dentinário realizado. Apesar da capacidade do EDTA e do ácido poliacrílico de modificar a smear layer, podendo melhorar o desempenho destes cimentos, os resultados mostraram que não houve diferença estatística comparado com o NaOCl, independente do cimento utilizado.

O cimento resinoso auto-adesivo Maxcem Elite apresentou resultados inferiores de resistência push-out, sendo necessário novos estudos para verificar sua viabilidade na cimentação de pinos intrarradiculares.



Outros estudos têm demonstrado que o principal mecanismo de retenção dos pinos ao canal radicular não é adesivo, mas de natureza friccional<sup>7,15,26</sup>. Esse fator parece contribuir com os resultados encontrados para o cimento RelyX U100, comparado com o cimento convencional Variolink II.

Com base nas limitações deste estudo in vitro, pode-se concluir que o cimento resinoso auto-adesivo RelyX U100 parece ser uma alternativa viável na cimentação de pinos de fibra de vidro .

## 5 Referências

## REFERÊNCIAS\*

1. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent.* 2005; 94(4): 321-9.
2. Barnabé W. Avaliação in vitro da retenção às superfícies radiculares, através da resistência à extrusão, de dois pinos de fibras de vidro cimentados com três cimentos à base de resina [Tese de Doutorado]. Bauru: Faculdade de Odontologia da USP; 2003.
3. Bishara SE, Soliman M, Laffoon JF, Warren J. Bishara SE, Soliman M, Laffoon JF, Warren J. Shear bond strength of a new high fluoride release glass ionomer adhesive. *Angle Orthod.* 2008; 78(1): 125-8.
4. Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil JP, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J.* 2006; 39(10): 809-18.
5. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002; 18(8): 596-602.
6. Braga RR, César PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(3): 257-62.

\*De acordo com o manual da FOAr/UNESP, adaptadas das normas Vancouver. Disponível no site:

<http://www.foar.unesp.br/#!/biblioteca/manual>

7. Cury AH, Goracci C, de Lima Navarro MF, Carvalho RM, Sadek FT, Tay FR, et al. Effect of hygroscopic expansion on the push-out resistance of glass ionomer-based cements used for the luting of glass fiber posts. *J Endod.* 2006; 32(6): 537-40.
8. Ferrari M, Vichi A, García-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and core. *Am J Dent.* 2000; 13(Spec No):15B-18B.
9. Friedler AP, Leinfelder K. The clinical application of a new post. *Dent Today.* 1999; 18(3): 1-3.
10. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile Bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater.* 2005; 21(5): 437-44.
11. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent.* 2005; 30(5) :627-35.
12. Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. *J Prosthet Dent.* 1996; 75(2):140-7.
13. Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, Toledano M. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006; 77(1):195-200.

14. O'connell MS, Morgan LA, Beeler W, Baumgartner JCA. Comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 2000;26(12):739-43.
15. Park SJ, Jin JS. Effect of silane coupling agent on interphase and performance of glass fibers/unsaturated polyester composites. *J Coll Inter Sci.* 2001; 242(10): 174-9.
16. Perdigão J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater.* 2006; 22: 752–8.
17. Pirani C, Chersoni S, Foschi F, Piana G, Loushine RJ, Tay FR, et al. Does hybridization of intraradicular dentin really improve fiber post retention in endodontically treated teeth? *J Endod.* 2005; 31(12): 891-4.
18. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent.* 2008; 10(4): 251–8.
19. Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME, Charlton DG. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater.* 2004; 20(7): 617-22.
20. Sadek FT, Goracci C, Monticelli F, Grandini S, Cury AH, Tay F, Ferrari M. Immediate and 24-hour evaluation of the interfacial strengths of fiber posts. *J Endod.* 2006; 32(12):1174-7.
21. Sahafi A, Peutzfeld A, Asmussen E, Gotfredsen K. Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. *Oper Dent.* 2004; 29(1): 60-8.

22. Scotti R, Ferrari M. Sistemas de adesão. In: Scotti R, Ferrari M. Pinos de fibra: considerações teóricas e aplicações clínicas. São Paulo: Artes Médicas; 2003. Cap. 7, p.67-74.
23. Sen D, Poyrazoglu E, Tuncelli B. The retentive effects of pre-fabricated posts by luting cements. J Oral Rehabil. 2004; 31(6): 585-9.
24. Soares CJ, Mitsui FH, Neto FH, Marchi GM, Martins LR. Radiodensity evaluation of seven root post systems. Am J Dent. 2005; 18(1): 57-60.
25. Vichi A, Grandini S, Davidson CR, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive system used for bonding fiber posts under clinical conditions. Dent Mat. 2002; 18(7): 495-512
26. Wrbas KT, Altenburger MJ, Schirrmester JF, Bitter K, Kielbassa AM. Effect of adhesive resin cements and post surface silanization on the bond strengths of adhesively inserted fiber posts. J Endod. 2007; 33(7): 840-3.

# 6 Apêndices

## ***MATERIAL E MÉTODO***

### **ARTIGO 1**

#### **MATERIAL**

Para confecção dos corpos-de-prova, foram utilizados retentores intrarradiculares pré-fabricados de dupla conicidade translúcidos de fibra de vidro White Post DC nº 3 (FGM). Para fixação dos retentores, foram utilizados diferentes sistemas resinosos para cimentação: cimento resinoso de polimerização dual Variolink® II (Ivoclar/Vivadent), e 2 cimentos resinosos auto-adesivos de polimerização dual - RelyX™ U100 (3M/Espe) e MaxCem Elite™ (Kerr) (Tabela 1). Foi utilizado para o tratamento do pino o silano (Primer Cerâmico 3M ESPE RelyX™) e para os cimentos que não são auto-adesivos, foi utilizado o condicionador de ácido fosfórico Scotchbond™ à 35% (3M/Espe) e sistema adesivo Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus (3M/Espe). Para os diferentes pré-tratamentos dentinários foram utilizados: ácido poliacrílico 11,5% (Vidrion condicionador de dentina – SS White); solução de ácido etilenodiaminotetracético – EDTA à 17% (Dentsply-Maillefer); e um Hipoclorito de sódio a 1% (Milton – Biodinâmica)



Tabela 1 Cimentos utilizados e composição segundo os fabricantes.

<b>CIMENTO RESINOSO</b>	<b>COR</b>	<b>COMPOSIÇÃO</b>	<b>FABRICANTE</b>
<b>Variolink® II</b>	Transparent	BisGMA, UEDMA, TEGDMA, Trifluoreto de itérbio, Peróxido de benzofl, Iniciadores, partículas inorgânicas	Ivoclar/Vivadent
<b>RelyX™ U100</b>	Translúcido	Éster fosfórico metacrilato ácido, TEGDMA, sílica, vidro, hidróxido de cálcio, Toluenosulfonato de sódio, persulfato de sódio	3M / Espe
<b>Maxcem Elite™</b>	Clear	Matriz resinosa (glicerol dimetacrilato); co-monomeros metacrilato; fotoiniciadores; particular inorgânicas	Kerr

## MÉTODO

### Seleção, preparo e inclusão das raízes

Foram coletados 216 dentes incisivos bovinos recém extraídos com raízes retas e livres de trincas, armazenados em timol a 0,5% após limpeza com curetas periodontais. Os dentes foram numerados, e foi realizada a mensuração na sua porção radicular em três regiões: cervical (RC), média (RM) e apical (RA), nos sentidos méso-distal (RMD) e vestibulo-lingual (RVL), e comprimento total da raiz (RT), utilizando paquímetro digital Mitutoyo. Após esta análise, foram selecionados 72 dentes com dimensões mais próximas da mediana. Foi calculada também as médias das dimensões dos dentes, anteriormente obtidas, para verificar a distribuição normal dos corpos-de-prova entre os grupos.

Em seguida, a porção coronária dos dentes foi removida, utilizando-se disco diamantado (KG Sorensen), padronizando o comprimento das raízes em 16 mm

(Newman et al., 2003). Para retirar o tecido pulpar dos condutos radiculares, foram utilizadas limas endodônticas tipo K (Dentsply-Maillefer), de primeira série até a numeração 30, sob abundante irrigação com hipoclorito de sódio a 1,0% para suspensão da matéria orgânica. Após esta etapa, as raízes foram numeradas, mantendo-as imersas em água destilada a 37° C em estufa por três dias.

As raízes foram incluídas em cilindros de PVC com 20 mm de diâmetro por 25 mm de altura, fixando-se a raiz à haste de um delineador protético (BioArt) com auxílio de broca Gates Gliden (Dentsply-Maillefer) e cera utilidade, de modo que o canal radicular fique perpendicular a platina do delineador. Após esta fixação, foi colocado o cilindro de PVC centralizando este na base do delineador e preenchendo-o com resina acrílica autopolimerizável. Após o preenchimento com resina, a haste foi baixada até que a região cervical radicular fique nivelada com a superfície da resina acrílica. Após a polimerização da resina acrílica, o conjunto raiz-resina do tubo de PVC foi removido, realizando-se a numeração do cilindro de resina segundo a numeração prévia da raiz.

### **Tratamento endodôntico e preparo dos canais radiculares**

Para o tratamento endodôntico, os dentes foram instrumentados mecanicamente, com comprimento de trabalho localizado a 1 mm aquém do forame apical e batente apical realizado com lima nº35. Aplicar-se-á a técnica escalonada regressiva com limas de aço inoxidável K-files (Dentsply-Maillefer) de 25 a 55 e brocas Gates Glidden (Dentsply-Maillefer) números 2, 3 e 4 com irrigação de hipoclorito de sódio a 2,5%. As raízes foram obturadas com guta-percha e cimento à

base de resina AH Plus (Dentsply-Maillefer). Após o tratamento endodôntico, as raízes ficaram armazenadas em água destilada a 37°C por 48 horas.

O preparo dos condutos radiculares para receber o retentor foi realizado com uma broca de Largo nº3, dando acesso a broca n.3 fornecida pelo próprio kit, apresentando forma e dimensões compatíveis com os pinos. A fresa foi levada em baixa rotação, até a profundidade de 11 mm (Goracci et al., 2004), distância esta limitada por *stops* de borracha.

### Divisão dos grupos experimentais

Os grupos foram divididos de acordo com o sistema de cimentação e pré-tratamento da dentina, sendo 8 amostras para cada grupo (n=8) de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Cimentos resinosos e pré-tratamentos dentinários utilizados.

GRUPOS	CIMENTO RESINOSO	PRÉ-TRATAMENTO DENTINÁRIO
<b>G1 (Controle)</b>	Variolink® II	Condicionamento com ácido fosfórico 35%
<b>G2</b>	RelyX™ U100	Água destilada
<b>G3</b>	RelyX™ U100	EDTA 17% por 1 minutos
<b>G4</b>	RelyX™ U100	Ácido Poliacrílico 11,5% por 30 segundos
<b>G5</b>	RelyX™ U100	Hipoclorito de Sódio por 1 min
<b>G6</b>	Maxcem Elite™	Água destilada
<b>G7</b>	Maxcem Elite™	EDTA 17% por 1 minutos
<b>G8</b>	Maxcem Elite™	Ácido Poliacrílico 11,5% por 30 segundos

G9

Maxcem Elite™

Hipoclorito de Sódio por 1 min

Todos os cimentos, após inseridos no conduto radicular, foram fotoativados por uma fonte de luz LED Elipar Freelight 2 (3M/Espe) com intensidade de luz aproximada de 900mW/cm<sup>2</sup>.

### **Pré-tratamento da dentina radicular**

Para os pinos que foram cimentados com materiais auto-adesivos, foram aplicados diferentes tipos de pré-tratamento da dentina, com o objetivo de remover ou modificar a camada de lama dentinária (*smear layer*). Nos grupos G2 e G6 não foi realizado nenhum tratamento na dentina radicular, apenas irrigação com água destilada. Para os grupos G3 e G7, previamente a aplicação do cimento resinoso, foi aplicado uma solução de EDTA 17% (**ácido** etilenodiaminotetracético) por um tempo de 1 minuto, seguido de lavagem com água por 1 minuto. Nos grupos G4 e G8, foi aplicado o ácido poliacrílico a 11,5% por 1 minuto, seguido de lavagem com água pelo mesmo tempo. Já para os grupos G5 e G8, foi utilizado o hipoclorito de sódio a 1% por 1 minuto, seguido de aspiração para remoção do mesmo.

### **Cimentação dos Pinos de Fibra de Vidro**

O tratamento do pino foi realizado sempre com o mesmo silano (Ceramic Primer – 3M/Espe) e, quando necessário, agente adesivo (apenas para o grupo G1 – Frasco 2/Bond - Scotch Bond Multi-Purpose – 3M/Espe). Já o tratamento do conduto radicular para a cimentação, foi realizados de acordo com os diferentes grupos, como segue abaixo:

## G1 – Cimento Resinoso Dual Convencional - (Variolink II)

### *1 Preparo do pino*

Para o preparo da superfície do pino, foi feito inicialmente o condicionamento da superfície com ácido fosfórico a 35% por 60 segundos visando à limpeza superficial, seguido de lavagem abundante com água corrente e secagem com jatos de ar. Após, com auxílio de um aplicador descartável (micro-brush), foi aplicado um silano, sendo a superfície do pino, após aguardado o tempo de 1 minuto, secou-se com jato de ar durante 5 segundos. Posteriormente, foi aplicado apenas o adesivo (bond) com auxílio de um micro-brush. Após, foi retirado os excessos de adesivo na superfície do pino com um novo micro-brush seco, para posterior fotoativação por 40 segundos.

### *2 Preparo do canal radicular*

Foi realizado o condicionamento do conduto radicular com ácido fosfórico a 35% pelo tempo de 15 segundos, seguido de lavagem do conduto com água, pelo dobro do tempo de condicionamento, através do auxílio de uma seringa descartável, penetrando-se a agulha no interior do canal para garantir que todo ácido foi removido. Após, foi removido o excesso de água do interior do conduto utilizando-se cones de papel absorvente, para posterior aplicação do sistema adesivo Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus. Primeiramente foi aplicado o Primer (frasco 1), com um micro-brush longo, seguido da aplicação de leves jatos de ar, para evaporação do solvente. Posteriormente colocou-se o Adesivo (frasco 2) removendo-se o excesso com cones de papel absorvente, realizando, então, a

fotoativação por 40 segundos, com a ponta ativa posicionada à altura da embocadura do canal radicular.

### *3 Manipulação do cimento e inserção do pino*

Para manipulação do cimento resinoso dual, foi dispensada a pasta base e catalisadora, em iguais proporções, sobre um bloco de papel impermeável, espatulando-as por dez segundos. O cimento manipulado foi levado no interior do canal por meio de uma sonda periodontal e sobre a superfície do retentor, aplicou-se uma fina camada do cimento. Posicionou-se o pino de fibra de vidro no interior do conduto, estabilizando-o manualmente de forma a ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Fez-se uma leve pressão no pino por 5 a 10 segundos. O excesso de cimento foi removido utilizando-se espátula para compósito, e em seguida o cimento foi fotoativado por 40 segundos com a ponteira posicionada paralela ao pino (na sua base) e mais 40 segundos em 45° com o longo eixo do pino.

## G2, G3, G4 e G5 – Cimento Resinoso Auto-adesivo (RelyX U100)

### *1. Preparo do pino*

Foi feita a limpeza do pino com ácido fosfórico e aplicação do silano de acordo com o protocolo do grupo G1. Não foi necessária aplicação do adesivo.

### *2. Preparo do canal radicular*

Realizado de acordo com os diferentes grupos, com seus respectivos pré-tratamentos dentinários, como mencionado na tabela 2.

### *3. Manipulação do cimento e inserção do pino*

Semelhante ao grupo G1

## G6, G7, G8 e G9 – Cimento Resinoso Auto-adesivo (Maxcem Elite)

### *1. Preparo do pino*

Semelhante ao preparo do pino no grupo G2.

### *2. Preparo do canal radicular*

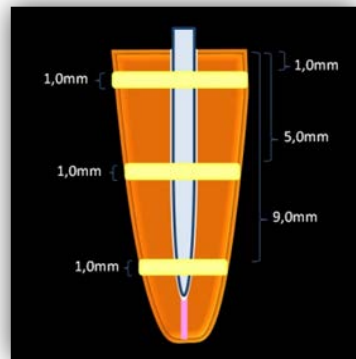
Realizado de acordo com os diferentes grupos, com seus respectivos pré-tratamentos dentinários, como mencionado na tabela 2.

### *3. Manipulação do cimento e inserção do pino*

Semelhante ao grupo G2.

## **Secção das Raízes**

Após a cimentação dos retentores intra-radiculares, as raízes foram mantidas em água destilada em estufa a 37°C por 24 horas. Foram realizados três demarcações na superfície radicular, 1mm a partir da superfície cervical, distantes três milímetros entre si, ficando a última medida localizada aos nove milímetros.(Esquema 1). Os espécimes foram fixados em máquina de corte Isomet 1000 (Buehler UK LTD – Figura 1), seccionando perpendicularmente ao longo eixo as raízes em pontos demarcados, obtendo-se três secções, referentes aos terços cervical, médio e apical, seccionando também o remanescente coronário do pino de fibra de vidro. Após a secção, foram numerados os segmentos de acordo com a numeração do corpos-de-prova, seguido da marcação referente ao terço seccionado (C, M e A).



Esquema 1 Desenho esquemático representando a localização dos cortes para a obtenção das fatias



## Ensaio Mecânico

Foi utilizada uma máquina de ensaios universais MTS 810 Material Test System (Figura 1) com célula de carga 50Kg. Imediatamente após os cortes, as amostras foram posicionados em uma base metálica com 20mm de diâmetro e em seu interior um orifício com 3mm ao centro, mantendo as secções invertidas, com a porção cervical voltada para baixo e a região dos retentores cimentados coincidindo com o orifício menor.

Figura 1 - Máquina de corte Isomet 1000 e Máquina de ensaios universais MTS 810 Material Test System.



Foi fixado no mordente da máquina de ensaios uma haste metálica com ponta ativa cilíndrica com 1mm de diâmetro. O ensaio *push-out* foi realizado à velocidade de  $0,5 \text{ mm/min}^{-1}$  até o deslocamento do retentor intra-radicular.

Os valores de resistência em kgf, foram convertidos para MPa dividindo-se a força necessária para o deslocamento dos retentores pela área do conduto radicular, de acordo com a equação (Esquema 2). Os dados foram tabulados para posterior realização da análise estatística, onde foram submetidos ao teste kruskall wallis com post-hoc com teste dunn, com nível de significância de 5%.

Esquema 2 - formula para a transformação dos dados de Kgf para Mpa.

$$T = \frac{F}{A}$$

Onde:

- T = tensão de extrusão (MPa)
- F = força necessária para extrusão (N)
- A = área de superfície aderida (mm<sup>2</sup>)

Para o cálculo da área do cone, foi utilizada a fórmula abaixo:

$$A_L = \pi(R + r)\sqrt{h^2 + (R - r)^2}$$

### **Análise do tipo de fratura**

Após o teste push-out, as amostras foram analisadas por microscópio para determinar o tipo de fratura, de acordo com Perdigão et al. (2006): Tipo 1: adesiva entre o pino e o cimento resinoso (sem cimento visível no pino); Tipo 2: mista, com cimento resinoso cobrindo 0-50% da superfície do pino; Tipo 3: mista, com cimento resinoso cobrindo 50-100% da superfície do pino; Tipo 4: adesiva entre o cimento resinoso e a dentina radicular;

Tipo 5: coesiva da dentina.

## **ARTIGO 2**

Foi realizado uma revisão dos artigos na base de dados Pubmed e Scopus relacionados a cimentação pinos de fibra com cimentos resinosos auto-adesivos, assim como a metodologia para os testes de resistência adesiva.

Autorizo a reprodução deste trabalho  
(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 12 de Março de 2013

Luiz Rafael Calixto Lima