



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Reinaldo de Souza Ferreira

**Influência do sistema de cimentação e do modo de ativação na resistência ao
push-out de pinos de fibra de vidro**

Rio de Janeiro

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Reinaldo de Souza Ferreira

**Influência do sistema de cimentação e do modo de ativação na resistência ao *push-out*
de pinos de fibra de vidro**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda

Rio de Janeiro

2009

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

F383 Ferreira, Reinaldo de Souza.
Influência do sistema de cimentação e do modo de ativação na resistência ao *push-out* de pinos de fibra de vidro / Reinaldo de Souza Ferreira. – 2009. 123f.

Orientador: Mauro Sayão de Miranda.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Pinos dentários . 2. Cimentos de resina. 3. Adesivos dentinários. I. Miranda, Mauro Sayão de. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. III. Título.

CDU
616.314

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Reinaldo de Souza Ferreira

Influência do sistema de cimentação e do modo de ativação na resistência ao *push-out* de pinos de fibra de vidro

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dentística.

Aprovada em 04 de dezembro de 2009.

Orientador:

Prof. Dr. Mauro Sayão de Miranda
Faculdade de Odontologia da UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hélio Rodrigues Sampaio Filho
Faculdade de Odontologia da UERJ

Prof. Dr. Luiz Narciso Baratieri
Departamento de Odontologia da UFSC

Prof. Dr. Márcio Antônio Paraizo Borges
Instituto de Odontologia da PUC-Rio

Rio de Janeiro

2009

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Rafinha, que sempre me deu alegria e garra para concluir este trabalho. Com sinceras e puras palavras ou mesmo um simples sorriso tornava a labuta menos árdua. Nos momentos de dificuldade, bastava sentir sua presença para que tudo tivesse sentido. Pela compreensão dos momentos nos quais não pude estar mais perto.

À minha Amada, minha Esposa e Companheira de todos os momentos, Cris. Não há sentido em agradecer pela compreensão de momentos de ausência, pois não houve separação. Em todos os momentos, esteve comigo participando ativamente da realização desta dissertação, com muito carinho e competência. A cada segundo me deu forças e apoio para cumprir o trabalho. Sem você, meu Amor, não teria conseguido subir mais esse degrau.

Aos meu pais, Helena e Reinaldo, que me ensinaram o significado de responsabilidade, determinação e dedicação. O crescimento em uma família que sempre me deu amor, carinho e orientação me conduziu a este momento importante para todos nós. Vocês foram o começo de tudo, a razão de tudo, e por isso merecem todo meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

À Marinha do Brasil, por ter me concedido a oportunidade de realizar esse Curso com integral dedicação. Em especial aos amigos Márcio Paraízo e Eduardo Vaz que me incentivaram e apoiaram desde o momento em que decidi participar do concurso de seleção ao Mestrado.

Ao Professor Baratieri por ter despertado em mim o amor pela Dentística. Em 1989, quando ainda era graduando, me fascinei pela especialidade quando tive contato com o livro “Dentística: Procedimentos Preventivos e Restauradores”. A partir daquele momento, tive a certeza de qual seria meu rumo. No biênio 1997/98 o Professor contribuiu ativamente na minha formação de Especialista em Dentística na UFSC, possibilitando a realização de um grande sonho.

Ao Prof. Mauro Sayão, que muito mais do que um coordenador e orientador, tornou-se um amigo. Seu conhecimento e experiência foram fundamentais para realização dessa Dissertação. A convivência harmônica, baseada em respeito e parceria, fizeram com que a realização do Curso fosse feita de forma agradável.

À Professora Katia Dias, por todo o seu incentivo e orientação durante o Mestrado e pelo estímulo para que eu galgasse níveis mais elevados do conhecimento. Sua polidez, gentileza, bom astral e bom-senso cativam a todos que têm a sorte de tê-la por perto.

Ao Exército Brasileiro, especificamente ao Instituto Militar de Engenharia, por ter cedido o Laboratório de Ensaios Mecânicos para realização dos experimentos. Ao TC QEM (RM1) Dr. Elias e ao Maj. QEM Dr. Sousa Lima agradeço pela ajuda, que extrapolou o simples auxílio a uma Força Irmã. Ao técnico do laboratório, Leonardo Francisco da Cruz, que com toda sua experiência, capacitação e incomparável dedicação levou a cabo o ensaio mecânico nos infindáveis corpos de prova..

À Disciplina de Dentística da Faculdade de Odontologia da UFF por ter disponibilizado o Laboratório Analítico de Biomateriais Restauradores (LABiom-R), imprescindível para este trabalho. Ao amigo, Prof. Eduardo, coordenador da Disciplina, por todo seu apoio, conhecimento, experiência e gentileza. À técnica do Laboratório, Simone Krepsky que demonstrou grande conhecimento e habilidade, colaborando de forma muito solícita para a confecção dos corpos de prova.

Ao Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia (DCMM) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro pela realização das análises das imagens digitais. Ao

Dr. Sidnei Paciornik que com seu grande saber e cordialidade orientou na realização de mensurações das imagens desta pesquisa no Laboratório de Processamento Digital de Imagens (LPDI) e ao Dr. Marcos Henrique Pinho Maurício, que desenvolveu com inigualável competência e presteza a Macro utilizada no presente estudo, sem a qual seria impossível obter alguns importantes dados.

Aos funcionários da Secretaria Pós-Graduação da FO-UERJ, Antônio, Denise, José Carlos, que de forma serena e hábil, deram todo o suporte para a realização do Curso.

E por último, mas não menos importante, agradeço aos colegas de turma do Mestrado e do Doutorado: Eduardo, Gleidson, Kelma, Laísa, Mariana, Monique, Vinícius, Ana Paula, Ana Regina, João Paulo, Leandro, Marcelo, Martha, Cristiane, Dennis, Paulo, Rafael, Sílvia e Thiago. A convivência durante esses dois anos fez com que o Curso fosse realizado com alegria em um clima de companherismo e foi muito importante para aprendizado e crescimento além da Odontologia. Um abraço especial aos parceiros Gleidson e Leandro e beijo à Mari, pela amizade, carinho e momentos de descontração.

RESUMO

FERREIRA, Reinaldo de Souza. **Influência do sistema de cimentação e do modo de ativação na resistência ao *push-out* de pinos de fibra de vidro**. 2009. 123f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de sistema de cimentação (condicionamento ácido total ou autoadesivo), do modo de ativação (autoativado ou dual), do terço do conduto radicular (cervical, médio ou apical) e da espessura do filme de cimento sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados em dentes humanos. Quarenta raízes foram incluídas em resina epóxi, submetidas a tratamento endodôntico e obturadas com guta percha e cimento endodôntico sem eugenol. Decorridos sete dias, os condutos foram preparados a uma profundidade de 10mm com brocas padronizadas do sistema dos pinos de fibra (WhitePost DC #2) e aleatoriamente divididos em 4 grupos, conforme o sistema de cimentação e o modo de ativação: (G1) RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus (condicionamento ácido total), ativação dual, (G2) RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus, autoativado, (G3) RelyX U100 (autoadesivo), dual e (G4) RelyX U100, autoativado. Após uma semana, cada raiz foi seccionada em máquina de corte, originando 6 fatias de 1 mm de espessura (n=60). Antes do ensaio de *push-out* cada fatia foi fotografada em ambas as faces, para determinação do raio dos pinos e da espessura do filme de cimento. Após o ensaio mecânico, novas imagens foram capturadas para determinação do modo de falha. Para automatizar a determinação da espessura de cimento, foi desenvolvida uma “macro” no software KS 400. Os dados foram estatisticamente analisados com ANOVA 3 fatores (resistência de união) e teste de Kruskal-Wallis (espessura do cimento). Comparações múltiplas foram realizadas com o teste Student-Newman-Keuls. Análise de regressão, modelo linear, foi empregada para verificar a correlação entre espessura do cimento e resistência de união. Todos os testes foram aplicados com $\alpha = 0,05$. O fator cimento exerceu influência significativa para a resistência de união ($p = 0,0402$): o RelyX U100 apresentou a maior média. A ativação dual elevou os valores de resistência de união em comparação ao modo quimicamente ativado ($p < 0,0001$). Houve diferenças significantes entre os grupos, sendo $G1 (22,4 \pm 4,0 \text{ MPa}) > G3 (20,4 \pm 3,6 \text{ MPa}) > G4 (17,8 \pm 5,2 \text{ MPa}) > G2 (13,5 \pm 4,3 \text{ MPa})$. O terço do conduto não exerceu influência significativa sobre a resistência adesiva ($p = 0,4749$). As espessuras dos filmes de cimento foram estatisticamente diferentes nos diferentes terços: cervical ($102 \pm 45 \mu\text{m}$) > médio ($75 \pm 29 \mu\text{m}$) > apical ($52 \pm 28 \mu\text{m}$). Não foi observada forte correlação entre os valores de espessura e os de resistência ao *push-out* ($r = -0,2016$, $p = 0,0033$). O tipo de falha predominante foi a mista, exceto para o G2, que apresentou 74% das falhas na interface cimento-pino. Dessa forma, o cimento autoadesivo apresentou melhor desempenho que o convencional, e ambos os sistemas duais, sobretudo o RelyX ARC, apresentaram dependência da fotoativação para atingirem maiores valores de resistência de união.

Palavras-chave: Pinos de fibra. Cimentação. Cimentos de resina. Cimentos resinosos autoadesivos. Adesivos dentinários. Resistência de união.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of adhesive cementation system approach (total-etch or self-adhesive), activation mode (self-cure or dual-cure), canal third (cervical, middle or apical) and cement thickness on push-out bond strength of glass fiber post bonded on human roots. Forty roots were embedded in epoxy resin and endodontically treated (filled with gutta percha and non-eugenol endodontic sealer). Following 7 days, the post spaces were prepared with low-speed post drills provided by the manufacturer (WhitePost DC #2, FGM) at a depth of 10 mm and the roots were randomly divided in 4 groups, according to cementation system and activations mode: (G1) RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus (total-etch), dual-cure (G2) RelyX ARC/Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus, self-cure, (G3) RelyX U100 (self-adhesive), dual-cure and (G4) RelyX U100, self-cure. After 7 days, each root was sectioned with water-cooled diamond blade, generating six 1-mm thickness slices (n=60). Before push-out bond strength test, digital images of both sides of the slices were captured with digital camera, in order to measure the post radius and the cement thickness. After mechanical test, new images were captured to evaluate the failure mode. A macro was developed in KS 400 software to speed and standardize the evaluation of cement thickness. Results were analyzed using three-way ANOVA (push-out) and Kruskal-Wallis test (cement thickness). *Post-hoc* multiple comparisons were performed using the Student-Newman-Keuls test. The correlation between resin cement thickness and bond strength was evaluated with regression analysis, linear model. All tests were performed with significance level set at 0.05. Push-out bond strength was significantly influenced by cement type ($p=0.0402$): the RelyX U100 cement presented higher mean value. The dual-activated mode increased the bond strength in comparison to self-activated mode ($p < 0.0001$). Statistically differences were observed between groups: G1 (22.4 ± 4.0 MPa) > G3 (20.4 ± 3.6 MPa) > G4 (17.8 ± 5.2 MPa) > G2 (13.5 ± 4.3 MPa). Bond strength was not affected by post space depth ($p = 0,4749$). The resin cement thicknesses were significantly different in root thirds: cervical (102 ± 45 μ m) > middle (75 ± 29 μ m) > apical (52 ± 28 μ m). No strong correlation between cement thickness and push-out bond strength was observed ($r = - 0.2016$, $p = 0.0033$). The main failure mode was mixed, except for G2 (74% adhesive failures at post-cement interface). It was concluded that the self-adhesive cement showed a better performance than the conventional one, and both dual resin systems, specially the RelyX ARC, presented photo-activation dependence to attain greater adhesive bond strength.

Keywords: Fiber posts. Cementation. Resin cements. Self-adhesive resin cements. Dentin-bonding agents. Bond strength.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Marcação da raiz de dente unirradicular (15mm de comprimento), para seccionamento.....	58
Figura 2 –	(a) Delineador, (b) Posicionamento de broca Gates Glidden no interior do conduto, perpendicular à horizontal e (c) Estabilização do dente com cera pegajosa.....	59
Figura 3 –	Dispositivo para padronização do preparo do conduto.....	60
Figura 4 –	(a) Dispositivo para manutenção de carga constante de 500g durante a cimentação.(b) Close da aplicação da carga.....	62
Figura 5 –	(a) Face apical do corpo de prova; (b) Face cervical, identificada com marcação.....	64
Figura 6 –	Corpos de prova armazenados em água, dentro de caixa com divisões individualizadas.....	65
Figura 7 –	Posicionamento do êmbolo metálico no centro do pino, para realização de ensaio de <i>push-out</i>	65
Figura 8 –	Ajuste da imagem para facilitar a identificação e diferenciação das estruturas a serem medidas.....	67
Figura 9 –	Delimitação dos contornos do pino e da luz do conduto com o <i>software</i> AxioVision 4.7. (a) Ferramenta <i>circle points</i> (utilizada para perímetro dos pinos e luz de condutos circulares).(b) Ferramenta <i>outline spline</i> (utilizada na luz do conduto oval).....	67
Figura 10 –	Tela do <i>software</i> AxioVision 4.7. As medidas em milímetros dos diâmetros dos pinos são fornecidas na janela <i>properties</i>	68
Figura 11 –	Imagem binária dos contornos.....	70
Figura 12 –	Dilatação dos perímetros em 1 <i>pixel</i>	70
Figura 13 –	Preenchimento perímetro externo.....	70
Figura 14 –	Contração do objeto em 2 <i>pixels</i>	70
Figura 15 –	Contorno interno (pino) preenchido.....	71
Figura 16 –	Área do cimento.....	71
Figura 17 –	Geração de 36 raios a partir do centro do pino.....	71

Figura 18 – Intersecção dos raios com a área do cimento.....	71
Figura 19 – Espessuras do filme do cimento na imagem binária.....	71
Figura 20 – Espessuras do filme do cimento na imagem original.....	71
Figura 21– Falha adesiva cimento-dentina. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).....	72
Figura 22– Falha adesiva cimento-pino. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).....	73
Figura 23– Falha mista. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).....	73
Figura 24– Falha mista com fratura coesiva de dentina. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).....	73
Figura 25 – Pela face apical, a imagem sugere falha adesiva entre o pino e o cimento (a). A avaliação da face cervical da mesma fatia evidencia falha do tipo mista (b).....	84
Figura 26 – Falha do tipo coesiva no pino de fibra de vidro.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Análise estatística com teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) dos valores da espessura do filme de cimento (μm) nos 3 terços do conduto	78
Gráfico 2 -	Análise de Regressão Linear - Correlação Resistência de União (MPa) X Espessura do filme de cimento (μm).....	78
Gráfico 3 -	Modo de falha de todos os grupos.....	79
Gráfico 4 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX ARC.....	79
Gráfico 5 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX U100.....	80
Gráfico 6 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX ARC, modo DUAL (Grupo 1).....	80
Gráfico 7 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX ARC, modo Autoativado (Grupo 2).....	80
Gráfico 8 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX U100, modo DUAL (Grupo 3).....	81
Gráfico 9 -	Modo de falha do cimento resinoso RelyX U100, modo Autoativado (Grupo 4).....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição, lote e validade dos materiais (segundo 3M ESPE).....	61
Tabela 2 – Grupos testados, de acordo com sistema de cimentação e modo de ativação.....	61
Tabela 3 – Número de fatias a serem testadas (subdivisão por terços do conduto radicular).....	64
Tabela 4 – Distribuição dos corpos de prova válidos, por terços do conduto.....	75
Tabela 5 – Média e desvio padrão da resistência de união dos grupos testados.....	76
Tabela 6 – Média e desvio padrão da resistência de união dos subgrupos testados, levando em consideração os diferentes terços dos condutos.....	77
Tabela 7 – Média, desvio padrão e mediana da espessura do filme de cimento, geral e nos diferentes terços do conduto.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIS-GMA	Bisfenol-A glicidilmetacrilato
EDTA	Ácido etileno diamino tetra acético
EDX	Espectroscopia dispersiva de raio-X
fator-C	Fator de configuração cavitária
FT-IR	Espectrometria no infravermelho com transformada de Fourier
FT-IR/ATR	Espectrometria no infravermelho com transformada de Fourier/ Reflectância total atenuada
FT-Raman	Espectrometria Raman com transformada de Fourier
GPC	Cromatografia de permeação em gel
Gy	Gray
HEMA	Hidroxi-etil metacrilato
ICP-OES	Espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado
ISO	International Standards Organization
Jcm ⁻²	Jaule(s) por centímetro quadrado
Laser	Light Amplification by Stimulated Emission
LED	Light-Emitting Diode (diodo emissor de luz)
MET	Microscopia Eletrônica de Transmissão
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MPa	Megapascal(s)
mW	Miliwatt(s)
mWcm ⁻²	Miliwatt(s) por centímetro quadrado
NMF	Núcleo Metálico Fundido
pH	Potencial hidrogeniônico

PVC	Cloreto de Polivinila
Rpm	Rotação(ões) por minuto
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
WDS	Espectrometria dispersiva de comprimento de onda
XPS	Espectroscopia fotoelétrica de raio-X

LISTA DE SÍMBOLOS

Al_2O_3	Óxido de alumínio
H_2O_2	Peróxido de hidrogênio
HF	Ácido fluorídrico
H_3PO_4	Ácido fosfórico
Al	Alumínio
Si	Silício
Na	Sódio
Sr	Estrôncio
La	Lantânio
Ba	Bário
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Hidróxido de cálcio
NaOCl	Hipoclorito de sódio

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	18
1	REVISÃO DA LITERATURA	22
1.1	Pinos resinosos fibro-reforçados (Pinos de fibra)	22
1.1.1	<u>Estrutura e propriedades</u>	22
1.1.2	<u>Capacidade de condução de luz e fotoativação</u>	23
1.1.3	<u>Tratamento superficial dos pinos de fibra intrarradiculares</u>	26
1.2	Cimentação Adesiva	28
1.2.1	<u>Modo de ativação e polimerização dos sistemas de cimentação resinosos</u>	30
1.2.2	<u>Cimentos autoadesivos</u>	34
1.2.2.1	Adesão dos cimentos autoadesivos à estrutura dental.....	38
1.2.2.2	Cimentação de pinos de fibra com cimentos autoadesivos.....	39
1.3	Fatores que interferem na adesão intrarradicular	44
1.3.1	<u>Espessura da camada de cimento</u>	50
1.4	Teste de resistência de união por <i>push-out</i>	52
2	PROPOSIÇÃO	55
3	MATERIAL E MÉTODOS	56
3.1	Material	56
3.2	Métodos	58
3.2.1	<u>Preparo dos espécimes</u>	58
3.2.2	<u>Cimentação adesiva</u>	59
3.2.3	<u>Ensaio de <i>push-out</i></u>	63
3.2.4	<u>Avaliação da espessura do filme de cimento</u>	66
3.2.4.1	Desenvolvimento da Macro.....	69
3.2.5	<u>Avaliação do modo de falha</u>	72
3.2.6	<u>Análise Estatística</u>	74
4	RESULTADOS	75
5	DISCUSSÃO	82
5.1	Metodologia	82
5.2	Resultados	86
6	CONCLUSÕES	96

REFERÊNCIAS	97
APÊNDICE A – Macro desenvolvida no <i>software</i> KS 400 (Carl Zeiss) para determinação da espessura do filme de cimento.....	112
APÊNDICE B – Modo de falha, resistência de união e espessura do filme de cimento dos espécimes.....	117
ANEXO - Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto.....	123

INTRODUÇÃO

Na prática clínica diária, observa-se uma grande quantidade de dentes tratados endodonticamente com extensa destruição coronária, por processo carioso, trauma, preparo cavitário e acesso endodôntico. Nesses casos, para a recuperação da função e estética é frequentemente necessário o uso de retentores intrarradiculares, que têm o objetivo primário de reter ao remanescente dental o núcleo de preenchimento ou mesmo uma restauração direta.¹⁻⁴

Para a obtenção de resultados favoráveis, os materiais utilizados para restaurar dentes tratados endodonticamente deveriam ter propriedades físicas e mecânicas semelhantes às da dentina e apresentar adesão à estrutura dentária e biocompatibilidade.⁴⁻⁵ Atualmente, a estética também tornou-se um importante requisito.^{1,4}

Até o final do século XX, os núcleos metálicos fundidos (NMF) ou os pinos metálicos pré-fabricados eram as únicas alternativas de tratamento para dentes com necessidade de restaurações com retenção intrarradicular. Contudo, a crescente demanda por restaurações estéticas e com propriedades semelhantes à estrutura dental levou ao desenvolvimento de sistemas livres de metal, como os pinos de zircônia e os pinos resinosos fibro-reforçados (pinos de fibra).

Os pinos de fibra de carbono foram introduzidos no final do século XX como uma alternativa aos pinos metálicos e aos núcleos metálicos fundidos.⁶⁻⁷ Apesar das vantagens apresentadas, especialmente o módulo de elasticidade semelhante ao da estrutura dental⁸, esses pinos apresentavam coloração escura e radiolucidez, desvantagens que foram contornadas com o advento dos pinos de fibra de quartzo, vidro, sílica ou zircônia. Outras vantagens dos pinos de fibra são a resistência à corrosão, estética, facilidade de remoção do conduto para retratamento endodôntico e menor número de sessões clínicas para a confecção.^{2,4} As propriedades elásticas mais próximas às da dentina humana^{8,9} possibilitam a distribuição uniforme de tensões¹⁰, reduzindo o risco e a severidade de fraturas radiculares.^{3,11-12} É importante observar que a transmissão de forças ao remanescente depende do quanto o pino está aderido à estrutura dental.⁹

Do ponto de vista endodôntico, deve ser considerado que os pinos cimentados adesivamente apresentaram menor microinfiltração que os cimentados de forma convencional.¹³ Além disso, o uso de NMF requer a confecção de restauração temporária após

o preparo do conduto, o que aumenta o risco de reinfecção do canal devido à infiltração coronal.¹⁴

Atualmente, é aceito que o uso de pinos de fibra, em combinação com núcleos de preenchimentos com resinas compostas, é uma alternativa viável aos núcleos metálicos fundidos³, podendo ser empregados rotineiramente para restaurar dentes tratados endodonticamente, extensamente destruídos.¹⁵⁻¹⁶ Em períodos de observação de até 8 anos foi constatada uma taxa de sobrevivência de 98,5 %.¹⁷ A sobrevivência foi influenciada pela quantidade de remanescente coronal¹⁶⁻¹⁷, tendo sido demonstrado que a presença de férula cervical contribuiu positivamente para a longevidade do tratamento, pois reduziu as tensões nessa região.¹⁸

O procedimento de cimentação adesiva de pinos de fibra em condutos radiculares é extremamente sensível e desfavorável^{1,19-22}, devendo seguir um protocolo metuculoso, já que diversos fatores podem comprometer seu sucesso.

Dentro do conduto radicular, a grande variabilidade de orientação e densidade dos túbulos dentinários^{19,23}, a espessa camada de *smear layer*, mesmo após o condicionamento ácido²⁴, o inadequado acesso, o difícil controle da umidade e o elevadíssimo fator-C²⁰, dificultam sobremaneira a criação de uma forte e duradoura interface adesiva.

Para a cimentação adesiva dos pinos de fibra é recomendado o emprego de sistemas de cimentação resinosos.^{1,25-26} Tradicionalmente, tais sistemas são compostos de um cimento resinoso e um sistema adesivo.

Os sistemas resinosos utilizados podem ser do tipo condicionamento ácido total (de 3 ou 2 passos) ou autocondicionantes (de 2 ou 1 passo).^{1,27} Quanto ao modo de ativação, podem ser autoativados, fotoativados ou duais.²⁷ O uso de sistemas adesivos simplificados deve ser avaliado com muita cautela, pois eles se comportam como membranas semipermeáveis.^{26,28-30}, permitindo transudação de fluidos, o que pode afetar adversamente a união dos cimentos resinosos, sobretudo os autopolimerizáveis ou duais.²⁸ Além disso, a incompatibilidade química entre os monômeros acídicos dos sistemas simplificados e o sistema peróxido-amina dos cimentos autoativados ou duais compromete severamente a adesão à estrutura dental. Por esses motivos, para a cimentação adesiva de pinos de fibra são normalmente indicados sistemas adesivos baseados na aplicação de uma camada de adesivo hidrófobo (condicionamento ácido de 3 passos ou autocondicionante de 2 passos).²⁶⁻²⁷

Os cimentos adesivos empregados são classificados quanto ao modo de ativação em autoativados, fotoativados ou duais. Os primeiros são ativados pelo sistema peróxido de benzoíla-amina, e os segundos por um sistema que apresenta um fotoiniciador, usualmente a

canforoquinona. Já os duais, contém fotoiniciadores e iniciadores químicos, sendo formulados para não dependerem somente da fotoativação para polimerizarem.²⁶⁻²⁷ Esses cimentos foram desenvolvidos para prover alguns benefícios dos materiais fotoativados e dos quimicamente ativados, como um tempo de trabalho aumentado, com a possibilidade atingir alto grau de polimerização com presença ou ausência de luz.³¹⁻³² Todavia, alguns cimentos duais são primariamente dependentes de fotoativação, assim um inadequado grau de conversão ocorre quando a energia luminosa não está disponível.³³⁻³⁴

Em função da dificuldade do acesso da luz às porções mais apicais do conduto radicular, é normalmente indicado o uso de pinos translúcidos, que teriam o potencial de transmissão da energia luminosa em toda extensão do conduto.¹ Entretanto, alguns estudos³⁵⁻⁴⁰ demonstraram que tais pinos têm limitada capacidade de transmissão de luz, de modo que a polimerização do cimento resinoso dual nos terços apicais ocorreria por ativação exclusivamente química³⁷⁻³⁸, o que é uma preocupação.

Mais recentemente, foram desenvolvidos os cimentos resinosos autoadesivos. São cimentos duais que, segundo os fabricantes, combinam a facilidade de manipulação oferecida pelos cimentos de ionômero de vidro com as propriedades mecânicas favoráveis, estética e boa adesão dos cimentos resinosos.³¹

Em busca realizada no PubMed, foi constatado que o RelyXTM Unicem (3M ESPE AG) é o cimento autoadesivo mais avaliado, tendo sido citado pela primeira vez em 2003.⁴¹ No mercado norte-americano e europeu, a versão disponibilizada em cápsulas pré-dosadas é comercializada como RelyXTM Unicem AplicapTM ou MaxicapTM, dependendo do conteúdo (peso), e a versão em tubos de auto-mistura é conhecida por RelyXTM Unicem ClickerTM. Segundo o fabricante, trata-se do mesmo produto, com diferentes formas de apresentação.³¹ No Brasil a versão em *clicker* é conhecida como RelyXTM U100 e a versão em cápsulas simplesmente como RelyXTM Unicem.

O RelyX Unicem dispensa as etapas de condicionamento ácido e aplicação prévia de sistema adesivo, além de apresentar tolerância à umidade, o que tornaria os procedimentos mais rápidos, fáceis e menos sensíveis à técnica.³¹ As propriedades adesivas do cimento são atribuídas aos monômeros acídicos que desmineralizam e infiltram no substrato dental e criam retenção micromecânica e adesão química à hidroxiapatita.⁴⁰ Esse cimento apresentou propriedades elásticas semelhantes aos cimentos resinosos convencionais⁴¹ e baixa contração e tensão de polimerização.⁴² Todavia, demonstrou baixo grau de conversão tanto no modo dual quanto no exclusivamente autoativado.^{34,43}

Além desse, alguns cimentos representantes dessa nova categoria são: G-Cem (GC Corp., Alsip, IL, EUA), MaxCem (Kerr Corp., Orange, CA, EUA), BisCem (Bisco Inc., Schuamburg, IL, EUA), Smart Cem 2 (Caulk Dentsply, Milford, DE, EUA), Embrace Wetbond (Pulpdent Corp., Watertown, MA, EUA) e Multilink Sprint (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein).

Os resultados do desempenho do cimentos autoadesivos em relação aos “convencionais” na cimentação de pinos de fibra são conflitantes. Enquanto alguns estudos⁴⁴⁻⁴⁸ demonstraram resultados de resistência de união inferiores aos sistemas “convencionais” associados a sistemas adesivos, outros⁴⁹⁻⁵³ apresentaram resultados superiores.

Outro aspecto ainda controverso é a influência da espessura do cimento resinoso sobre a resistência de união de pinos de fibra. Se por um lado, algumas pesquisas⁵⁴⁻⁵⁵ demonstraram que um máximo ajuste implica maiores valores de união, outras⁵⁶⁻⁵⁹, não.

Como a principal causa de falha dos pinos de fibra é a descimentação^{15-16,60-64}, ainda há necessidade de pesquisar materiais e técnicas que possibilitem forte e durável adesão à dentina intrarradicular.

Em função das lacunas encontradas na literatura, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do modo de ativação (dual ou exclusivamente autoativado) e da espessura do filme de cimento sobre a resistência de união regional (cervical, média e apical) de pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos com cimentos resinosos que apresentam diferentes filosofias de adesão (condicionamento ácido total de 3 passos ou autoadesivo).

1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Pinos resinosos fibro-reforçados (Pinos de fibra)

1.1.1 Estrutura e propriedades

Os pinos de fibra consistem de fibras inorgânicas (carbono, vidro ou quartzo) silanizadas, embebidas em uma matriz orgânica de resina epóxica ou de metacrilatos.⁶⁸ A incorporação de fibras em uma matriz polimérica tem o objetivo de elevar a resistência e a rigidez do material, sendo que essas propriedades dependem tanto das propriedades das fibras, como também do quanto a carga aplicada é transmitida a elas pela matriz resinosa. Assim, a adesão interfacial entre as fibras e a matriz é de fundamental importância. O emprego de fibras contínuas melhora a resistência do material. Além disso, deve ser considerado que as propriedades mecânicas de compósitos reforçados por fibras unidirecionais são altamente anisotrópicas, ou seja, dependem da direção da aplicação da carga, apresentando maior resistência com cargas longitudinais e menor com as transversais.⁶⁹

Os pinos White Post DC (FGM, Joinville, Brasil) são constituídos de fibras de vidro (80 \pm 5% em peso) embebidas em matriz de resina epóxi (20 \pm 5% em peso) e apresentam módulo de elasticidade entre 30 e 50 GPa e resistência à flexão superior a 800 MPa.⁷⁰

Os diâmetros das fibras de oito pinos avaliados (seis de vidro e dois de quartzo) variaram de 8,2 μ m a 21 μ m e a proporção fibra/matriz variou de 41% a 76%. Foi observada significativa correlação linear ($r = 0,922$; $p = 0,003$) entre a proporção fibra/matriz e a resistência à flexão dos pinos de fibra.⁷¹

Para o corte dos pinos de fibra de carbono, quartzo ou vidro é indicado o uso de pontas diamantadas ou de disco de carborundum, sempre sob refrigeração ar-água, por produzirem superfícies mais regulares, mantendo a integridade dos pinos. O corte com tesoura é contraindicado por causar danos estruturais.⁷²

Quando comparados com pinos metálicos (ouro, aço e titânio), os pinos de fibra (carbono, sílica/zircônia e vidro de zircônio) apresentaram valores de resistência à flexão e módulo flexural semelhantes entre si e mais próximos ao da dentina radicular, podendo possibilitar uma distribuição mais uniforme de tensões.⁸

Enquanto os pinos cerâmicos de zircônia são frágeis e sem ductibilidade, os de pinos de fibra de carbono apresentam menores valores de rigidez, limite elástico e resistência, o que pode prover uma distribuição mais uniforme de tensões ao dente.⁹ Em comparação a pinos cerâmicos de zircônia, os pinos de fibra (quartzo ou carbono/quartzo) reduziram ao mínimo o risco de fraturas radiculares de dentes restaurados com núcleos de compósitos e coroas cerâmicas.¹¹ Os pinos de fibra de quartzo apresentaram resistência à flexão significativamente superior aos de fibra de vidro.⁷¹

1.1.2 Capacidade de condução de luz e fotoativação

Diversos estudos^{36,40,73} que avaliaram quantitativamente a capacidade de transmissão de energia luminosa de pinos resinosos reforçados com diferentes tipos de fibra verificaram que tais pinos apresentaram limitada capacidade de transmissão, havendo redução da energia luminosa em direção apical.

Em avaliação de nove diferentes tipos de pinos de fibra (vidro, quartzo ou carbono) e um de zircônia, por meio de fotômetro digital, foi verificado que os diferentes tipos de pinos apresentaram comportamentos ópticos heterogêneos. No terço apical (12 mm) o pino White Post DC (FGM) apresentou os valores semelhantes ao grupo controle (sem pino) e ao DT Light Post (Bisco Inc.) e significativamente maiores que os demais. No terço médio (8 mm) o grupo controle apresentou os maiores resultados, sem diferença estatística para o DT Light Post, que foi semelhante ao White Post DC. Na região do terço cervical (4mm) os grupos controle, DT Light Post, White Post DC, FRC Postec (Ivoclar Vivadent), Exacto (Angelus, Londrina, Brasil) e Reforpost (Angelus) foram estatisticamente semelhantes. Os autores concluíram que a limitada capacidade de transmissão de luz dos pinos translúcidos poderia ser insuficiente para fotoativação, especialmente nas regiões mais apicais do conduto.³⁶

Em investigação da capacidade de transmissão de energia luminosa de 14 diferentes tipos de pinos de fibra, uma sonda de fibra óptica foi posicionada no extremo apical dos pinos (paralela ao longo eixo) e nas superfícies laterais (perpendicular ao longo eixo) nas profundidades de 2, 5 e 8 mm aquém do extremo apical. A fonte luminosa foi o fotopolimerizador L.E.Demetron (Kerr Corp.) com irradiância superior a 700 mWcm^{-2} . A transmissão luminosa não foi detectada para o Tech21X-OP (Carbotech, Caronno Petrusella, Italia), FibreKleer (Jeneric Pentron Inc., Wallingford, CT, EUA) e Composipost (RTD, St

Egrève, França) e foi limitada somente ao terço cervical para o Reforpost. Para os outros 10 pinos, a intensidade luminosa decresceu significativamente do terço cervical para apical (transmissão radial) e aumentou novamente na ponta do pino (transmissão longitudinal). Nos terços cervical e médio, o Dentin Post X (Komet Brassler, Lengo, Alemanha) apresentou os maiores resultados, significativamente superiores aos demais. No terço apical o Radix Fiber Post (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, EUA) exibiu os resultados significativamente superiores. Devido à diferença de capacidade de transmissão luminosa entre os diferentes pinos e à significativa redução da transmissão luminosa e capacidade de fotoativação em direção apical, os autores recomendam que o comportamento óptico dos pinos de fibra seja levado em consideração quando materiais de cimentação que dependam de fotoativação forem escolhidos.⁴⁰

Utilizando a mesma metodologia da pesquisa supracitada, foi investigada a capacidade de transmissão de luz de pinos de fibra de sílica-zircônia (Tech 21 X-OP - Isasan, Rovello Porro, Como, Itália) e de quartzo (DT Light Post). Não foi detectada transmissão luminosa através do Tech 21 e a transmissão através do DT Light Post reduziu em direção apical (perpendicular ao longo eixo), contudo os maiores valores foram observados no extremo apical do pino (transmissão longitudinal). Também foi verificado o efeito da capacidade de transmissão luminosa dos pinos sobre o módulo de elasticidade e dureza Vickers do cimento resinoso Calibra associado ao sistema adesivo XPBond+Self-cure activator (Dentsply Caulk) e sobre a continuidade das interfaces dentina-cimento- pino. Para avaliação das interfaces adesivas, os pinos foram cimentados em condutos radiculares humanos com fotoativação por 40s. O pino com capacidade de transmissão luminosa DT Light Post apresentou maior porcentagem de continuidade da interface dentina-cimento e pino-cimento em todos os terços do conduto. O Tech 21 apresentou continuidade da interface cimento-dentina significativamente maior no terço cervical que no apical. O módulo de elasticidade e a dureza do cimento foram significativamente menores com o Tech 21 e reduziram em direção apical. Para o DT Light Post, o terço apical apresentou valores significativamente menores que os cervical e médio, que foram semelhantes entre si.⁷³

A capacidade de transmissão de luz dos pinos de fibra de vidro Luscent Anchors (Dentatus, Nova York, NY, EUA) foi avaliada por meio da mensuração da dureza Knoop do compósito Z100 (3M ESPE) em diferentes profundidades e em diferentes distâncias em relação aos pinos cimentados em tubos de acetato. A fotoativação foi realizada com luz halógena com irradiância de 1000 mWcm^{-2} , por 2 min. Com 4 mm de profundidade houve redução de 75% nos valores de dureza. Em 6 mm de profundidade, a 0,5 mm do pino, obteve-

se um valor de dureza Knoop correspondente a 46,4 % do valor da superfície. Abaixo de 6 mm não foi possível efetuar as medições devido à insuficiente polimerização. Foi concluído que os pinos testados apresentaram limitada capacidade de transmissão de luz, quando utilizado o critério de relação 80% entre topo e profundidade nos valores de dureza Knoop.³⁷

O cimento resinoso dual RelyX ARC (3M ESPE) utilizado para cimentar diferentes tipos de pinos de fibra (Reforpost, Angelus; C-Post, Bisco Inc.; Ligth Post, Bisco Inc. e Aesthetic-Post, Bisco Inc.) em dentes bovinos apresentou redução dos valores de dureza Knoop em direção apical, independente do pino utilizado. A partir dos 5 mm foi observada redução significativa nesses valores, correspondendo a cerca de 80% dos medidos na superfície. A avaliação em MEV evidenciou uma maior homogeneidade da zona híbrida no terço cervical.³⁹

Outro estudo detectou a redução em direção apical da microdureza Vickers do filme do cimento resinoso dual Enforce (Dentsply Inc.) associado ao sistema adesivo All Bond 2 (Bisco Inc.) utilizados para cimentar pinos de fibra translúcidos (Light Post, Bisco Inc.) e opacos (Aestheti Post, Bisco Inc.), cimentados em condutos radiculares bovinos. A fotoativação do cimento através do pinos foi realizada com luz halógena, 500 mWcm^{-2} por 40s. Apesar de os pinos translúcidos terem permitido maior condução de luz que os opacos, não possibilitaram transmissão à região mais apical do conduto.⁷⁴

O efeito da translucidez de pinos de fibra, opaco (Aestheti-Post) e translúcido (DT Light-Post), no grau de conversão do cimento resinoso dual RelyX ARC foi verificado por FT-Raman em diferentes regiões de condutos artificiais em polivinil-siloxano de 12 mm de profundidade. O grau de conversão variou de $29 \pm 5,1 \%$ (Aestheti-Post, terço apical) a $69,8 \pm 4,4 \%$ (DT Light-Post, terço cervical). Nas profundidades superficial e profunda não houve diferença significativa no grau de conversão obtido com os diferentes pinos; contudo o pino translúcido possibilitou maior conversão no terço médio ($56 \pm 4,5 \%$) que o pino opaco ($36 \pm 6,1 \%$), indicando maior capacidade de transmissão de luz nessa região. Esses dados evidenciaram que a capacidade de transmissão de luz do pino translúcido foi limitada e que na região apical a reação de polimerização deve ser exclusivamente autoativada com ambos os pinos.³⁸

1.1.3 Tratamento superficial dos pinos de fibra intrarradiculares

Em avaliação, por meio de ensaio de *push-out*, do efeito do silano Monobond-S (Ivoclar Vivadent) na resistência de união dos pinos de fibra DT Light Post, FRC Postec e ParaPost Fiber White (Coltène Whaledent, Mawhaw, NJ, USA) cimentados em condutos radiculares humanos com os respectivos sistemas de cimentação, foi verificado que o uso do silano não resultou em diferença estatisticamente significativa na adesão em nenhum terço do conduto radicular, nem implicou maior adesão para nenhum pino. O tipo de pino também não influenciou significativamente nos resultados de adesão. O terço cervical ($17,5 \pm 6,7$ MPa) apresentou adesão significativamente maior que o terço médio ($12,9 \pm 6,8$ MPa) e que o apical ($9,8 \pm 7,3$ MPa), que foram semelhantes entre si. A maioria das falhas foi do tipo adesiva entre o pino e o cimento resinoso ou mista com o cimento cobrindo menos de 50% do pino, e não houve falha coesiva na dentina.⁷⁵

O pré-tratamento com silano (Monobond-S) não resultou em diferença estatisticamente significativa na resistência à tração (*pull-out*) de pinos de fibra de quartzo DT Light Post inseridos em canais artificiais de dentes bovinos cimentados com 3 diferentes cimentos resinosos (RelyX Unicem; Calibra, Dentsply; e Panavia 21 ex, Kuraray Inc., Tokio, Japão). Houve diferença significativa entre os cimentos, sendo o que o Calibra apresentou os maiores valores e o RelyX Unicem os menores. Foram observadas somente falhas mistas e o RelyX Unicem revelou a menor percentagem de superfície do pino coberta por cimento após a falha, indicando má união entre o cimento e o pino.⁴⁹

Os efeitos de vários tratamentos de superfície (CoJet, 3M ESPE; Rocatec, 3M ESPE; e abrasão com Al_2O_3 110 μm – Rocatec-Pre, 3M ESPE) e de diferentes tipos de cimentos (RelyX Unicem; Panavia F, Kuraray Co.; Multilink, Ivoclar Vivadent; Variolink, Ivoclar Vivadent; PermaFlo DC, Ultradent; Clearfil Core, Kuraray Inc.; e Ketac Cem, 3M ESPE) sobre a resistência de união de pinos de óxido de zircônio (CosmoPost, Ivoclar Vivadent) e de fibra vidro (FRC Postec), foram avaliados por meio de ensaio de *push-out*. Foi constatado que os cimentos Clearfil Core, Panavia F e RelyX Unicem apresentaram resultados de adesão significativamente maiores aos pinos de fibra que os outros cimentos investigados. Os autores concluíram que a resistência de união é significativamente afetada pelo tipo de agente cimentante e pelo tipo de pino, sendo que, dependendo do agente cimentante usado, os pinos de fibra de vidro mostraram resistência de união significativamente maior aos cimentos

resinosos que os pinos de óxido de zircônio. Assim, os pinos de fibra podem ser mais capazes de resistir à perda de retenção.⁵³

Pinos de fibra de vidro com matriz de dimetacrilatos (GC Fiber Post, GC Co.) tiveram sua resistência à microtração a diferentes compósitos significativamente superior ao grupo controle (somente silanização com Monobond-S), após os seguintes tratamentos superficiais: (1) H₂O₂ (peróxido de hidrogênio) 24% por 10 min e silanização, (2) H₂O₂ 10% por 20 min e silanização, (3) HF 4% por 60 s e silanização, (4) silanização e aplicação de adesivo G-Bond (GC Corp.). Os tratamentos com H₂O₂ 24% e 10% promoveram valores de resistência de união significativamente superiores aos demais. A avaliação em MEV revelou que as duas variantes de H₂O₂ causaram mudanças similares: dissolução superficial da matriz de metacrilato e exposição das fibras, sem danificá-las. O tratamento com HF teve maior impacto na estrutura do pino, removendo a matriz mais extensivamente, em maior profundidade e atacando a superfície das fibras, danificando-as.⁷⁶

Pinos de fibra de quartzo com matriz de resina epóxi (DT Light-Post) também tiveram a resistência à microtração a compósitos *flowable* (AeliteFlo, Bisco Inc.; e UniFil Flow, GC Corp.) significativamente superior ao grupo controle (silanização com Monobond-S), após os seguintes tratamentos superficiais: (1) H₂O₂ 24% por 10 min; (2) H₂O₂ 10% por 20 min; (3) H₂O₂ 24% por 10 min, seguido de silanização por 60 s e (4) H₂O₂ 10% por 20 min, seguido de silanização por 60 s. A silanização dos grupos tratados com H₂O₂ (grupos 3 e 4) produziu resultados semelhantes, superiores aos demais. A avaliação em MEV evidenciou que o condicionamento superficial com H₂O₂, na duas concentrações, produziu remoção seletiva da matriz de resina epóxica numa profundidade 50 µm, expondo cerca de 5 camadas de fibras inalteradas, disponíveis para silanização, além de produzirem um padrão superficial adequado para retenção micromecânica. O aumento da resistência interfacial provavelmente depende da habilidade do compósito infiltrar completamente na trama de fibras de quartzo.⁷⁷

Os valores de resistência ao *pull-out* de pinos de fibra de quartzo em matriz epóxi (Endo Light Post, RTD) cimentados em condutos radiculares humanos com o cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray Inc.) foram significativamente superiores ao grupo controle (sem tratamento) após os seguintes procedimentos: (1) H₃PO₄ 37%, associado à silanização, (2) HF (ácido fluorídrico) 9,5%, e (3) jateamento com Al₂O₃ 50 µm. Os grupos 2 e 3 apresentaram valores de resistência semelhantes e significativamente superiores ao grupo 1.⁷⁸

Por meio de ensaio de *push-out*, foi verificado que a silanização, a silicatização, o condicionamento com H₂O₂ 10% e o jateamento com partículas de Al₂O₃ produziram semelhantes valores de resistência de união de pinos de fibra de quartzo (DT Light Post)

cimentados em condutos radiculares humanos com o RelyX Unicem. Por outro lado, a silanização elevou a resistência de união do Max-Cem (cimento autoadesivo) em relação aos demais tratamentos, que foram semelhantes entre si. Foi verificado que o modo predominante de falha foi a adesiva entre cimento e dentina.⁷⁹

Por meio de ensaio de flexão de três pontos, foi observado que os tratamentos superficiais de silanização, HF 9,5%, e jateamento com Al₂O₃ 50 µm não reduziram as propriedades flexurais de pinos de fibra vidro (Endoclass, IDS, Savona, Itália), de sílica (Tech 21, Isasan) e de quartzo (Endo Light Post). Análise em MEV evidenciou que esses tratamentos aumentaram as características de retenção micromecânica superficial.⁸⁰

1.2 Cimentação Adesiva

Por meio de MEV, foi avaliada a efetividade de sistemas adesivos de condicionamento ácido total do tipo “dois passos” (5ª geração) e de “três passos” (4ª geração) na formação de *tags* resinosos, ramificações laterais e zona híbrida, quando usados para cimentação de pinos de fibra de quartzo (Aestheti-Plus, RTD) em condições clínicas. Foram utilizados 50 dentes com extração indicada por razões endodônticas ou periodontais. Os sistemas de cimentação utilizados foram: (1) All Bond 2/ C&B (Bisco Inc.); (2) Scotchbond Multi-Purpose Plus/Opal Luting composite (3M ESPE); (3) Scotchbond 1/RelyX ARC (3M ESPE); (4) One-Step/C&B (Bisco Inc.); e (5) All Bond Experimental/Post Cement Hi-X (Bisco Inc.). Os sistemas de um frasco foram fotoativados antes da inserção do cimento e pino. Os dentes foram extraídos uma semana após e processados para avaliação em MEV. Foi observado que todos os sistemas exibiram zona híbrida, *tags* resinosos e ramificações laterais. A zona híbrida foi mais facilmente detectável e mais uniforme nos dois terços cervicais. Os sistemas de 3 passos (All Bond 2 e Scotchbond Multi-Purpose Plus) apresentaram maior porcentagem de zona híbrida e com maior espessura que os demais. Não houve diferença estatística entre os diferentes grupos no terço cervical, enquanto nos terços apical e médio os grupos Scotchbond 1 e One-Step apresentaram menor quantidade de *tags* resinosos.⁸¹

Por meio de MEV Confocal a Laser, foi verificada a interface dentina humana-cimento resinoso de 5 diferentes sistemas utilizados para cimentação de pinos de fibra (Mirafit White, Hager & Werken, Duisburg, Alemanha) em condutos radiculares humanos. Os adesivos autocondicionantes apresentaram pequeno potencial de dissolver espessa *smear layer*

característica de condutos radiculares, e os sistemas com condicionamento ácido formaram uma zona híbrida mais espessa e uniforme, com mais *tags* resinosos que os sistemas autocondicionantes. Segundo os autores, essas características poderiam gerar uma adesão mais durável do pino à dentina do conduto.⁸²

A resistência de união de dois tipos de pinos (um opaco - Aestheti Post, e um translúcido - Light Post) cimentados em condutos radiculares de dentes humanos com o cimento resinoso dual RelyX ARC associado ao sistema adesivo dual Scotchbond Multi-Purpose Plus ou ao fotoativado Single Bond (3M ESPE), foi avaliada por meio de ensaio de microtração. Não foi observada diferença significativa entre os sistemas adesivos e os tipos de pinos. A resistência de união reduziu significativamente de cervical para apical. O Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentou a maioria de falhas adesivas entre o pino e o cimento e o Single Bond entre o cimento e a dentina. Os autores concluíram que ambos os sistemas adesivos apresentaram adesão confiável à dentina do conduto radicular, independente do grau de translucidez do pino de fibra.⁸³

Através de MEV, foram analisadas as interfaces adesivas de pinos de fibra de vidro (FRC Postec) cimentados com o cimento resinoso dual Variolink II (Ivoclar Vivadent) em dentes anteriores humanos com dois tipos de sistema adesivo: Excite DSC (Ivoclar Vivadent) ou AdheSE (Ivoclar Vivadent). Foi observado que não houve diferença significativa entre os grupos em termos de continuidade da zona híbrida ou da morfologia dos *tags* resinosos. Independente do sistema adesivo, os *tags* de resina apresentavam ramificações laterais, com maior extensão e densidade no terço cervical que nos terços médio ou apical.⁸⁴

O efeito de diferentes sistemas adesivos (Excite e Excite DSC – Ivoclar Vivadent, Clearfill Liner Bond 2V + Bond A e Clearfill Liner Bond 2V + Bond A/B – Kuraray Co.) e de diferentes modos de polimerização (fotoativação ou dual) sobre a resistência de união regional de pinos de fibra translúcidos DT Light Post (RTD), cimentados em condutos radiculares humanos com o cimento resinoso dual Panavia F (Kuraray Co.), foi avaliado por meio de ensaio de *push-out*. O tipo de sistema adesivo influenciou na resistência de união, sendo que a maior resistência foi obtida com o sistema autocondicionante fotoativado Clearfill Liner Bond 2V + Bond A ($18,3 \pm 4,1$ MPa), significativamente superior aos demais grupos, que foram semelhantes entre si. A resistência de união dos sistemas de condicionamento ácido total (Excite e Excite DSC) reduziu significativamente em direção apical, o que não ocorreu com o sistema autocondicionante. Em MEV, os sistemas de condicionamento ácido total apresentam zona híbrida mais espessa (4-5 μm) que os

autocondicionantes (1-2 μm), sendo que a espesura não apresentou relação com resistência de união. Com os sistemas utilizados, a ativação dual não elevou a resistência de união.⁸⁵

A resistência de união de 3 sistemas de cimentação associados aos respectivos pinos do mesmo fabricante (FRC Postec Plus; Saremco Post Non-stop Fibre - Saremco, Rebstein, Suíça; e Anatomical Post - Dentalica, Milão, Itália) à dentina radicular foi investigada por meio de teste de *push-out*. O tipo de sistema influenciou a retenção dos pinos, sendo que o Saremco Post e o Anatomical Post apresentam os maiores valores, semelhantes entre si. Os valores mais elevados de resistência de união foram verificados no terço cervical, sendo que os terços médio e apical apresentaram valores semelhantes entre si. Foi observada em estereomicroscópio a maior prevalência de falhas na interface cimento-pino e mistas.⁸⁶

A resistência de união de pinos de fibra (Aestheti-plus e C-Post – Bisco Inc.) cimentados em condutos radiculares de dentes humanos com os cimentos resinosos C&B e RelyX Unicem foi investigada por meio de ensaio de *push-out*. A cura dos cimentos foi exclusivamente química. Os pinos de fibra de quartzo (Aestheti-plus) apresentaram maior retenção que os de fibra de carbono (C-Post). O sistema de cimentação baseado no condicionamento ácido total apresentou adesão estatisticamente maior que o cimento autoadesivo RelyX Unicem. A resistência de união reduziu significativamente do terço cervical para apical.⁵⁰

1.2.1 Modo de ativação e polimerização dos sistemas de cimentação resinosos

Em investigação do efeito do modo de ativação sobre as propriedades elásticas e a dureza Knoop dos cimentos resinosos Enforce, Variolink II, RelyX ARC e C&B, foi detectado que elas variaram em função do modo de ativação e dependeram do material. Nenhuma diferença estatística foi detectada no módulo flexural entre os diferentes grupos. Para o RelyX ARC e o Variolink II, a ativação dual promoveu dureza significativamente maior que a química, indicando que esses cimentos dependeram da fotoativação para atingirem altos valores de dureza. O RelyX ARC com polimerização dual apresentou resistência à flexão significativamente maior ($200,8 \pm 13,0$ MPa) que todos os outros grupos. Nenhuma correlação foi achada entre a resistência à flexão e dureza. Os autores afirmaram que, além do grau de conversão, outros fatores (como o conteúdo de partículas de carga e tipo de monômero) podem afetar a resistência à flexão dos cimentos resinosos.⁸⁷

A profundidade de polimerização do cimento resinoso RelyX ARC ativado quimicamente ou no modo dual, fotoativado através de um disco de cerâmica HeraCeram (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) com 1,5 mm de espessura, foi investigada por meio de teste de dureza Knoop. Os corpos de prova do cimento apresentavam 1 mm de espessura e 5 mm de diâmetro. A fotoativação foi realizada com aparelho de lâmpada halógena convencional (700 mWcm^{-2} , por 40s); LED (440 mWcm^{-2} , por 40s) ou arco de plasma de Xenônio (1600 mW/cm^{-2} , por 3s). Após 24h, os espécimes foram seccionados e os valores de dureza foram medidos em três diferentes profundidades em relação ao topo (100, 500 e $900 \mu\text{m}$). Nos grupos duais, a dureza do cimento foi menor em regiões mais profundas, enquanto no autoativado não houve diferença. Os grupos duais fotoativados com luz halógena e LED apresentaram valores de dureza Knoop semelhantes entre si e significativamente superiores aos grupos autoativado e Arco de Plasma. Na região superficial, o grupo quimicamente ativado apresentou valor de dureza correspondente a 60,5% do observado no grupo dual ativado por LED e a 58,4% do grupo dual ativado por luz halógena, indicando que o mecanismo de ativação química não é suficiente para gerar uma conversão monomérica adequada.⁸⁸

Por meio de espectrometria FT-IR, foi avaliado o grau de conversão monomérica de 6 diferentes cimentos resinosos duais em diferentes situações clínicas simuladas, variando desde a ativação dual com exposição direta à fonte luminosa, até a autoativação exclusiva. Verificou-se que a habilidade de polimerizar adequadamente no modo autoativado foi dependente do tipo de cimento, sendo observada uma redução de até 38% no grau de conversão quando não houve fotoativação (Variolink II).³³

O grau de conversão de sete sistemas de cimentação duais, polimerizados em diferentes situações clínicas simuladas (fotoativação direta, fotoativação através de discos de compósitos e autoativação) foi analisada por meio de espectrometria FT-IR. A maioria dos sistemas, inclusive o RelyX ARC/Scotchbond Multi-Purpose Plus, apresentou grau de conversão significativamente menor no modo autoativado que nos modos duais. Excetuando o Bond-it/Lute-it! (Pentron Corp.), com fotoativação direta, os demais cimentos apresentaram conversão aos 10 min significativamente maior que aos 5 min. Os autores afirmaram que os sistemas de quarta geração apresentam peróxido de benzoíla também no adesivo, favorecendo o mecanismo de auto-ativação; já os sistemas de quinta geração não contêm peróxido de benzoíla, apenas sais de sulfinato de sódio, que reduzem a incompatibilidade de pH, mas não ativam a reação de polimerização.⁸⁹

Por meio de espectrometria FT-IR foi avaliado o grau de conversão dos cimentos resinosos RelyX ARC, Calibra, Lute-It!, Duo-Link (Bisco Inc.) e Nexus 2 (Kerr Corp.), ativados quimicamente ou no modo dual. Os valores do grau de conversão do modo autoativado foram menores que no dual. No modo autoativado, o grau de conversão de todos os sistemas foi maior aos 10 min que aos 5 min. A reação de polimerização do RelyX ARC no modo autoativado iniciou-se 3 min após a mistura e atingiu valores de grau de conversão significativamente menores que os demais, tanto aos 5 min (9,3%) quanto aos 10 min. (37,8%). O RelyX ARC apresentou, no modo dual, uma das maiores velocidades de polimerização (semelhante ao Duo-Link), de modo que quase toda conversão observada aos 10 min (71,7%), ocorreu aos 5 min. (69,4%). Isso pode gerar alto grau de conversão e boas propriedades mecânicas nessa situação.⁹⁰

A cinética de polimerização dos sistemas adesivos Scotchbond Multi-Purpose Plus e Prime&Bond NT (Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha) utilizados nos modos fotopolimerizável, autopolimerizável e dual foi avaliada em tempo real durante 5 min com espectrômetro FT-IR/ATR. Nos modos fotoativado e dual, o Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentou grau de conversão (cerca de 60%) significativamente maior que o Prime&Bond NT. A adição do Self-cure Activator (Dentsply De Trey, Konstanz, Alemanha) ao Prime&Bond NT com o objetivo de torná-lo dual, reduziu o grau de conversão nesse modo de ativação (40%) em relação ao fotoativado (50%). Para o modo autopolimerizável, somente o Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentou alguma conversão (cerca de 40%). Assim, os autores concluíram ambos os sistemas dependem da fotoativação para que se obtenha um alto grau de conversão nos momentos iniciais do procedimento adesivo.⁹¹

Utilizando espectrometria FT-IR, foi investigada a efetividade do uso de co-iniciadores de sulfonato de sódio no aumento do grau de conversão de sistemas de cimentação duais (Variolink II/ Excite ou Excite DSC e Calibra/Prime&Bond NT ou Prime&BondNT Dual cure), com irradiação direta, com atenuação ou ausência de luz. Os grupos ativados quimicamente apresentaram menor grau de conversão que os grupos que foram fotoativados, independente do uso dos co-iniciadores. No modo quimicamente ativado, não foi detectada conversão monomérica quando os co-iniciadores não foram empregados. Concluíram que os efeitos negativos da atenuação da luz com sistemas resinosos duais não são evitados com a inclusão de sais de sulfonato de sódio, apesar de sua capacidade de eliminar a incompatibilidade química entre os monômeros ácidos e os componentes autopolimerizáveis.⁹²

Por meio de ensaio de cisalhamento, foi verificada a adesão a longo prazo de sete cimentos resinosos, utilizados no modo dual ou autoativado, à dentina coronária humana. Após armazenagem em água por 150 dias (com ou sem ciclagem térmica), o RelyX ARC e o RelyX Unicem apresentaram resultados de resistência de união semelhantes. A polimerização dual implicou valores significativamente maiores que a exclusivamente química. Os autores concluíram que os agentes cimentantes/ sistemas adesivos e o método de polimerização influenciaram a adesão a longo prazo à dentina e que os cimentos duais devem ser fotoativados para obtenção de maior resistência de união.⁹³

O efeito do tempo de fotoativação do sistema adesivo (10 ou 20s) na resistência de união do compósito dual Build-It (Jeneric Pentron Inc.) à dentina do canal radicular foi investigado por meio de ensaio de microtração. Foram utilizados três sistemas adesivos autocondicionantes: os fotopolimerizáveis Clearfil SE Bond (Kuraray Medical Inc., Okayama, Japão) e Nano-Bond (Jeneric Pentron Inc.) e o de cura dual Nano-Bond + Dual Cure Activator (Jeneric Pentron Inc). O compósito foi inserido no conduto, preenchendo-o completamente, e foi fotoativado por 60 s. Verificou-se que os adesivos fotopolimerizáveis ativados por 10 s apresentaram diferença significativa entre os terços cervical e apical, sendo maior na cervical. Com a ativação feita por 20 s, não houve diferenças regionais. Para o adesivo dual não houve diferença, independente do tempo de ativação. A análise do modo de falha por MEV indicou que a maioria delas foi de natureza adesiva. Os autores concluíram que os sistemas adesivos fotopolimerizáveis poderiam ser efetivos em canais radiculares se o tempo de fotoativação for prolongado.⁹⁴

Por meio de ensaio de *push-out*, foi analisado o efeito do modo de ativação sobre a resistência de união de pinos de fibra (translúcidos e opacos) cimentados em condutos radiculares de dentes humanos com o cimento resinoso dual RelyX ARC, associado a dois diferentes sistemas adesivos, o Scotchbond Multi-Purpose Plus (no modo auto) e o Single Bond (fotoativado). A fotoativação através de pinos translúcidos (Light Post) não elevou a resistência de união em relação aos pinos opacos (Aestheti-Plus). O terço cervical apresentou resistência de união significativamente superior à demais, que foram semelhantes entre si. A combinação do Single com o RelyX ARC autoativado gerou valores ($3,03 \pm 4,63$ MPa) significativamente inferiores aos demais grupos, enquanto o Scotchbond Multi-Purpose Plus no modo auto associado ao cimento no modo dual promoveu resistência de união estatisticamente superior ($10,17 \pm 3,89$ MPa) às demais combinações. Os autores concluíram que a resistência de união variou em função do modo de ativação do sistema de cimentação e em função dos terços do conduto, e que o sistema adesivo de condicionamento ácido total de

3 passos no modo autoativado promoveu maior resistência de união que o fotoativado de 2 passos.⁹⁵

A resistência de união de pinos de fibra de quartzo (RelyX Fiber Post, 3M ESPE) cimentados em condutos radiculares humanos com os cimentos resinosos RelyX ARC e RelyX Unicem e com o compósito *flowable* fotopolimerizável Tetric Flow (Ivoclar Vivadent) foi avaliada por meio de ensaio de *push-out*. Foi utilizado o adesivo simplificado dual Excite DSC Small Endo (Ivoclar Vivadent), exceto para o cimento autoadesivo. Com os cimentos duais, não houve diferença nos valores de adesão nos diferentes terços do conduto, enquanto com o compósito *flowable* fotoativado a região apical apresentou valores significativamente inferiores aos terços cervical e médio, que foram semelhantes entre si. O RelyX ARC e o Tetric Flow apresentaram valores de resistência de união semelhantes entre si e significativamente superiores ao RelyX Unicem. Embora não significativo, o RelyX Unicem apresentou maior resistência de união no terço apical ($20,9 \pm 10,5$ MPa) em relação aos demais terços. No terço apical, esse cimento autoadesivo apresentou valores similares aos terços médio e apical dos demais grupos, enquanto nos terços cervical ($13,4 + 7,0$) e médio ($13,8 + 9,0$) a resistência ao *push-out* foi significativamente menor que as observadas nos outros grupos.⁹⁶

1.2.2 Cimentos autoadesivos

As propriedades mecânicas e o grau de conversão dos cimentos resinosos RelyX Unicem e RelyX ARC, Panavia F e Variolink II e do cimento de poliacrilato Durelon (3M ESPE) foram avaliadas no modo autoativado e dual. Para fotoativação foi empregada luz halógena (800 mWcm^{-2} , 40 s). A maior resistência à flexão foi obtida com o Variolink II (90 MPa) e a menor com o RelyX Unicem (55 MPa), que foi semelhante ao RelyX ARC (77 MPa). O RelyX Unicem mostrou valores de dureza Vickers significativamente maiores que os demais cimentos resinosos, que foram semelhantes entre si. A maior resistência à compressão foi obtida com o RelyX Unicem (145 MPa), semelhante ao Panavia (127 MPa). Contudo o módulo de Weibull (com 10% probabilidade de falha) evidenciou maior confiabilidade para o cimento autoadesivo. Tanto para o grupo dual quanto para o autopolimerizado, o RelyX ARC mostrou os maiores graus de conversão (81% e 61% respectivamente) e o RelyX Unicem apresentou os menores (56% e 26% respectivamente). Os autores concluíram que os cimentos

adesivos resinosos diferem em suas propriedades físicas e que o método de polimerização influenciou o grau de conversão.³⁴

A composição, morfologia superficial, reação de polimerização e ligação à hidroxiapatita dos cimentos resinosos Bisfix (VOCO, Cuxhaven, Alemanha) e RelyX Unicem, ambos no modo dual, foram avaliadas por espectroscopia fotoelétrica de raio-X (XPS), espectroscopia dispersiva de raio-X (EDX), espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), cromatografia de permeação em gel (GPC) e MEV. Verificou-se que as partículas inorgânicas dos cimentos consistem de vidros de Al-Si-Na, com incorporação de metais radiopacos, como Sr e La no RelyX Unicem, e Sr e Ba no Bisfix. O pó do RelyX Unicem contém partículas reativas de vidro (vidro de alumínio-flúor-silicato e sílica), com cerca de 10% de fluoretos e 2% de Ca(OH)_2 . A presença de Ca(OH)_2 teria propriedades antimicrobianas, induziria mineralização e reduziria sensibilidade pós-operatória e a presença de fluoretos reduziria a taxa de cáries secundárias. Foi evidenciada interação do RelyX Unicem com a hidroxiapatita, maior que a observada no Bisfix.⁹⁷

Em outro estudo, foi examinado o valor do pH, a espessura do filme e a porcentagem de partículas de carga dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem, G-Cem, MaxCem e Smart Cem, assim como as alterações morfológicas sofridas após imersão em água (90 dias), ácido acético (12 h) e acetona (5 min). Houve significantes diferenças entre os valores de pH, sendo que o RelyX Unicem apresentou os maiores valores após a fotoativação (5,0) e após 48h (7,0). A porcentagem de carga variou de 60,7% para o G-Cem a 70,6% para o RelyX Unicem. A espessura do filme de cimento foi proporcional ao seu conteúdo de carga, sendo que o RelyX Unicem apresentou 23,2 μm . Em relação à degradação, o RelyX Unicem mostrou-se mais resistente, demonstrando alteração superficial somente após imersão em ácido acético.⁴⁴

A resistência à flexão, o módulo de elasticidade e o perfil do pH durante 24 horas dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem, Maxcem e Embrace Wetbond (Pulpdent Corp.) foram avaliados e comparados com as propriedades dos cimentos resinosos convencionais RelyX ARC e Linkmax (GC America Inc.) e dos cimentos de ionômero de vidro modificado por resina Fuji Plus (GC America Inc.) e RelyX Luting Plus (3M ESPE). Os cimentos resinosos foram testados nos modos autoativado e dual. Os cimentos autoadesivos RelyX Unicem e Maxcem apresentaram resistência à flexão semelhante aos cimentos resinosos convencionais no mesmo modo de cura. O RelyX Unicem (autoativado ou dual) e o Maxcem (dual) apresentaram valores de módulo de elasticidade significativamente maiores

que os dos cimentos convencionais e os dos cimentos ionoméricos, no mesmo modo de ativação. Os cimentos autoadesivos mostraram menor pH inicial (2,0 a 2,4) que os cimentos resinosos convencionais (4,8 a 5,2) e uma faixa mais ampla de valores finais de pH em 24 horas (3,9 a 7,3). A fotoativação acelerou a elevação do pH, sendo que o RelyX Unicem revelou um perfil único de pH, caracterizado por uma rápida elevação do pH para a neutralidade tanto quando fotoativado (15 min), como quanto autopolimerizado (1 hora). Todos os cimentos resinosos duais, tanto os convencionais quanto os autoadesivos, apresentaram propriedades significativamente superiores quando fotoativados, indicando que a ativação química desses cimentos é insuficiente para prover ótimas propriedades mecânicas.⁴²

O grau de conversão monomérica de quatro cimentos resinosos duais fotoativados através de vários materiais restauradores ou dentina foi investigado por meio de FT-IR. Os cimentos RelyX Unicem, RelyX ARC, Variolink II e Panavia F 2.0 (Kuraray Medical Inc.) foram utilizados sob discos com espessura de 1,5 mm, representando uma restauração metálica, uma de compósito indireto, uma de compósito indireto fibro-reforçado e dentina. Os espécimes foram fotoativados através dos discos com luz halógena, por 40 s (800mWcm^{-2}). Houve significantes diferenças no grau de conversão entre os cimentos resinosos e diferentes restaurações. Todos os cimentos apresentaram grau de conversão significativamente menor quando ativados quimicamente (sob disco metálico). O RelyX ARC apresentou o maior grau de conversão 15 minutos após o início da polimerização, tanto no modo autoativado ($60,3 \pm 0,9 \%$) quanto no dual com fotoativação direta ($78,5 \pm 0,5 \%$), enquanto o RelyX Unicem apresentou os menores resultados ($54,9 \pm 0,9 \%$ no modo dual com fotoativação direta e $28,7 \pm 1,9 \%$ no modo autoativado), semelhante ao Panavia F 2.0. Ficou evidenciado, pois, que alguns cimentos resinosos duais apresentaram grande dependência da fotoativação para polimerização.⁴⁸

Por meio de espectrometria FT-IR foi avaliado o grau de conversão dos cimentos resinosos autoadesivos RelyX Unicem, Maxcem, Biscem e Multilink Sprint e do cimento resinoso convencional Multilink Automix (Ivoclar Vivadent), polimerizados no modo auto ativado e dual. A fotoativação foi realizada por 20s com aparelho de luz halógena com irradiância de 850 mWcm^{-2} . Para todos os cimentos, o grau de conversão foi significativamente maior no modo dual. No modo autoativado (avaliado 10 min após a mistura) o grau de conversão foi extremamente baixo, sendo que o Multilink Sprint exibiu valor ($24,93 \pm 5,59\%$) significativamente superior aos demais, que foram semelhantes entre si. Nesse modo, o RelyX Unicem apresentou conversão de $11,05 \pm 4,16 \%$. No modo dual, o

grau de conversão também foi baixo, com exceção do Multilink Automix ($61,36 \pm 6,23\%$), que apresentou valores significativamente maiores que todos os demais. O Maxcem apresentou os menores resultados ($26,40 \pm 4,19\%$), significativamente menores que os demais; e o RelyX Unicem valores intermediários ($37,27 \pm 5,01\%$), semelhantes Multilink Sprint e Bissem. Os autores afirmaram que o baixo grau de conversão inicial (10 min) levanta a questão se esses materiais podem ser empregados com sucesso na prática clínica onde há atenuação da energia luminosa, como na cimentação de pinos endodônticos. O aumento do tempo de exposição teoricamente poderia elevar o grau de conversão onde a luz não é completamente bloqueada pela restauração subjacente.⁹⁸

Diferentes cimentos resinosos foram analisados quanto ao grau de conversão (por meio de FT-IR), a contração de polimerização (pelo método do disco aderido) e a tensão de contração (com instrumento *Bioman*). Os cimentos autoadesivos RelyX Unicem, Multilink Sprint e Maxcem e os “convencionais” Multilink Automix, Variolink 2 e Nexus 2, foram testados no modo autoativado e dual, sendo que os dois últimos cimentos também foram examinados no modo fotoativado. Observou-se que o grau de conversão foi significativamente maior no modo dual, em comparação com o modo autoativado. No modo autoativado o grau de conversão do RelyX Unicem foi de $52,6 \pm 5,8\%$ e no dual, $67,3 \pm 7,5\%$. Os diferentes cimentos, comportaram-se diferentemente quanto à correlação entre o modo de ativação e a contração de polimerização, sendo que o RelyX Unicem apresentou maior contração no modo dual ($4,10 \pm 0,03\%$ vol.) que no autoativado ($1,77 \pm 0,21\%$ vol.). Nesse modo de ativação, o RelyX Unicem apresentou contração significativamente menor que todos os demais; no dual também exibiu menor contração, sem diferença para o Variolink 2 e Nexus 2. Por outro lado, o Maxcem apresentou maior contração de polimerização tanto no autoativado, quanto no dual. A baixa contração do RelyX Unicem no modo autoativado pode estar relacionada a sua expansão inicial de 0.47% nos primeiros 5 min, o não ocorreu no modo dual. As reações de polimerização no modo autoativado foram consideravelmente mais lentas que no modo dual. Exceto o Maxcem, todos os materiais apresentaram aumento significativo da tensão de contração no modo dual em relação ao autoativado. No modo autoativado o RelyX Unicem apresentou menores valores de tensão ($3,36 \pm 0,33$ MPa), semelhantes ao Variolink 2. No modo dual o RelyX Unicem exibiu valores de tensão ($7,41 \pm 0,42$ MPa) significativamente menores que os demais. A contração de polimerização apresentou relação com a fração de carga dos cimentos “convencionais”, mas não dos cimentos autoadesivos, possivelmente em função dos componentes fosfatados ácidos desses últimos e também da diferença na fase dispersa. Em função dos resultados, os autores

sugeriram que o RelyX Unicem poderia ser uma alternativa aos cimentos resinosos convencionais.⁴³

1.2.2.1 Adesão dos cimentos autoadesivos à estrutura dental

A capacidade adesiva do cimento autoadesivo RelyX Unicem ao esmalte e à dentina, utilizando diferentes tratamentos na superfície dental, foi avaliada por meio de ensaio de microtração, MEV e MET. No esmalte, o condicionamento ácido prévio aumentou a adesão do RelyX Unicem, mas na dentina foi prejudicial. Não foi observada a formação de zona híbrida, nem de *tags* resinosos. O RelyX Unicem interagiu somente superficialmente com o esmalte e dentina, devendo ser sempre aplicado com alguma pressão para assegurar que o cimento altamente viscoso consiga uma íntima adaptação às paredes cavitárias, evitando a formação de bolhas e espaços vazios na interface, que são prejudiciais à adesão.⁹⁹

Por meio de ensaio de microtração foi investigada a resistência de união dos cimentos resinosos RelyX Unicem, Panavia F 2.0 e Super-Bond C&B (Sun Medical Co., Shiga, Japão) utilizados no modo autoativado, em diferentes regiões da dentina coronal humana. Foi constatado que a resistência de união do RelyX Unicem foi significativamente menor em todas as regiões. Avaliações em MET e em MEV evidenciaram que na interface entre o RelyX Unicem e a dentina parece que a *smear layer* foi totalmente dissolvida, mas não houve formação de zona híbrida. As fibras colágenas apareceram sem infiltração resinosa.¹⁰⁰

A resistência de união à dentina e ao esmalte dos cimentos resinosos RelyX Unicem, Panavia F 2.0/ ED Primer II e Variolink II/ Syntac (Ivoclar Vivadent), do compômero Dyract Cem Plus/ Prime&Bond NT (Dentsply Caulk) e do cimento ionomérico Ketac Cem (3M ESPE) foi avaliada através de ensaio de cisalhamento. Verificou-se que o RelyX Unicem apresentou resistência de união à dentina (10,8 MPa sem termociclagem e 14,9 MPa após termociclagem) semelhante à observada no esmalte sem termociclagem (14,5 MPa). A adesão do cimento auto-adesivo ao esmalte foi estatisticamente menor que a obtida com os demais cimentos resinosos. À dentina, sua resistência de união foi semelhante à observada com os outros cimentos resinosos. Os autores concluíram que o RelyX Unicem pode ser considerado uma alternativa simplificada para cimentação para peças cerâmicas quando nenhum ou pouco esmalte está presente.¹⁰¹

Por meio de teste de microtração, foi avaliada a efetividade de adesão ao esmalte e à dentina dos cimentos resinosos RelyX Unicem, Linkmax, Nexus 2, Panavia F e Variolink II, utilizando diferentes protocolos de aplicação, totalizando 17 grupos experimentais. O cimento autoadesivo RelyX Unicem apresentou os menores valores de adesão ao esmalte, demonstrando principalmente falhas adesivas na interface cimento-esmalte. No que tange à adesão à dentina, quase todos os cimentos, incluindo o RelyX Unicem, foram igualmente efetivos. Os autores concluíram que alguns fatores podem influenciar negativamente a resistência de união dos cimentos resinosos: (1) uso de RelyX Unicem no esmalte sem condicionamento ácido prévio, (2) condicionamento ácido da dentina antes da aplicação RelyX Unicem, (3) não polimerização prévia do adesivo fotopolimerizável antes da aplicação do cimento, (4) uso de adesivo autopolimerizável convertido em dual pela mistura com ativador e (5) uso de cimento de cura dual com baixo potencial de polimerização química.¹⁰²

Um estudo conduzido em dois centros de pesquisa (Universidades de Zurique e de Berna) avaliou, por meio de ensaio de cisalhamento, a resistência de união à dentina dos cimentos RelyX Unicem, RelyX ARC, Multilink e Panavia 21, todos utilizados com ativação química. Foi verificado que o RelyX Unicem apresentou valores significativamente menores que os demais, enquanto o Panavia 21 apresentou os melhores resultados. Para o cimento autoadesivo não houve diferença entre os grupos tratados nos diferentes centros de pesquisa. O RelyX Unicem foi o cimento menos afetado pela termociclagem. A diferença de resultados entre os centros de estudo para o Multilink e o alto desvio padrão para o RelyX ARC foram associados à alta sensibilidade técnica desses materiais. Os autores concluíram que no modo autopolimerizável o RelyX Unicem, apesar de apresentar a menor resistência de união à dentina, apresentou desempenho menos sensível às variações de manipulação e ao envelhecimento.¹⁰³

1.2.2.2. Cimentação de pinos de fibra com cimentos autoadesivos

Por meio de MEV Confocal a Laser e ensaio de *push-out*, foram verificadas as características morfológicas (espessura de zona híbrida e *tags* resinosos) e a resistência de união de pinos de fibra de vidro FRC Postec cimentados em condutos radiculares de dentes humanos com diferentes cimentos resinosos. Os cimentos utilizados foram o RelyX Unicem, Variolink II, Panavia F 2.0, Clearfil Core (Kuraray Medical Inc.) e o PermaFlo DC (Ultradent

Productd Inc., South Jordan, UT, EUA). Tanto as características morfológicas quanto a resistência de união variaram com os materiais, contudo não houve correlação entre esses fatores. O terço do conduto não apresentou influência significativa nos valores de resistência de união. O RelyX Unicem, que apresentou a menor espessura de zona híbrida ($0,07 \pm 0,19 \mu\text{m}$) e *tags* resinosos somente esporadicamente, exibiu a maior resistência de união ($20,4 \pm 6,1 \text{ MPa}$) e foi o único cimento que apresentou falhas coesivas no pino, assim como a menor incidência de falhas na interface cimento-dentina, avaliadas em estereomicroscópio. Os resultados indicam que interações químicas entre o cimento autoadesivo e a hidroxiapatita podem ser mais importantes para a adesão à dentina radicular que a capacidade de hibridização.⁵⁴

A retenção de pinos de fibra de quartzo DT (RTD) cimentados em incisivos centrais humanos com os cimentos RelyX ARC/Scotchbond 1 e RelyX Unicem foi avaliada através de teste de *pull-out*, após ciclagem mecânica. Ambos os cimentos foram fotoativados através dos pinos por 40 s. Após ciclagem mecânica foi realizado o ensaio de *pull-out*. Apesar de não haver diferença no módulo de *Weibull* entre os grupos, a maior confiabilidade foi apresentada pelo cimento autoadesivo RelyX Unicem. Pela análise de sobrevivência, uma força de 217 N estaria associada à probabilidade de 95% de falha do RelyX ARC e a menos de 50% de falha para o RelyX Unicem. Todas as falhas ocorreram na interface cimento-dentina. Os autores concluíram que a fácil aplicação e a maior confiabilidade do cimento autoadesivo o torna um material viável para a substituição dos cimentos resinosos convencionais.¹⁰⁴

Os efeitos do tipo de cimento resinoso e da termociclagem sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro FRC Postec à dentina radicular humana foi avaliada por meio de ensaio de *push-out*. Os materiais testados foram o RelyX Unicem, Panavia F, Multilink, Variolink II, PermaFlo DC, Clearfil Core. No procedimento de cimentação os materiais duais foram polimerizados através do pino com exposição radiante de 36 Jcm^{-2} . Constatou-se que a resistência de união foi significativamente afetada pelo agente cimentante, pelo terço do conduto e pela termociclagem. O RelyX Unicem apresentou valores de resistência de união significativamente maiores que os outros materiais. Esses valores aumentaram após termociclagem, talvez pela completa polimerização do cimento autoadesivo por ativação química. O terço apical revelou resistência de união significativamente maior em comparação aos terços médio e cervical. Os cimentos de cura dual revelaram adesão significativamente maior em relação aos quimicamente ativados.⁵⁵

Por meio de teste de *push-out* e de avaliação em MET, foram investigadas a resistência de união e a ultraestrutura de cimentos resinosos RelyX Unicem, Variolink II e Panavia 21

empregados na cimentação de pinos de fibra de vidro FRC Postec em condutos radiculares humanos. A resistência interfacial obtida com o Variolink II ($10,18 \pm 2,89$ MPa) foi significativamente maior que a obtida com o Panavia 21 ($5,04 \pm 2,81$ MPa) e com o RelyX Unicem ($5,01 \pm 2,63$ MPa), que foram semelhantes entre si. Análise em MET da interface entre o Variolink II e a dentina revelou que a *smear layer* foi totalmente removida e que uma zona híbrida de 8 a 10 μm foi formada, enquanto nos demais grupos a *smear layer* não foi completamente dissolvida, permanecendo *smear plugs*. Com o RelyX Unicem, fendas foram observadas entre a *smear layer* e a dentina subjacente. A resistência interfacial e os achados microscópicos indicaram que o potencial de adesão do cimento tipo condicionamento ácido total (Variolink II) foi maior. Os monômeros resinosos acídicos responsáveis pelo condicionamento presentes no Panavia 21 e no RelyX Unicem pareceram ser incapazes de remover a espessa *smear layer* criada na dentina radicular durante o preparo do conduto.

A resistência de união de pinos de fibra cimentados em dentes humanos com diferentes agentes cimentantes foi avaliada por ensaio de *push-out*. Os grupos foram divididos nas seguintes categorias: (i) Condicionamento ácido total – (a) Calibra/Prime&Bond + Self-curing activator + RadiX Fiber Post (todos Dentsply Caulk), (b) FluoroCore 2/XPBond + Self-curing activator + RadiX Fiber Post (todos Dentsply Caulk), e (c) MultiCore Flow + Excite DSC + FRC Postec Plus; (ii) Autocondicionante – (a) Panavia F 2.0/ ED primer + RadiX Fiber Post; e (iii) Autoadesivo – (a) Experimental Self-adhesive cement + RadiX Fiber Post, e (b) RelyX Unicem + RelyX Fiber Post. Os autores constataram que o tipo de agente cimentante influenciou significativamente os valores de resistência de união, sendo que o Calibra ($12,7 \pm 4,3$ MPa) e o RelyX Unicem ($12,5 \pm 5,5$ MPa) tiveram resultados semelhantes e significativamente superiores aos do FluoroCore 2 ($8,1 \pm 4,8$ MPa) e do Panavia F 2.0 ($8,7 \pm 5,3$ MPa). Os cimentos MultiCore Flow e o Experimental Dentsply tiveram valores intermediários, sem diferença estatística para todos os demais. Na maioria dos grupos o modo de falha mais frequente foi adesiva entre cimento e dentina, seguido pelas falhas entre pino e cimento e as mistas. O RelyX Unicem apresentou mais falhas mistas do que entre cimento e pino (cerca de 6 vezes mais). Os autores concluíram que na adesão à dentina intrarradicular, a abordagem autocondicionante foi menos favorável que a auto-adesiva ou com condicionamento ácido total.⁴⁶

Por meio de ensaio de *push-out*, foi averiguada a resistência de união pinos de fibra de vidro Parapost FiberLux (Coltène Whaledent) cimentados em raízes humanas com cinco cimentos adesivos diferentes. Imediatamente antes do ensaio mecânico, as fatias foram testadas em um sistema de filtração de fluido (Flodec, DeMarco Engineering, Suíça) para

avaliação da capacidade de selamento dos cimentos resinosos RelyX Unicem, Panavia 21 EX/ED Primer, Variolink II/Excite DSC, Clearfil Esthetic Cement/Clearfil ED Primer II (Kuraray Inc.) e GC Experimental (GC Corp.). Os maiores valores de adesão foram registrados para o Clearfil Esthetic Cement ($14,60 \pm 3,63$ MPa), sem diferença para o Panavia 21 EX ($12,57 \pm 2,45$ MPa), mas significativamente superiores ao Rely X Unicem ($11,29 \pm 4,31$ MPa) e ao Variolink II ($11,09 \pm 4,09$ MPa), que foram semelhantes entre si e ao Panavia 21 EX. O GC experimental apresentou valores estatisticamente inferiores aos demais ($7,65 \pm 4,79$ MPa). O terço do conduto (cervical, médio e apical) não interferiu significativamente nos valores de resistência de união. A capacidade de selamento foi significativamente afetada pelo tipo de agente cimentante, sendo que os cimentos autoadesivos RelyX Unicem e GC experimental apresentaram maior infiltração que os demais. Quanto ao modo de falha, avaliada por estereomicroscópio, houve prevalência de falhas adesivas na interface cimento-dentina. Os autores concluíram que os sistemas tipo autocondicionantes baseados em 10-MDP (Clearfil Esthetic Cement e Panavia 21 EX) apresentaram maior resistência ao *push-out* e que nenhum material avaliado apresentou selo hermético e homogêneo na interface pino-cimento-dentina.⁴⁷

O efeito de diferentes cimentos resinosos na resistência de união de pinos de fibra de quartzo (Aestheti-plus) cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos foi verificado através de ensaio de *push-out*. Os grupos avaliados foram: (1) controle, fosfato de zinco Elite 100 (GC Corp.), (2) Calibra / Prime&Bond NT, (3) RelyX ARC/ Single Bond e (4) RelyX Unicem Aplicap. Foi verificado que o RelyX ARC gerou valores ($4,3 \pm 3,5$ MPa) significativamente menores que o RelyX Unicem ($8,0 \pm 2,6$ MPa) e que o fosfato de zinco ($7,7 \pm 2,5$ MPa), que foram semelhantes entre si. O Calibra gerou resultados intermediários ($5,7 \pm 3,2$ MPa), semelhantes aos demais grupos.⁵⁶

A resistência de união de pinos de pinos de fibra de vidro FRC Postec Plus cimentados em condutos radiculares de dentes humanos foi investigada por meio de teste de *push-out*. Os cimentos utilizados foram: (1) Variolink II/Excite DSC - dual, com condicionamento total, (2) Clearfil Esthetic Cement/ED Primer II - dual, autocondicionante, (3) Multilink/Multilink Primer - autoativado, autocondicionante, e (4) Multilink Sprint - dual, autoadesivo. A fotoativação foi realizada com luz halógena (480 mWcm^{-2}), inicialmente por 10s, seguido de 40s. Verificou-se que o cimento autoadesivo apresentou os maiores valores de resistência de união ($14,3 \pm 1,8$ MPa), seguido do Clearfil Esthetic Cement ($12,4 \pm 2,0$ MPa), Variolink II ($12,1 \pm 2,1$ MPa) e Multilink ($11,3 \pm 1,2$ MPa), havendo diferença significativa entre o primeiro e o último. O tipo de falha mais comum, verificado em microscópio óptico, foi a

adesiva entre cimento e dentina. Os autores concluíram que apesar de os cimentos autoadesivos promoverem altos valores de resistência de união e tornarem os procedimentos de cimentação mais rápidos e simples, são necessárias mais investigações acerca dessa nova classe de materiais.¹⁰⁵

Por meio de ensaio de *push-out*, foi investigado o efeito de diferentes sistemas de cimentação/pinos e da termociclagem (40.000 ciclos) sobre a resistência adesiva de pinos de fibra cimentados em condutos radiculares humanos. Por meio de microscopia óptica foram também avaliadas a infiltração na interface adesiva e o modo de falha. Os sistemas testados foram: (1) XP-Bond adhesive/Selfcuring activator + CoreXFlow2 (Dentsply Caulk) + DT Light-Post, (2) Panavia F2.0/ED primer + Tech 21 post e (3) RelyX Unicem+ RelyX fiber post. Os autores verificaram que na condição controle (sem termociclagem) os sistemas testados apresentaram resistência de união semelhantes, variando de $8,3 \pm 2,6$ MPa (RelyX Unicem) a $7,3 \pm 1,3$ MPa (Panavia F 2.0). Após a termociclagem, o sistema de condicionamento ácido total e o autoadesivo apresentaram valores semelhantes ($6,4 \pm 2,3$ MPa e $5,8 \pm 2,2$ MPa, respectivamente), significativamente maiores que o autocondicionante ($4,3 \pm 1,8$ MPa), que foi o único a apresentar redução significativa da resistência de união após termociclagem. Não houve diferença no modo de falha entre os grupos, independente da termociclagem, sendo predominante a do tipo adesiva entre o cimento e a dentina. Na condição controle, não houve diferença de nanoinfiltração entre os diferentes sistemas. A termociclagem causou aumento da nanoinfiltração, sobretudo para o Panavia F 2.0 e RelyX Unicem. Os autores concluíram que níveis adequados de retenção foram observados para todos os sistemas após envelhecimento artificial por termociclagem.¹⁰⁶

Por meio de ensaio de *push-out* foi verificado que o tipo de cimento resinoso autoadesivo (RelyX Unicem, G-Cem, Multilink Sprint e Max-Cem) influenciou a resistência de união de pinos de fibra de quartzo RelyX Fiber Post cimentados em raízes humanas. O RelyX Unicem apresentou valores significativamente superiores ($10,3 \pm 2,2$ MPa), enquanto o G-Cem e o Multilink Sprint valores intermediários, semelhantes entre si, e o Max-Cem valores significativamente menores.⁴⁵

1.3 Fatores que interferem na adesão intrarradicular

Avaliação em MEV da dentina do conduto radicular de dentes humanos revelou grande variabilidade na densidade e orientação dos túbulos dentinários dentro de diferentes áreas, mesmo em um mesmo espécime. Após condicionamento ácido (H_3PO_4 , 32%, 20s), a superfície da dentina disponível para adesão aumentou em 202% no terço cervical, 156% no terço médio e 113% no terço apical do conduto. Em relação à espessura da zona híbrida, os autores verificaram que nos setores com baixa densidade de túbulos, a zona híbrida era significativamente mais fina que nas áreas com alta densidade. Afirmaram que o aumento na área de dentina poderia ser responsável pelo aumento da resistência de união após o condicionamento ácido.²³

Por meio de análise em microscopia óptica e eletrônica do conduto radicular de dentes humanos, foi verificado que o terço apical apresentou marcantes variações em sua estrutura, incluindo canais acessórios, áreas de reabsorção e reparo, quantidade variável de dentina secundária irregular forrando as paredes do conduto e presença de tecido semelhante a cimento. Foi observado que há um menor número de túbulos ($14.400/mm^2$) que o encontrado no terço cervical da raiz ($40.000/mm^2$), com também ausência deles em algumas áreas. Todas essas características poderiam resultar em reduzida penetração de adesivo nessa região, quando comparado ao terço cervical e à dentina coronal. Assim, os autores concluíram que é improvável o sucesso de técnicas adesivas baseadas na penetração de adesivo dentro dos túbulos dentinários, sendo importante a formação de zona híbrida no terço apical.¹⁹

Os efeitos de diferentes protocolos de irrigação e de obturação do conduto radicular sobre a morfologia da dentina radicular de condutos preparados para cimentação adesiva de pinos foram examinados em microscópio óptico e MEV. Para tal, quarenta dentes foram divididos em 4 grupos, conforme irrigação (NaOCl 5,25% ou NaOCl 5,25% + EDTA 10%) e técnica de obturação (condensação lateral a frio ou condensação vertical a quente). Os condutos foram preparados com brocas apropriadas (Composipost #2, Cabon Denit), condicionados com H_3PO_4 35%, por 15 s, e irrigados com água com auxílio de agulha endodôntica. Após seccionamento longitudinal, os condutos foram avaliados, tendo sido evidenciadas amplas áreas cobertas por *smear layer* e debris em todos os grupos. Na região apical havia menos túbulos abertos, maior espessura de *smear layer* e maior quantidade de debris que na região cervical, sendo essas diferenças significantes. Os autores concluíram que

há dificuldade de obter uma superfície dentinária adequadamente limpa para realização de procedimentos adesivos, mesmo com a realização de condicionamento ácido e irrigação.²⁴

A influência do fator-C na resistência de união de pinos de compósito Z100, cimentados em contudos radiculares humanos com diferentes cimentos resinosos, foi avaliada por meio de ensaio de microtração. Os materiais de cimentação utilizados foram: RelyX ARC/SingleBond, Panavia F/ED Primer, C&B Metabond (Parkell Inc., Edgewood, NY, EUA) e Fuji Plus (GC Co.). Os pinos foram cimentados em raízes intactas ou seccionadas longitudinalmente. O número de falhas pré-teste foi expressivamente maior nos grupos com raízes intactas (maior fator-C), que também apresentaram menores valores de adesão que as seccionadas (menor fator-C). O cimento dual RelyX ARC apresentou uma resistência de união de $23,2 \pm 6,5$ MPa em raízes seccionadas, valor significativamente maior que em raízes intactas ($9,0 \pm 5,8$ MPa). Esse cimento também demonstrou redução significativa da união em direção apical. O cimento quimicamente ativado C&B Metabond apresentou menor variação nos valores de resistência de união com raízes seccionadas ($13,1 \pm 4,0$ MPa) e intactas ($12,1 \pm 4,1$ MPa), sem significância estatística. Os autores afirmaram que o fator-C na cimentação de pinos deve exceder 200, gerando alta tensão de polimerização, o que pode comprometer a integridade da interface adesiva. Assim, tais tensões, associadas a problemas de adequado acesso e controle de umidade nas porções mais apicais do conduto, como também alterações na estrutura da dentina apical, poderiam comprometer os procedimentos adesivos em condutos radiculares. Dessa forma, materiais quimicamente ativados, com lenta polimerização, teriam a possibilidade de reduzir as tensões, por permitir o escoamento do material, possibilitando a obtenção de união mais favorável.²⁰

O efeito da irrigação com NaOCl 5%, durante o tratamento endodôntico, na adesão à dentina radicular dos cimentos RelyX ARC, C&B Metabond, Panavia F e Variolink II, foi avaliado por meio de ensaio de microtração. Verificou-se que sem irrigação com NaOCl, o cimento quimicamente ativado C&B Metabond exibiu valores de adesão significativamente maiores em comparação aos cimentos duais. Com irrigação, o C&B metabond foi semelhante ao RelyX ARC e estatisticamente superior aos demais. A irrigação com NaOCl não causou redução significativa da adesão dos cimentos C&B Metabond, RelyX ARC e Panavia F. Os autores concluíram que cimentos quimicamente ativados são preferíveis para cimentação adesiva de pinos de fibra.¹⁰⁷

O efeito de soluções irrigantes (NaOCl 5% e EDTA 10%) e de cimentos endodônticos (com e sem eugenol) na resistência de união de pinos de fibra de quartzo DT Light Post, em condições de presença ou ausência de fadiga cíclica, foi avaliado por meio de ensaio

de *push-out*. A cimentação foi realizada com All Bond 2 associado ao compósito *flowable* autopolimerizável Bisfil 2B (Bisco Inc.). Verificou-se que os cimentos endodônticos à base de eugenol reduziram a adesão de pinos de fibra submetidos à ciclagem mecânica, assim o uso de seladores resinosos foi recomendado pelos autores. O uso de EDTA em conjunto com o NaOCl eliminou o efeito negativo do eugenol, possivelmente pela remoção de smear layer contaminada. Não foi detectado efeito deletério do NaOCl com o número de ciclos utilizados no experimento. Avaliação do modo de falha em estereomicroscópio evidenciou que a interface pino-cimento mostrou-se mais fraca que a dentina-cimento. Os autores afirmaram que a cimentação de pinos com compósito *flowable* autopolimerizável desenvolvido para restaurações e núcleos poderia facilitar os procedimentos clínicos.¹⁰⁸

Por meio de ensaio de *pull-out*, foi investigada a influência de um cimento endodôntico à base de eugenol EndoFill (Dentsply Ind. e Com., Petrópolis, RJ, Brasil) na adesão intrarradicular de pinos metálicos fundidos cimentados com o cimento resinoso Enforce (Dentsply Ind. e Com.) ou de fosfato de zinco LS (Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil). Constatou-se que o cimento de fosfato de zinco promoveu retenção significativamente maior que o resinoso, e que o cimento obturador a base de eugenol promoveu redução significativa de retenção somente para o cimento resinoso.¹⁰⁹

O efeito do intervalo entre a obturação do conduto com o cimento à base de eugenol (Pulp Canal Sealer, Kerr Corp.) e os procedimentos de cimentação sobre resistência de união de diferentes tipos de pinos de fibra, foi avaliado através de teste de *push-out*. O grupo controle não foi obturado e nos grupos testados a cimentação dos pinos foi feita nos intervalos imediato, 24 h e 1 semana após a obturação. Os autores verificaram que a resistência de união com a cimentação imediatamente após a obturação com cimento à base de eugenol foi significativamente menor que nos intervalos 24 h e 1 semana, que apresentaram resultados semelhantes entre si.¹¹⁰

Através de ensaio de *push-out* e observação em MEV, foi investigada a influência de cimentos obturadores endodônticos na resistência de união de pinos de fibra de vidro Reforpost, cimentados em dentes bovinos com cimento resinoso dual RelyX ARC associado ao sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose (fotoativado). Foram utilizados os cimentos endodônticos Endofill e Sealer 26 (Dentsply Ind. e Com.), o primeiro à base de eugenol e o último à base de Ca(OH)_2 . A cimentação dos pinos foi realizada imediatamente após a obturação endodôntica ou após 7 dias. A cimentação do pino imediatamente após a obturação endodôntica com Endofill promoveu significativa redução da resistência de união em todos os terços do conduto. Os grupos com Sealer 26 (imediato ou 7 dias) e o com Endofill (7 dias)

apresentaram valores estatisticamente semelhantes nos terços cervical e médio. Após 7 dias, persistiu o efeito negativo do eugenol no terço apical do conduto. Todos os grupos apresentaram redução da resistência de união em direção apical. Em MEV, os grupos com cimento à base de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apresentaram interface homogênea, com *gaps* somente no terço apical, enquanto o grupo que utilizou cimento com eugenol apresentou *gaps* em toda a extensão do conduto.¹¹¹

Por meio de ensaio de microtração, foi averiguado o efeito de dois solventes de guta percha (clorifórmio e halotano) sobre a resistência de união do cimento resinoso autopolimerizável C&B Metabond à dentina do conduto radicular. Os autores verificaram que os solventes promoveram redução significativa da adesão, sendo semelhantes entre si. Além disso, constataram que o tratamento com solventes originou quantidade de falhas adesivas duas vezes maior que o grupo controle (irrigação com água).¹¹²

A influência de agentes antibacterianos na resistência de união de pinos de fibra de vidro FRC Postec cimentados com 4 diferentes cimentos (Panavia F 2.0, Variolink II, RelyX Unicem e Ketac Cem) foi investigada através de ensaio de *push-out*. Os tratamentos testados foram Laser Er:YAG, ozônio gasoso e clorexedine (controle). O RelyX Unicem apresentou o maior valor médio de adesão (aproximadamente 20 MPa), que foi significativamente reduzido após o uso do ozônio gasoso, enquanto o tratamento com Laser não influenciou significativamente seus resultados. O Panavia F 2.0 teve os valores significativamente aumentados após tratamento com ozônio e o Variolink II apresentou elevação significativa após tratamento com Laser. O modo de falha foi avaliado em estereomicroscópio, sendo constatado que, para o RelyX Unicem foram predominantes as falhas mistas (86%). O Ketac Cem mostrou valores de resistência de união muito baixos, assim seu uso na prática clínica foi questionado. Os autores concluíram que o tratamento antimicrobiano com laser Er:YAG ou ozônio gasoso pode afetar a retenção de pinos de fibra, dependendo do agente cimentante.¹¹³

A permeabilidade de diferentes sistemas adesivos ao movimento de fluido dentinário radicular de dentes humanos tratados endodonticamente, *in vivo*, foi investigada através de observação em MEV de réplicas de poliéster do conduto radicular. Foram utilizados seis diferentes sistemas adesivos, de diferentes gerações. Todos os adesivos simplificados (Single Bond; One Step Plus; Tyrian SPE/One Step Plus, Bisco Inc.; Xeno III, Dentsply Caulk; e One-Up Bond F, Tokuyama Dental Corp., Tóquio, Japão) apresentaram gotículas na superfície adesiva, enquanto no adesivo de 3 passos All-Bond 2, apenas um dos quatro espécimes apresentou mínima transudação de fluidos e nos demais nenhuma gotícula foi

detectada. Os autores concluíram que a melhor alternativa para cimentação adesiva de pinos de fibra é o sistema de 3 passos, baseado no condicionamento ácido total.²⁸

Atavés de MEV e de espectrometria dispersiva de comprimento de onda (WDS) foi avaliada a permeabilidade da camada adesiva de sistemas adesivos de 4ª, 5ª e 6ª gerações. Os autores observaram que o sistema de de 4ª geração, baseado no condicionamento ácido total e 3 passos (OptiBond FL, Kerr Corp.) apresentou permeabilidade significativamente menor que os sistemas simplificados do mesmo fabricante. A maior permeabilidade dos sistemas simplificados poderia levar à deterioração da interface adesiva.²⁹

Por meio de MEV e MET foi verificado que há formação de zona híbrida na dentina do conduto radicular tanto com o sistema autocondicionante AdheSE DC, como com o sistema de condicionamento ácido total de dois passos Excite DSC (ambos sistemas empregados com o compósito MultiCore Flow). Os autores constataram que a presença de *tags* foi mais evidente para o Excite DSC e que no terço apical não foram detectados *tags* para o AdheSE DC. Todavia, apesar da hibridização, foram verificadas inúmeras fendas, evidenciando que não há selamento hermético na interface, devido, provavelmente, à complexidade do substrato e ao alto fator-C.²¹

A importância da retenção friccional na resistência ao deslocamento de pinos de vidro FRC Postec cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos com Panavia21/ED Primer e VariolinkII/Excite DSC foi verificada por meio de ensaio de *push-out*. O sistema baseado em condicionamento ácido total apresentou valores significativamente superiores ao autocondicionante. Os autores observaram que a resistência de união não diferiu significativamente com ou sem aplicação do respectivo sistema adesivo. Concluíram que a resistência ao deslocamento dos pinos de fibra cimentados adesivamente ocorre primariamente pela resistência friccional.¹¹⁴

Por meio de ensaio de *push-out* foi averiguada a influência do intervalo entre a cimentação adesiva de pinos e o teste mecânico (imediato ou 24 h). Para tal foi avaliada a resistência de união de pinos de fibra de vidro FRC Postec Plus cimentados em condutos radiculares humanos com os seguintes cimentos: RelyX Unicem, Duo Link/AllBond 2, Multilink, Nexus 2/Optibond Solo Plus Dual Cure (Kerr Corp.) e fosfato de zinco (Richter&Hoffmann Harvard Dental GmbH, Berlin, Alemanha). Para a cimentação, os sistemas duais foram fotoativados através dos pinos com luz halógena, 600mWcm^{-2} , por 40 s. Foi constatado que para os cimentos resinosos houve aumento significativo da resistência interfacial após 24 h, contudo para o fosfato de zinco o intervalo não foi significativo. Os cimentos Nexus ($10,3 \pm 3,8$ MPa), fosfato de zinco ($10,1 \pm 2,7$ MPa) e Multilink ($9,6 \pm 3,8$

MPa) apresentaram os maiores valores de retenção, semelhantes entre si. O RelyX Unicem ($7,1 \pm 4,9$ MPa) foi semelhante ao Multilink e ao Duo Link ($6,7 \pm 3,5$ MPa). Os autores concluíram que a resistência de união aumentou durante as primeiras 24 horas e que a resistência interfacial é devida predominantemente à retenção friccional.¹¹⁵

Por meio de ensaio de *pull-out*, foi comparada a retenção de pinos de fibra de vidro FiberKor cimentados com o cimento resinoso Cement-it, com a de pinos de aço ParaPost XP (Coltène Whaledent Inc.) cimentados com cimento de fosfato de zinco. Os autores verificaram que os últimos apresentaram valores de retenção significativamente maiores.¹¹⁶

A influência de diferentes métodos de aplicação de sistemas adesivos sobre a formação de *tags* resinosos, ramificações laterais e zona híbrida na dentina radicular, na cimentação de pinos de quartzo Endo Light (RTD) em condutos radiculares de dentes humanos foi avaliada em MEV. Foram empregados os cimentos resinosos DualLink/One Step ou C&B/AllBond 2. Para a aplicação dos adesivos foi utilizado um pincel fornecido pelo fabricante ou um pequeno aplicador *Microbrush plus* (Microbrush Co., Grafton, WI, EUA). Os autores constataram que a uso do adesivo com aplicadores tipo *microbrush* levou à maior presença e uniformidade de zona híbrida nas três profundidades dos condutos, em função da capacidade de o aplicador levar o sistema em toda a profundidade do canal.¹¹⁷

Foi verificado em MEV que, na cimentação adesiva de pinos de fibra translúcidos com cimento resinoso RelyX ARC, a aplicação do sistema adesivo Scotchbond 1 com aplicador tipo *Microbrush* resultou em maior percentagem de zona híbrida, *tags* resinosos e ramificações laterais em toda extensão do conduto, em relação à aplicação com o pincel fornecido pelo fabricante. Os autores afirmaram que é importante que o aplicador tenha dimensão compatível com a luz do canal, para que atinja a região apical.⁶⁷

Por meio de ensaio de *push-out* foi avaliada a influência do tipo de aplicador de adesivo e do uso de pontas de papel absorvente sobre a resistência de união de pinos confeccionados com o cimento resinoso Duolink, cimentados em condutos radiculares bovinos. Os procedimentos adesivos foram realizados com o sistema de 3 passos All Bond 2, empregado com os aplicadores Cavi-Tip (SDI, Bayswater, Austrália), Microbrush (Dentsply Caulk), Endobrush (Bisco Inc.) ou pincel convencional (Bisco Inc.). Na metade dos grupos a remoção do excesso das soluções adesivas foi realizada com pontas de papel absorvente. Foi verificado que o tipo de pincel (Cavi-Tip > Microbrush = Endobrush = pincel convencional) e o uso de pontas de papel absorvente (com uso > sem uso) influenciaram a resistência de união significativamente. Os autores concluíram que o menor aplicador (Cavi-tip) associado a

pontas de papel absorvente aumentaram significativamente a resistência de união de cimentos resinosos a condutos radiculares bovinos.¹¹⁸

A influência de técnica de aplicação (broca lentulo, seringa agulhada ou aplicação somente no pino) de diferentes cimentos resinosos sobre a resistência de união de pinos de fibra cimentados em condutos de raízes dentárias humanas, foi avaliada por meio de ensaio de *push-out*. Verificaram-se valores de adesão significativamente maiores com aplicação com lentulo ou seringa, que foram semelhantes entre si. A resistência de união não foi significativamente afetada pela região do conduto. Por meio de MEV, foi constatado que a maioria das falhas foi adesiva entre pino e cimento ou mista.¹¹⁹

O efeito da temperatura pré-cura dos cimentos resinosos RelyX Unicem e Panavia F 2.0 sobre a resistência de união à dentina coronal foi pesquisado por meio de ensaio de microtração. Verificou-se que a temperatura pré-cura influenciou significativamente a adesão dos materiais testados. Ambos os cimentos apresentaram valores significativamente menores (semelhantes entre si) quando utilizados à temperatura do refrigerador (4° C). O uso à temperatura ambiente (24° C) ou intraoral (37° C) geraram valores semelhantes. O aquecimento (60° C) do Panavia F 2.0 elevou significativamente sua adesão, contudo promoveu polimerização prematura do RelyX Unicem, inviabilizando seu uso.¹²⁰

O efeito da radioterapia de raios-X ionizantes (60Gy) sobre a retenção de pinos de fibra de quartzo DT Light Post, cimentados em dentes humanos com o cimento resinoso Duolink/All Bond 2, foi avaliado através de ensaio de *push-out*. Foi observado que a radioterapia realizada previamente à cimentação dos pinos causou redução significativa da resistência de união (de $8,4 \pm 0,1$ MPa para $4,0 \pm 0,7$ MPa), provavelmente devido à alteração das fibras colágenas.¹²¹

1.3.1 Espessura do filme de cimento

A influência da espessura do filme do cimento resinoso DuoLink/AllBond2 na resistência de união de pinos de fibra de quartzo Light Post à dentina radicular foi avaliada através de ensaio de *push-out*. Dezoito condutos de dentes humanos foram preparados com brocas #3 do sistema dos pinos e foram aleatoriamente divididos em dois grupos (n=9), conforme a espessura de cimento: pequena espessura (cimentação do pino #3) e grande espessura (cimentação do pino # 1). A fotoativação foi realizada com luz halógena, 500

mWcm^{-2} , por 40s. As espessuras dos cimentos foram avaliadas por meio de fotografias com auxílio de microscópio óptico. Apesar de as espessuras do filme de cimento dos dois grupos terem sido significativamente diferentes ($84,7 \pm 49 \mu\text{m}$ e $316,7 \pm 58 \mu\text{m}$), as resistências de união foram semelhantes ($8,57 \pm 1,6 \text{ MPa}$, com pequena espessura, e $7,01 \pm 2,7 \text{ MPa}$, com grande espessura). O modo de falha predominante foi do tipo adesiva na interface pino-cimento (95% para pequena espessura e 99% para grande espessura). Dessa forma, o aumento na espessura do filme de cimento não afetou significativamente a resistência de união.⁵⁹

O teste de *pull-out* foi utilizado para verificar o efeito da espessura do cimento resinoso Panavia 21/ ED Primer na resistência de união de pinos de fibra de quartzo Endo Light Post cimentados em condutos radiculares humanos. As diferenças entre os diâmetros dos pino (0,9 mm) e das brocas (ISO 90 a ISO 140) variaram de 0,0 a 0,5 mm. O maior valor de retenção não foi encontrado com a menor espessura de cimento. Valores de desadaptação intermediários (de 0,1 a 0,3 mm) promoveram valores de resistência ao *pull-out* similares entre si e superiores aos demais. Dessa forma, para cimentação adesiva de pinos de fibra, foi recomendado o preparo do conduto com brocas ligeiramente maiores que o diâmetro dos pinos.⁶⁰

Por meio de ensaio de *push-out*, foi testada a resistência de união de pinos endodônticos de fibra EasyPost (Maillefer Instruments, Ballaigues, Suíça) cimentados com diferentes cimentos resinosos, como também a influência da espessura do filme de cimento sobre a resistência de união. Foram utilizados os seguintes cimentos: RelyX Unicem, Panavia F, SuperBond (Sun Medical, Tóquio, Japan) e Parapost Cement (Coltène Whaledent Inc.). Imagens digitais das fatias capturadas em estereomicroscópio foram avaliadas com o *software* Scion Image (Scion Corp.) para a mensuração das áreas do pino e do cimento. O SuperBond apresentou resultados ($14,6 \pm 2,9 \text{ MPa}$) semelhantes ao RelyX Unicem ($14,4 \pm 3,3 \text{ MPa}$) e estatisticamente superiores aos demais, que foram semelhantes entre si. Análise regressiva (mínimos quadrados) evidenciou que a área do filme do cimento não interferiu no desempenho dos materiais utilizados.⁶¹

Por meio de ensaio de *push-out*, foi avaliado o efeito do grau de discrepância entre o diâmetro do pino e o da broca de preparo do conduto na resistência de união desses pinos cimentados em dentes humanos com o cimento resinoso autoativado Post Cement Hi-X. Foram empregados pinos de fibra de quartzo DT Light Post # 1 e brocas # 1, 2 e 4 do sistema dos pinos e broca Gates Glidden #6. Não foram observadas diferenças significantes entre os grupos (variação de $14 \pm 5,1$ a $15,7 \pm 6,9 \text{ MPa}$). Houve diferença regional na resistência de união, com o terço cervical ($17,5 \pm 6,0 \text{ MPa}$) apresentando valores superiores ao terço apical

($12,3 \pm 6,0$ MPa), que foi semelhante ao médio ($14,0 \pm 5,3$ MPa). Os autores concluíram que o diâmetro do conduto não afetou os valores de resistência de união, que a adesão no terço cervical foi mais confiável e que guta-percha residual e hibridização deficiente (verificadas em MEV) podem comprometer a adesão à dentina radicular.⁶²

A influência do tipo de pino (ouro, fibra de vidro ou fibra de quartzo) e do agente cimentante resinoso dual na resistência de união à dentina radicular, foi investigada por meio de ensaio de *push-out*. Diferenças significantes nos resultados de adesão não foram observadas entre os cimentos, mas foram observadas entre os pinos: pinos de fibra de quartzo apresentaram resistência de união semelhante aos pinos de ouro, que foram estatisticamente superiores aos pinos de fibra de vidro. A resistência de união aumentou do terço cervical para o apical. Os diâmetros dos pinos e dos condutos foram obtidos por medidas realizadas em réplicas de imagens capturadas em microscópio óptico. Observaram que uma menor espessura de cimento estava associada a uma maior resistência de união.⁵⁷

O efeito da espessura do filme de cimento na resistência de união de pinos de vidro ER post (Komet Brassler) cimentados em condutos radiculares humanos com 3 diferentes compósitos foi verificado através de ensaio de *pull-out*. Foram utilizados os cimentos RelyX Unicem, Calibra e Multicore Flow (Ivoclar Vivadent), além dos compósitos para preenchimento Build-It e Rebilda DC (VOCO). Os preparos do conduto foram executados com brocas ISO 90 e ISO 100 para a cimentação de pinos ISO 90, obtendo-se diferentes espessuras de cimento. Constataram que, exceto para o Rebilda DC, a cimentação em canais com diferença de diâmetros pino-conduto de cerca 0,2 mm causou redução significativa da resistência de união em relação a pinos precisamente adaptados. Para pinos precisamente adaptados o RelyX Unicem apresentou os maiores valores ($454 \text{ N} \pm 64 \text{ N}$), semelhantes ao Build-It e Calibra. Com canais amplos os maiores valores também foram verificados com o Rely X Unicem ($256 \text{ N} \pm 115 \text{ N}$) e Build-It ($301 \text{ N} \pm 78 \text{ N}$), que foram semelhantes entre si.⁵⁸

1.4 Teste de resistência de união por *push-out*

O uso do ensaio de *push-out* para fins odontológicos foi sugerido pela primeira vez em 1970, tendo sido denominado *punch-shear test*. As principais vantagens apontadas pelo autor foram a facilidade de confecção dos corpos de prova e a simulação de forças cisalhantes, semelhantes às mastigatórias.¹²²

O ensaio de *push-out* foi utilizado em condutos radiculares pela primeira vez em 1996, utilizando espessas fatias de 4 mm. Foi aplicado para avaliar a resistência adesiva de compósitos inseridos em condutos radiculares bovinos pelas técnicas direta e indireta.¹²³

Em 2004, foi realizada uma comparação entre os ensaios de microtração e o de *push-out*, avaliando a capacidade de aferir precisamente a resistência de união de pinos de fibra Ghimas White post (Ghimas, Bolonha, Itália) cimentados em canais radiculares com os cimentos Variolink II ou RelyX Unicem. Para o teste de microtração, foram preparados espécimes em forma de ampulheta ou em forma de bastão. O teste de *push-out* realizado foi projetado como um tipo de micro *push-out*, com fatias de espessura reduzida (1 mm), possibilitando uma distribuição mais uniforme das tensões. Os autores observaram que no teste de microtração com espécimes em forma de ampulheta houve falhas prematuras frequentes (16,9 % para o Variolink II e 27,5% para o RelyX Unicem). Com esse desenho de ensaio, o teste Kolmogorov-Smirnov revelou que os dados não estavam normalmente distribuídos e o Mann-Whitney U-test não achou diferença significativa entre os materiais testados. No teste de microtração com o preparo de bastões, quase todos os espécimes preparados falharam prematuramente durante a fase de corte. Assim, devido ao pequeno número de espécimes, não foi feito teste de carga e análise estatística. Já no ensaio de micro *push-out*, nenhum espécime falhou prematuramente e os valores de resistência de união foram distribuídos normalmente e suas variabilidades ficaram dentro de limites aceitáveis. A adesão obtida pelo Variolink II ($6,89 \pm 3,77$ MPa) foi significativamente maior que a obtida com o RelyX Unicem ($5,01 \pm 2,63$ MPa). Segundo os autores, o teste de micro *push-out* foi o mais acurado e confiável para medir a adesão de pinos ao conduto radicular e além disso também possibilita testar diferenças regionais da resistência de união dentro do conduto radicular.¹²⁴

Avaliação semelhante foi feita em 2008, acrescentando-se o método de elementos finitos. Para a pesquisa, pinos de pinos de fibra de vidro Reforpost foram cimentados em condutos radiculares humanos com o sistema Rely X ARC/Scotchbond Multi-Purpose. Vinte e quatro horas após a cimentação, os dentes foram seccionados em fatias de 1mm e submetidos aos diferentes ensaios. Durante o processamento para o ensaio de microtração, 4 dos 50 espécimes em forma de ampulheta falharam (8%); enquanto 46 dos 50 espécimes em forma de bastão falharam (92%), não sendo realizado ensaio nesse grupo. Os valores de resistência de união no teste de microtração com espécimes em forma de ampulheta ($14,98 \pm 12,72$ MPa) e no ensaio de micro *push-out* ($11,89 \pm 6,55$ MPa) foram semelhantes. O ensaio de micro *push-out* apresentou menor coeficiente de variação (0,55) que o de microtração (0,85). Através de análise de elementos finitos, os autores examinaram a distribuição de

tensões geradas nos diferentes ensaios, constatando que o ensaio de micro *push-out* promoveu uma distribuição mais uniforme. No teste de microtração, os corpos de prova em forma de bastão geram tensões mais uniformes que os com forma de ampulheta, mas seu altíssimo índice de falhas pré-teste inviabiliza seu uso. Dessa forma, os autores concluíram que o micro *push-out* é o ensaio indicado para determinar resistência de união de pinos de fibra cimentados em condutos radiculares.¹²⁵

Em uma pesquisa sobre o efeito da ciclagem mecânica sobre a resistência ao *push-out* de pinos de fibra de quartzo (DT Light Post) e de vidro (FRC Postec Plus) cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos, com sistema Duolink + All Bond 2, foi verificado que a adesão dos pinos de fibra à dentina radicular não foi afetada pelo teste de fadiga empregado (20.000 e 2.000.000 ciclos).¹²⁶

As normas para ensaios de adesão recomendam que imediatamente após a extração, os dentes devem ser lavados em água corrente e o tecido aderente removido. Para desinfecção, devem ser armazenados em cloramina T 0.5% por até uma semana e, posteriormente, devem ser armazenados em água destilada em refrigerador (4° C) ou congelados abaixo de -5°C. Para minimizar a deterioração, o meio de armazenagem precisa ser substituído periodicamente. Os dentes podem ser utilizados até no máximo 6 meses após a extração. Para maior controle do preparo, o dente deve ser incluído em resina com presa fria ou gesso. Os espécimes devem ser testados imediatamente após a remoção da água. A taxa de carregamento recomendada é de 0.75 ± 0.30 mm/min.¹²⁷

2 PROPOSIÇÃO

Os objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tipo de sistema de cimentação (condicionamento ácido total e autoadesivo), do modo de ativação (autoativação e dual), do terço do conduto (cervical, médio e apical) e da espessura do filme de cimento sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados condutos dentes unirradiculares humanos.

Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses nulas:

- a. H_0 - Não existe diferença entre os valores de resistência de união para os dois sistemas de cimentação resinosos testados;
- b. H_0 . Não existe diferença entre os valores de resistência de união para os dois protocolos de ativação empregados;
- c. H_0 . Não existe diferença entre os valores de resistência de união nos terços cervical, médio e apical do condutos radicular;
- d. H_0 – Não existe relação entre a espessura do filme de cimento e os valores de resistência de união.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

- Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Activator - 3M ESPE (St Paul, MN, EUA) - lote 6KX - val. 11/2009.
- Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Primer - 3M ESPE (St. Paul, MN, EUA) - lote 8BT - val. 02/2011.
- Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Catalyst - 3M ESPE (St. Paul, MN, EUA) - lote 7BB - val. 08/2010.
- Brocas Gates Glidden n^{os} 1, 2, 3 e 4 - Moyco Union Broach (Swiss) - lote 727783.
- Câmera Canon EOS Digital Rebel XTi 10.1 megapixels – Canon U.S.A., Inc. (EUA)
- Cimento de ionômero de vidro VitroFil A3 - DFL (Rio de Janeiro, RJ, Brasil) -- lote 07050659 - val. 04/2010.
- Cimento endodôntico Sealer 26 – Dentsply Maileffer (Petrópolis, RJ, Brasil) - lote 936956 - val. 02/2011.
- Cimento temporário sem eugenol Citodur – Dorident (Wein, Áustria) - lote 761208 - val. 08/2010.
- Condicionador gel de ácido fosfórico 37% Condac 37 – FGM (Joinville, SC, Brasil) - lote 040309 - val. 03/2011.
- Cones de guta percha 1ª série e acessórios - Dentsply Maillefer (Petrópolis, RJ, Brasil)
- Delineador B2 – Bioart (São Carlos, SP, Brasil).
- Digital Concepts Close up lens Set (+1, +2, +4 & x10) – Sakar Inc. (Edison, NJ, EUA).
- Disco de corte diamantado 152x0,4x12,7mm – Arotec S/A Indústria e Comércio (Cotia, SP, Brasil).
- Disco flexível diamantado dupla face n^o 7020 - KG Sorensen (Barueri, SP, Brasil)
- Espaçadores digitais, 25mm, 1/6 – INJECTA Produtos Odontológicos (Diadema, SP, Brasil) – lote 1422.
- Estufa Quimis modelo Q-316B15 – Quimis Aparelhos Científicos (Diadema, SP, Brasil).

- Flash Canon MT-24EX Macro Twin Lite Flash – Canon U.S.A., Inc. (EUA)
- Hipoclorito de sódio (NaOCl) 5% - Uraby Química e Comércio Ltda. (Rio de Janeiro, RJ, Brasil) - lote 060409 - val. 02/2011.
- KG brush Extrafine - KG Sorensen (Barueri, SP, Brasil)- lote 3087.
- Limas endodônticas K-file Colorinox 25 mm, 1ª e 2ª séries – Dentsply Maillefer (Suíça)
- Máquina de corte Labcut 1000, modelo 112180 – Buehler Ltda. (Lake Bluff, IL, USA).
- Máquina de ensaio Emic DL 10000 - EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio LTDA. (São José dos Pinhais, PR, Brasil).
- Objetiva Canon EF 100mm f/2.8 Macro USM Lens – Canon U.S.A., Inc. (EUA)
- Paquímetro digital Mitutoyo modelo 500-143B (Mitutoyo Sul Americana Ltda., Suzano, SP, Brasil).
- Pinos de fibra de vidro WhitePost DC # 2, kit com broca calibrada – FGM (Joinville, SC, Brasil) - lote 180708 - val. 07/2013.
- Pontas agulhadas do sistema Centrix – DFL Ind. e Com. S.A. (Rio de Janeiro, RJ, Brasil) – lote 07111341.
- Pontas de papel absorvente 1ª e 2ª séries Endo Points Ind Com Ltda (Paraíba do Sul, RJ, Brasil) - lote 12984 - val. 10/09.
- Radiômetro HILUX LEDMAX Dental Curing Light Meter – n° série 4063026 (Benlioglu Dental Inc, Ankara, Turquia)
- RelyX™ ARC (A3) - 3M ESPE (St Paul, MN, EUA) - lote GM8HU - val. 05/2010.
- RelyX™ Ceramic Primer - 3M ESPE (St. Paul, MN, EUA) - lote 8YN - val. 08/2011.
- RelyX™ U100 (A3) - 3M ESPE (Seefeld, Alemanha) - lote 323278 – val. 09/2009.
- Resina Epóxi GY260, Fibercom Rio Com. Repr. Ltda (Rio de Janeiro, RJ, Brasil) - lote 905050 - val. 04/2010.
- Seringa Sistema Centrix - DFL Ind. e Com. S.A. (Rio de Janeiro, RJ, Brasil).
- Seringas descartáveis 10 ml - - DESCARPACK – Descartáveis do Brasil (São Paulo, SP, Brasil).
- Solução de Cloramina T 0,5% - Instituto de Química da UERJ.
- Soro fisiológico - Arboreto (Juiz de Fora, MG, Brasil) - lote 09045115 – val. 04/2011.
- Sugador endodôntico metálico – Odous de Deus (Belo horizonte, BH, Brasil)

3.2 Métodos

3.2.1 Preparo dos espécimes

Após aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2422-CEP/HUPE), quarenta (40) dentes unirradiculares humanos extraídos tiveram as superfícies radiculares raspadas com curetas periodontais e limpas com profilaxia com pasta de pedra pomes e taça de borracha. Os dentes foram desinfetados em solução de Cloramina T 0,5% por 1 semana e posteriormente armazenados em água destilada, em refrigerador (± 4 °C), por até no máximo 6 meses, antes do uso.¹²⁷

Todos os procedimentos de preparo dos espécimes e de cimentação adesiva dos pinos de fibra foram realizados por um único operador.

Os dentes foram seccionados transversalmente, na região da junção amelo-cementária, com disco diamantado flexível dupla face nº 7020 (KG Sorensen, Barueri, Brasil) montado em peça reta e micromotor, sob refrigeração ar-água, obtendo-se raízes com 15 ± 1 mm de comprimento (figura 1).



Figura 1 – Marcação da raiz de dente unirradicular (15mm de comprimento), para seccionamento.

As raízes foram incluídas para facilitar a manipulação. Para este procedimento foi utilizado um delineador (modelo B2, Bio-Art) com uma broca Gattes-Gliden fixada a ele. A broca, com diâmetro compatível, foi inserida no interior do conduto radicular, posicionando-o

perpendicularmente à base horizontal. As raízes foram imobilizadas em uma placa de vidro com cera pegajosa, de modo que os longos eixos dos condutos ficassem perpendiculares à base horizontal (figura 2). Cilindros de PVC com 16mm de diâmetro foram utilizados como matrizes. A inclusão foi realizada com resina epóxica negra (GY260, Fibercom), a fim de impedir o acesso de luz ao interior do conduto através das paredes dentinárias.

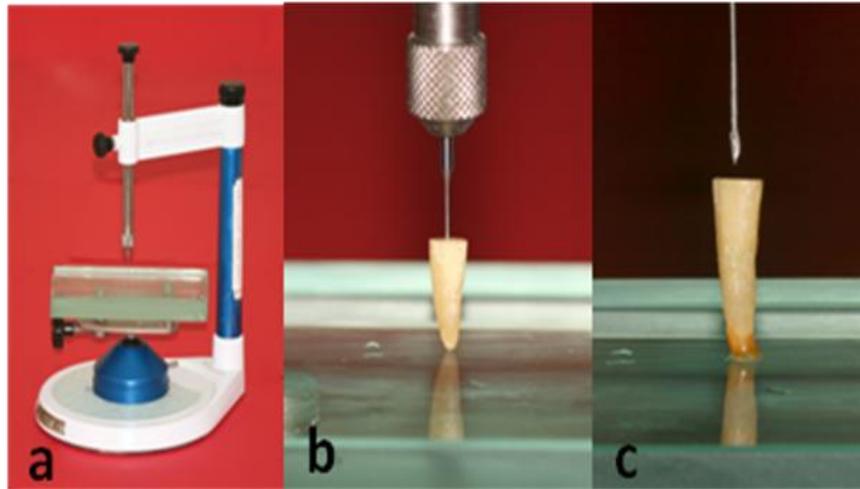


Figura 2 – (a) Delineador, (b) Posicionamento de broca Gates Glidden no interior do conduto, perpendicular à horizontal e (c) Estabilização do dente com cera pegajosa.

As raízes foram submetidas ao tratamento endodôntico, com instrumentação com limas K-file (Dentsply Maillefer) e irrigação com NaOCl 5% (Uraby Química e Comércio Ltda.), seguindo a técnica ápice-coroa com recuo escalonado, utilizando lima 35 na região apical. A obturação endodôntica foi realizada com cones de guta-percha (Dentsply Maileffer) e o cimento endodôntico sem eugenol, Sealer 26 (Dentsply Maillefer). O acesso endodôntico foi obturado provisoriamente com cimento sem eugenol Citodur (Dorident). As raízes foram armazenadas em água destilada, em estufa a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Quimis).

3.2.2 Cimentação adesiva

Uma semana após a obturação endodôntica, foi realizada a cimentação adesiva dos pinos de fibra com matriz epóxica. Os condutos foram desobturados parcialmente com brocas Gates Glidden (nº 2, 3 e 4) e preparados sob refrigeração ar-água, a uma profundidade de 10 mm, com brocas padronizadas (sistema White Post DC #2 - FGM). Cada broca foi empregada

para o preparo de 5 condutos. Para a realização do preparo, os corpos de prova foram montados em um dispositivo desenvolvido para padronização de preparos cavitários. Tal aparato foi construído a partir do corpo de um microscópio óptico (figura 3). Consiste de um braço superior imóvel, no qual foi fixado o conjunto micromotor/contra-ângulo com a broca calibrada e uma base inferior móvel, capaz de movimentar-se em 3 eixos. Nessa base foram fixados oscilindros de resina epóxica com as raízes incluídas. Para o preparo dos espaços para os pinos, após o alinhamento da broca de preparo com o conduto radicular, a base foi movimentada somente no eixo em sentido ascendente, até a penetração no conduto em 10mm de profundidade. Após o preparo, os condutos foram irrigados com 10 ml de água destilada e o excesso de umidade removido com pontas de papel absorvente.



Figura 3 – Dispositivo para padronização do preparo do conduto.

Os cimentos resinosos testados foram o RelyXTM ARC, associado ao sistema adesivo AdperTM ScotchbondTM Multi-Purpose Plus e o cimento auto adesivo RelyXTM U100, ambos cor A3.

A composição, validade e lote dos materiais, segundo o fabricante, são descritos na Tabela 1.

As raízes foram aleatoriamente divididas em 4 grupos (10 raízes/grupo), de acordo com os sistemas de cimentação e os modos de ativação utilizados (Tabela 2).

Tabela 1 - Composição, lote e validade dos materiais (segundo 3M ESPE).

Material	Composição		Lote	Val.
Adper™ Scotchbond™ Multi-Purpose Plus	Ativador (1,5)	Solução etélica de sal de ácido sulfínico, Fotoiniciador	6KX	11/09
	Primer (2)	Solução aquosa de HEMA Co-polímero do ácido polialcenóico	8BT	02/11
	Catalisador (3,5)	BIS-GMA, HEMA Peróxido de benzoíla	7BB	08/10
RelyX™ Ceramic Primer (silano)	Solução pré-hidrolisada de fase única		8YN	08/11
RelyX™ ARC (cor A3)	BIS-GMA, TEGDMA 67,5% (peso) partículas inorgânicas – zircônia e sílica Peróxido de benzoíla, aminas, fotoiniciador, pigmentos		GM8HU	05/10
RelyX™ U100 (cor A3)	Monômeros metacrilatos fosfatados ácidos, metacrilatos 70%(peso) de carga inorgânica silanizada e partículas de carga alcalinas (não silanizadas) Sistema iniciador, estabilizadores e pigmentos.		323278	09/09

Tabela 2 – Grupos testados, de acordo com sistema de cimentação e modo de ativação.

Grupos	Cimentos	Modo de ativação
1	RelyX ARC + SBMP Plus	Autoativado
2	RelyX ARC + SBMP Plus	Dual – fotoativação 40 s
3	RelyX U100	Autoativado
4	RelyX U100	Dual – fotoativação 40 s

Antes da cimentação, todos os pinos de fibra de vidro foram seccionados transversalmente na porção coronal, com ponta diamantada 4072 (KG Sorensen) em alta rotação, sob refrigeração ar-água, obtendo-se pinos com comprimento de 15 mm (figura 7). Os pinos foram tratados superficialmente com etanol (92,8%) e silanizados com o RelyX Ceramic Primer (3M ESPE).

Para os grupos do RelyX ARC foi adotado o seguinte protocolo:

- a. condicionamento ácido do conduto radicular com H₃PO₄ 37% gel, por 15 s, aplicado com com seringa agulhada;
- b. lavagem com água destilada (10 ml) com auxílio de seringa e sugador endodôntico;
- c. secagem com cones de papel absorvente, removendo o excesso de umidade, sem desidratar a dentina;

- d. aplicação do ativador do sistema (frasco 1,5) no interior do conduto com aplicador tipo *microbrush* (KG brush Extrafine), por 15 s, remoção de excesso com ponta de papel absorvente e secagem com jatos de ar, por 5 s;
- e. aplicação do primer (frasco 2) no interior do conduto com *microbrush*, por 15 s, remoção de excesso com ponta de papel absorvente, secagem com jatos de ar, por 5 s;
- f. aplicação do catalisador (frasco 3,5) na superfície do pino de fibra com *microbrush*, aplicação de jato de ar, por 5 s, a 10 cm de distância, para espalhar o material;
- g. aplicação do catalisador (frasco 3,5) no interior do conduto com *microbrush*, por 15 s, remoção de excesso com ponta de papel absorvente;
- h. manipulação do cimento com espátula metálica Greensteincolor Safident CH-1196 (Safident, Suíça), misturando-se partes iguais das pastas base e catalisadora;
- i. aplicação do cimento com espátula na superfície do pino de fibra de vidro;
- j. inserção do cimento no conduto com seringa Centrix e ponta agulhada;
- k. inserção do pino no conduto, remoção de excessos e manutenção de pressão constante de 500 g, por meio de dispositivo especial. (figura 4).

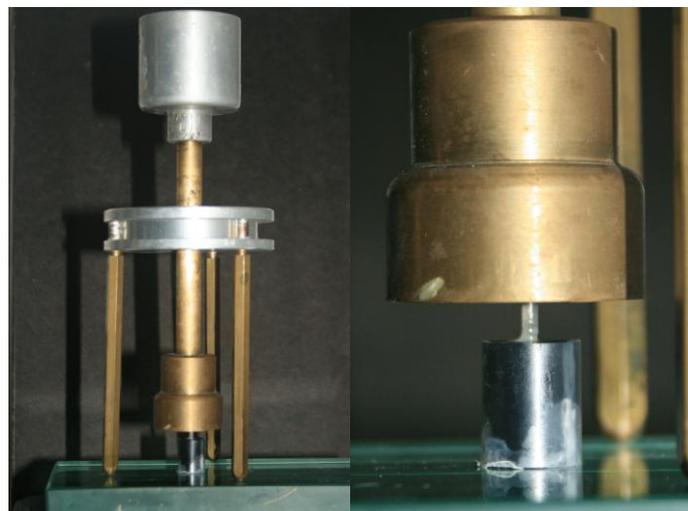


Figura 4 – (a) Dispositivo para manutenção de carga constante de 500g durante a cimentação.(b) Close da aplicação da carga.

Para os grupos do RelyX U100 foi adotado o seguinte protocolo:

- a. irrigação do conduto com NaOCl (10 ml), seguida por irrigação com água destilada (10 ml) com auxílio de seringa e sugador endodôntico;
- b. secagem com cones de papel absorvente, removendo o excesso de umidade, sem desidratar a dentina;

- c. manipulação do cimento com espátula metálica Greensteincolor Safident CH-1196, misturando-se partes iguais das pastas base e catalisadora;
- d. aplicação do cimento com espátula na superfície do pino de fibra de vidro;
- e. inserção do cimento no conduto com seringa Centrix e ponta agulhada;
- f. inserção do pino no conduto, remoção de excessos e manutenção de pressão constante de 500 g, por meio de dispositivo especial (figura 4), como realizado com os grupos do RelyX ARC.

A polimerização de ambos os cimentos obedeceu aos seguintes protocolos (2 modos de ativação):

- a. Polimerização química (autoativado)– sem aplicação de luz;
- b. Polimerização dual - com aplicação de luz através do pino por 40 s, 5 min após a inserção do pino no interior do conduto.

Para a fotoativação, foi utilizado o aparelho L.E.Demetron 1 (LED Light Curing System (Kerr Co., CT, USA), com irradiância de 890 mW/cm^2 , aferida a cada ciclo com o radiômetro HILUX LEDMAX Dental Curing Light Meter (Benlioglu Dental Inc, Ankara, Turkey). Para a fotoativação, a ponta do aparelho com diâmetro de 10 mm foi posicionada paralela ao pino, de modo que o centro da ponteira o tocasse e a luz fosse direcionada longitudinalmente a ele.

Logo após a cimentação dos pinos, o cimento resinoso foi protegido com cimento de ionômero de vidro autoativado VitroFil cor A3 (DFL). Oito minutos após, a superfície do cimento de ionômero de vidro foi protegida com verniz cavitário e os espécimes foram armazenados em frascos com água destilada, em estufa a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, ao abrigo da luz.

3.2.3 Ensaio de *push-out*

Decorridos sete dias, as raízes foram seccionadas transversalmente com disco diamantado Arotec, em máquina de corte Labcut 1000, com 250 rpm e carga de 250g, obtendo-se fatias de $1,00 \pm 0,10$ mm de espessura, correspondentes aos terços cervical, médio e apical do pino cimentado (2 fatias por região). No total, foram obtidas 240 fatias, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Número de fatias a serem testadas (subdivisão por região do conduto radicular).

GRUPO	nº dentes	nº fatias	Terço	Fatias por terço
G1 - RelyX ARC dual	10	60	Cervical	20
			Média	20
			Apical	20
G2 – RelyX ARC auto	10	60	Cervical	20
			Média	20
			Apical	20
G3 – RelyX U100 dual	10	60	Cervical	20
			Média	20
			Apical	20
G4 - RelyX U100 auto	10	60	Cervical	20
			Média	20
			Apical	20

Imediatamente antes do corte de cada fatia, as faces coronais foram marcadas com ponta diamantada esférica 1011 (KG Sorensen), a fim de possibilitar a montagem no dispositivo de *push-out*, com a aplicação da força de apical para cervical (figura 5).

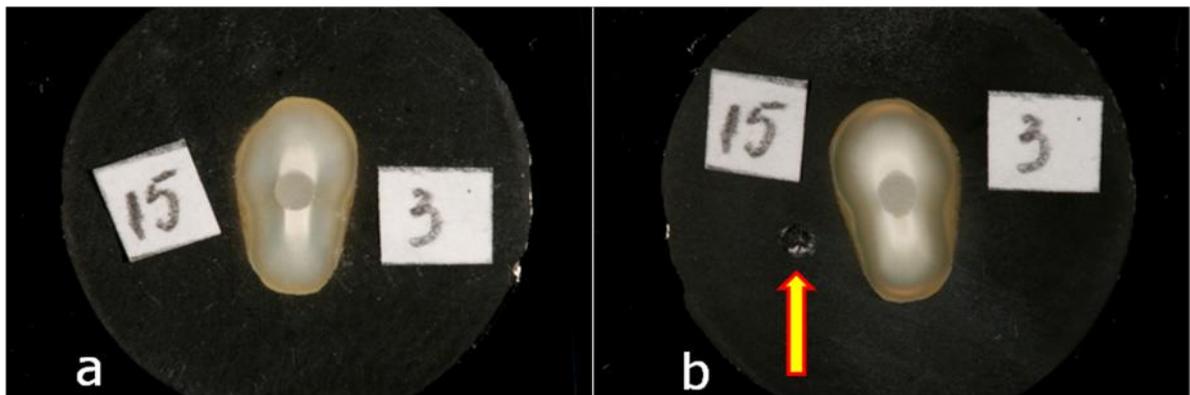


Figura 5 – (a) Face apical do corpo de prova; (b) Face cervical, identificada com marcação.

As fatias foram armazenadas individualmente em água destilada em frasco à prova de luz, dentro de estufa (37 ± 1 °C) até o momento do teste mecânico (figura 6).



Figura 6 - Corpos de prova armazenados em água, dentro de caixa com divisões individualizadas.

Antes do ensaio, ambas as faces das fatias foram fotografadas com câmera digital e as imagens processadas para medição dos raios dos pinos e para avaliação da espessura do filme de cimento, conforme será descrito na seção “Avaliação da desadaptação pino-conduto radicular”.

O ensaio de *push-out* foi realizado em máquina de ensaio universal Emic DL 10000 (Emic), com velocidade de 0,5 mm/min, com célula de carga 500N, até que ocorresse o deslocamento do pino. As fatias foram posicionadas no dispositivo de modo que a força fosse aplicada de apical para cervical. A extremidade do êmbolo metálico (pistão), medindo 0,8 mm de diâmetro, foi posicionada tocando apenas no pino, de modo a não criar tensões nas paredes dentinárias circundantes (figura 7).

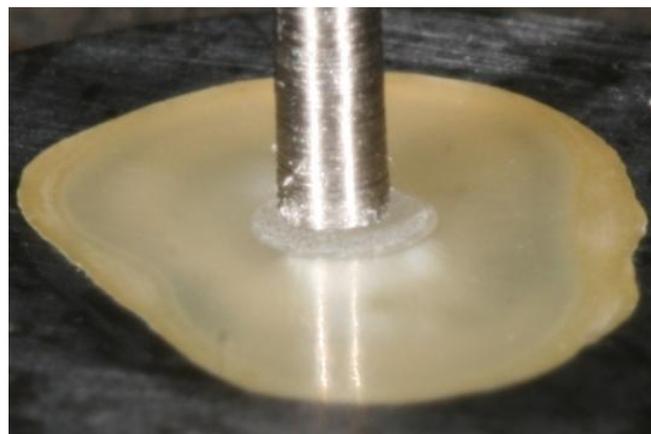


Figura 7– Posicionamento do êmbolo metálico no centro do pino, para realização de ensaio de *push-out*.

Os valores de resistência de união em MPa foram obtidos dividindo-se a força empregada para provocar a falha (em N) pela área aderida (em mm²). Para calcular a área exata da superfície aderida, considerando-se a forma cônica dos pinos, foi aplicada a fórmula matemática abaixo:

$$\pi(R + r)[h^2 + (R - r)^2]^{0.5}$$

Onde:

R – raio na porção cervical do pino (mm)

r – raio na porção apical do pino (mm)

h – espessura da fatia (mm)

As dimensões R e r foram mensuradas a partir das imagens capturadas por fotografia digital, tratadas pelo *software* AxioVision 4.7 (CarlZeiss, MicroImaging GmbH), conforme será descrito na seção “Avaliação da desadaptação pino-conduto radicular”. A espessura das fatias (h) foram medidas com paquímetro digital Mitutoyo modelo 500-143B.

Após o ensaio mecânico, os espécimes foram armazenados secos, em caixas individuais, para avaliação do modo de falha.

3.2.4 Avaliação da espessura do filme de cimento

As imagens de ambos os lados das fatias foram capturadas, antes do ensaio de *push-out*, com câmera Canon EOS Digital Rebel XTi, 10.1 *megapixels*, objetiva Canon EF 100mm f/2.8 Macro USM Lens e Flash Canon MT-24EX Macro Twin Lite Flash. A qualidade da imagem foi regulada em “L” 3.8 MB (3888X2592), sensibilidade ISO 100 e formato JPEG. A câmera foi operada no modo manual, com aumento de 1:1, de modo que o foco só era obtido com distância entre a objetiva e o objeto de 15cm, mantida por mesa estativa.

Para facilitar a análise das imagens, essas tiveram ajustados o contraste, brilho e tons médios, com auxílio do aplicativo Microsoft Office Picture Manager (figura 8). Posteriormente, foram processadas pelo *software* AxioVision 4.7. Com auxílio das ferramentas *cicle points* (para condutos perfeitamente circulares) e *outline spline* (para condutos ovais ou irregulares) (figura 9), os perímetros dos pinos e da luz dos condutos foram

delimitados manualmente. As imagens foram convertidas em formato TIF (*Tagged Image File*).

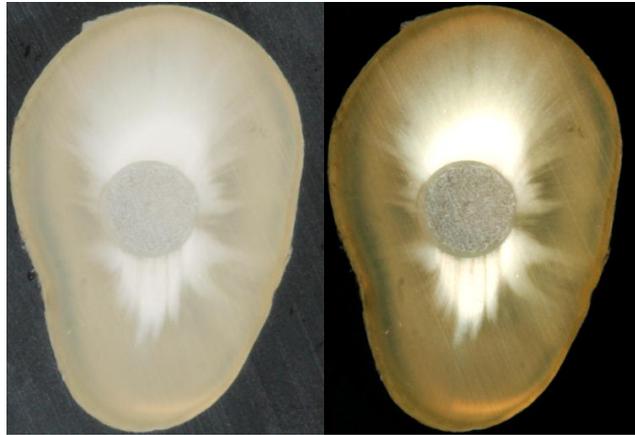


Figura 8 – Ajuste da imagem para facilitar a identificação e diferenciação das estruturas a serem medidas.

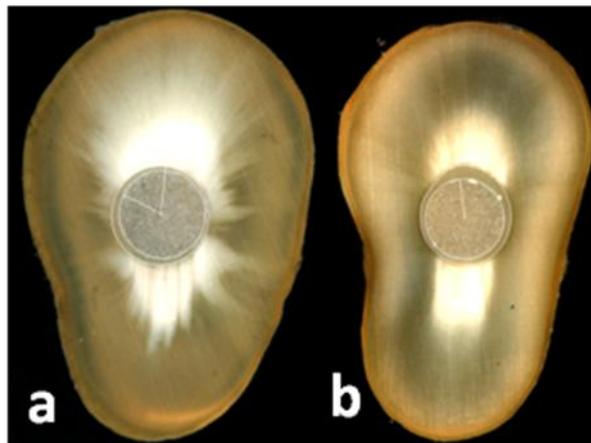


Figura 9 – Delimitação dos contornos do pino e da luz do conduto com o *software* AxioVision 4.7. (a) Ferramenta *circle points* (utilizada para perímetro dos pinos e da luz de condutos circulares). (b) Ferramenta *outline spline* (utilizada na luz do conduto oval).

Para obtenção das medidas em milímetros, foi fotografado um paquímetro digital Mitutoyo, com abertura de 10,00 mm, utilizando os mesmos ajustes empregados para a captura das imagens dos corpos de prova.

Com a ferramenta *Scalings Control* do *software* AxioVision Rel. 4.7, foi realizada a calibração da imagens, obtendo-se a relação $1 \text{ pixel} = 0,0055 \text{ mm}$ ($\approx 5,5 \mu\text{m}$). Dessa forma foram obtidos os raios dos pinos (figura 10), para a determinação da área aderida, visando ao cálculo da resistência de união, descrito na seção anterior “Ensaio de *push-out*”.

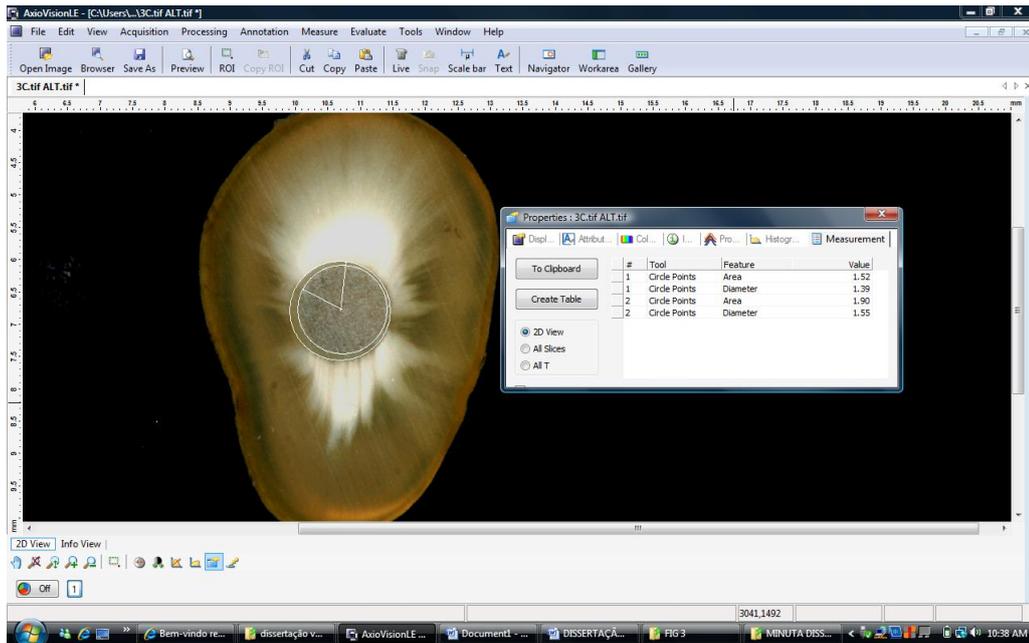


Figura 10 – Tela do *software* AxioVision 4.7. As medidas em milímetros dos diâmetros dos pinos fornecidas na janela *properties*.

Para determinação da espessura do filme de cimento, o plano gráfico (contornos delimitados) de cada imagem foi convertido em uma nova imagem binária (preto e branco) para posterior processamento no *software* KS 400 (CarlZeiss). Uma rotina, ou macro (sequência de comandos do *software*), foi desenvolvida para processamento digital¹²⁸ das imagens binárias e medida da espessura do filme de cimento. Para a determinação do grau de desadaptação dos pinos (espessura do filme de cimento), com uma boa amostragem, em cada imagem foram traçadas 36 linhas radiais oriundas do centro dos pinos, com intervalos de 10°, que interceptavam perímetro do pino e da luz do conduto. Dessa forma, obtiveram-se as espessuras mínima, máxima e média.

Para obtenção da espessura média de cimento de cada fatia, foi obtida a média das 72 medições realizadas, já que foram obtidos 36 valores em cada uma das faces (cervical e apical).

3.2.4.1 Desenvolvimento da Macro *

A rotina (macro) desenvolvida na plataforma do *software* KS 400 consiste, de forma resumida nos seguintes passos:

- a. Escolha do diretório das imagens a serem analisadas;
- b. escolha do diretório onde serão armazenados os resultados;
- c. inicialização da macro, apagando qualquer imagem, plano gráfico e base de dados anteriores;
- d. criação da base de dados onde será armazenada as medidas realizadas;
- e. loop no qual cada imagem existente no diretório escolhido será processada e as medidas realizadas;
- f. carrega a próxima imagem binária existente no diretório (figura 11);
- g. dilata de 1 *pixel* as linhas dos perímetros (figura 12);
- h. preenche todo o objeto delimitado pelo perímetro mais externo (figura 13);
- i. contrai o objeto preenchido de 2 *pixels* (imagem *erode*) (figura 14);
- j. gera uma imagem somente com os pontos comuns (operador AND) entre a imagem *erode* e a imagem binária original, resultando uma imagem somente com o contorno do perímetro mais interno (do eixo);
- k. preenche o objeto relativo ao perímetro do eixo (figura 15);
- l. gera uma imagem somente com os pontos não comuns (operador XOR) entre área total (externa + interna) e a área do eixo (interna), obtendo-se aqui a área de cimento (figura 16);
- m. gera-se 36 raios a partir do centro do objeto mais interno (eixo) (figura 17);
- n. sobrepõe-se os raios com a imagem relativa a área de cimento;
- o. gera-se uma imagem com o trecho das linhas que cruzam a área do cimento (cada linha corresponde a espessura naquele local) (figura 18);
- p. sobrepõe-se o resultado (as linhas) com a imagem original para verificação da qualidade do processamento (figures 19 e 20);
- q. se aprovado, mede-se cada linha (espessura) e armazena-se em uma base de dados;
- r. mede-se também os seguinte parâmetros: menor linha, maior linha, valor médio, desvio padrão, número de linhas (0-36);
- s. salva os resultados;

* Apêndice A

- t. retorna ao início do LOOP (passo e);
- u. salva os parâmetros medidos de cada imagem em um arquivo Excel, onde cada linha apresenta os resultados de cada imagem analisada;
- v. gera um outro arquivo Excel com a lista de todas as imagens analisadas com a indicação de que o processamento foi aprovado ou não;
- w. finaliza a MACRO.

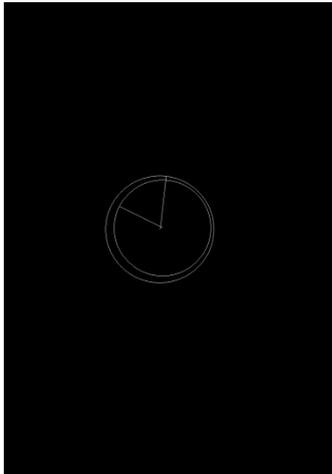


Figura 11 – Imagem binária dos contornos.

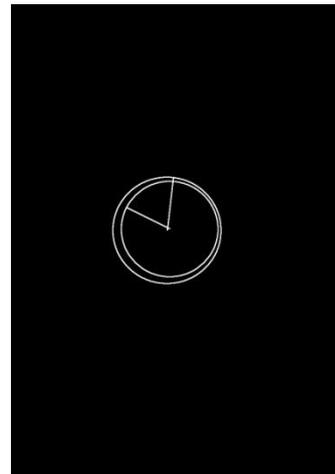


Figura 12 – Dilatação dos perímetros em 1 *pixel*.

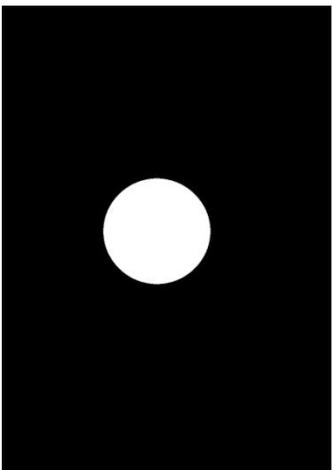


Figura 13 – Preenchimento perímetro externo.

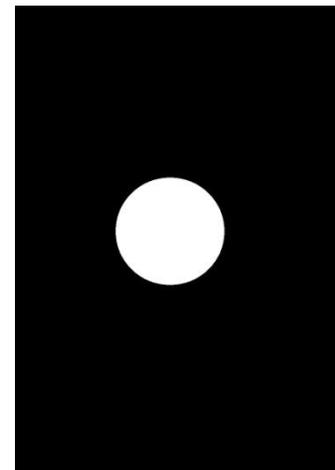


Figura 14 – Contração do objeto em 2 *pixels*

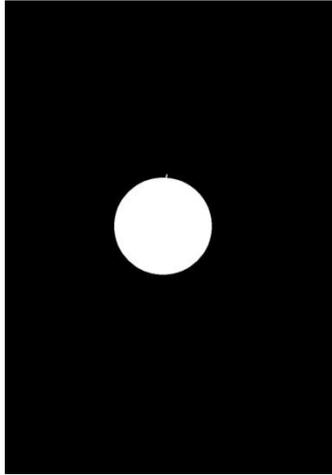


Figura 15 – Contorno interno (pino) preenchido.

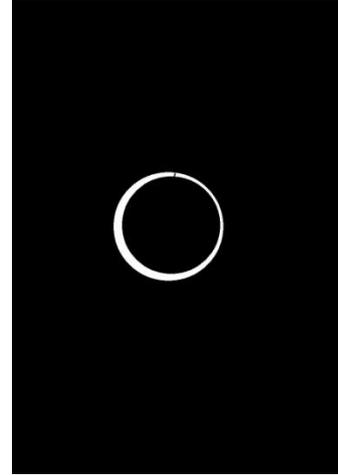


Figura 16 – Área do cimento.

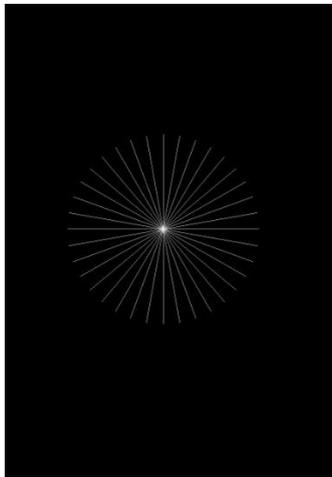


Figura 17 – Geração de 36 raios a partir do centro do pino.

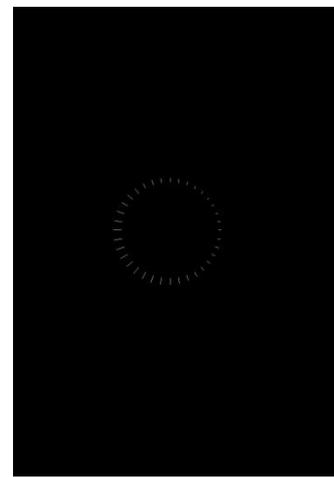


Figura 18 – Intersecção dos raios com a área do cimento.

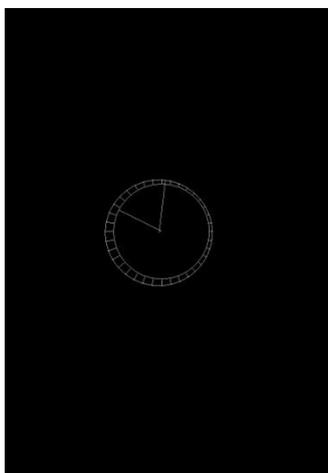


Figura 19 – Espessuras do filme do cimento na imagem binária.

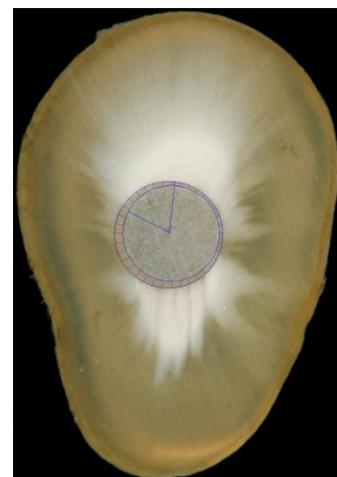


Figura 20 – Espessuras do filme do cimento na imagem original.

3.2.5 Avaliação do modo de falha

Após o ensaio mecânico, as fatias foram novamente fotografadas em ambos os lados, perpendicular e obliquamente às superfícies apical e cervical, com o mesmo equipamento de captura e auxílio de lente close up +2 Digital Concept (Sakar Inc.). Para facilitar a análise das imagens, essas tiveram ajustados o contraste, brilho e tons médios com auxílio do aplicativo Microsoft Office Picture Manager. A avaliação do modo de falha foi executada por dois examinadores separadamente. Nos casos em que houve divergência na classificação, a nova avaliação foi feita conjuntamente, para obter um consenso. As falhas foram classificadas em:

- a. adesiva entre cimento e dentina (figura 21);
- b. adesiva entre cimento e pino (figura 22);
- c. mista (falha nas duas interfaces: cimento-dentina e cimento-pino) (figura 23);
- d. mista com fratura coesiva de dentina (figura 24).

Essa classificação é uma adaptação da descrita por Faria-e-Silva, Casselli, Ambrosano e Martins¹²⁹. Foi acrescentada o modo “mista com fratura em dentina”, em função da prevalência desse tipo de falha.

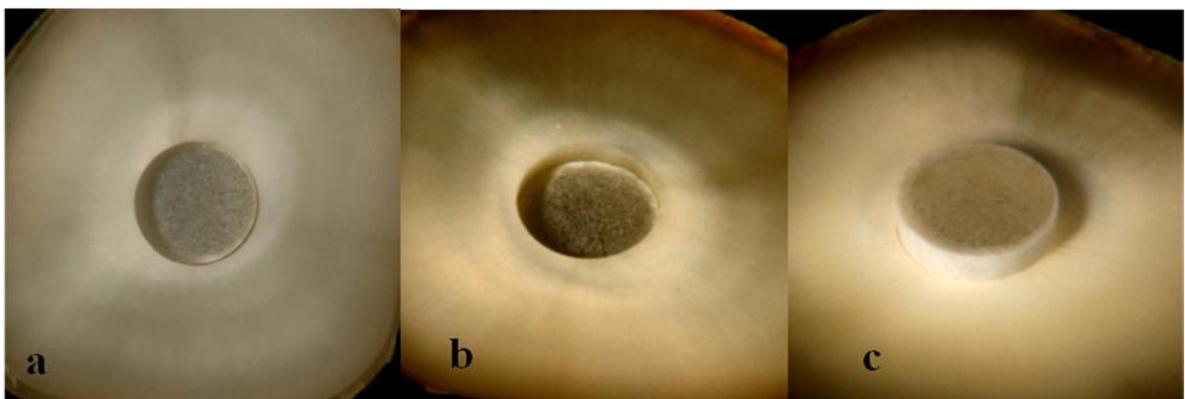


Figura 21- Falha adesiva cimento-dentina. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).

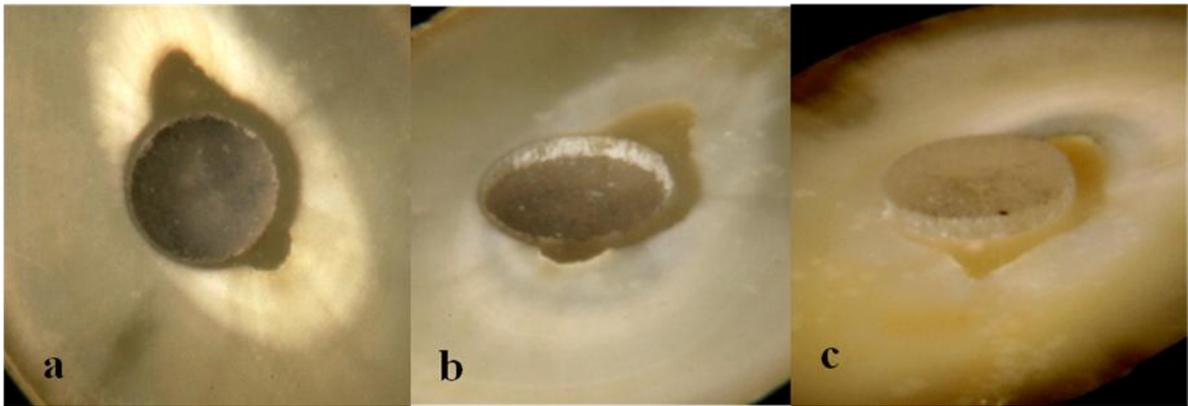


Figura 22- Falha adesiva cimento-pino. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).

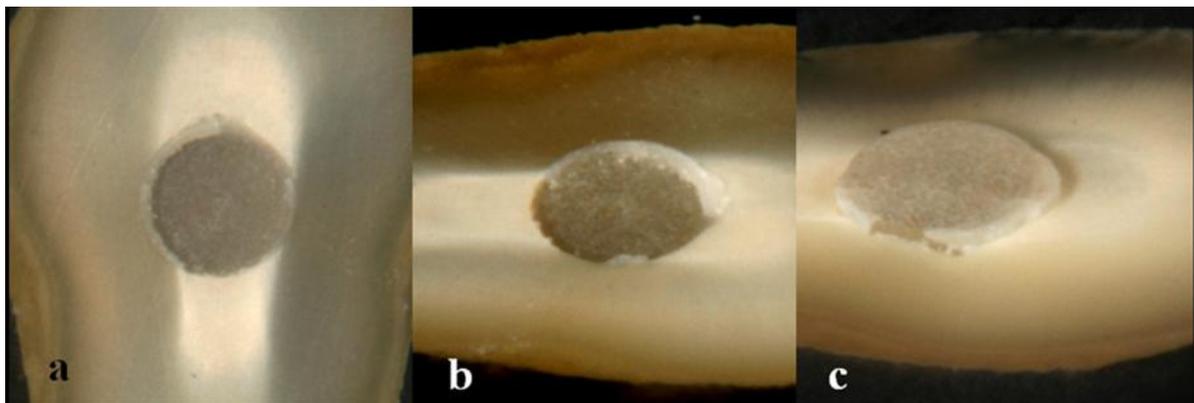


Figura 23- Falha mista. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).

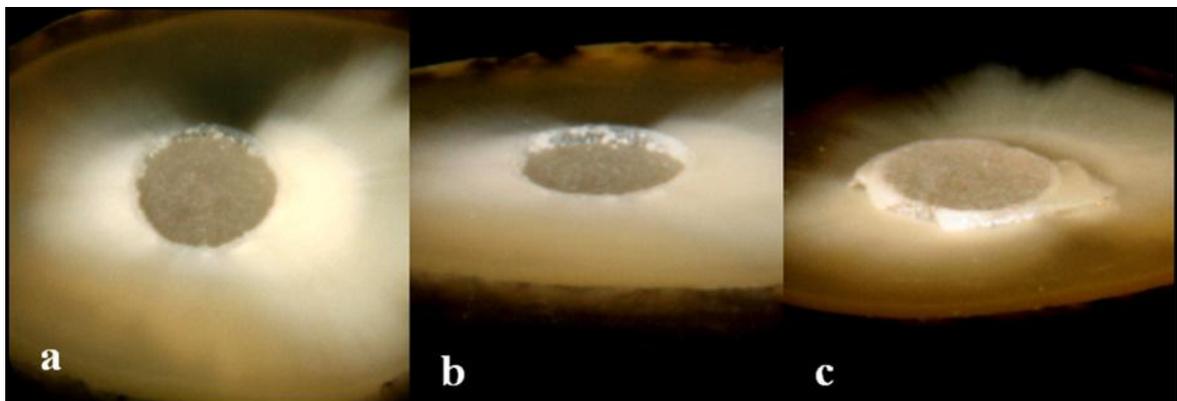


Figura 24- Falha mista com fratura coesiva de dentina. Face apical, visão perpendicular (a) e visão oblíqua (b). Face cervical, visão oblíqua (c).

3.2.6 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o software Statgraphics 5.1 (Manugistics, Rockville, MD, USA). Todos os testes foram aplicados com nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$)

Para verificar influência dos fatores cimento resinoso, modo de ativação e terço do conduto sobre os valores de resistência de união, foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) de 3 fatores.

O teste de comparações múltiplas Student-Newman-Keuls (SNK) foi empregado para explicitar diferenças significativas entre os grupos, como também entre os subgrupos.

Como os dados referentes à espessura do filme de cimento nos diferentes terços do conduto não apresentaram distribuição normal (teste Kolmogorov-Smirnov) e havia diferença significativa entre os desvios padrão dos grupos (teste de Levene), eles foram analisados pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis. O teste SNK foi aplicado para identificar onde localizavam-se as diferenças significativas entre os terços do conduto.

Para verificar se havia diferença significante entre os valores de espessura do filme de cimento entre os dois diferentes cimentos (autoadesivo e convencional), foi aplicado o teste não-paramétrico Mann-Whitney, já que os dados não apresentaram normalidade e havia diferença significativa entre os desvios padrão entre os dois grupos.

Para verificar correlação entre os valores de resistência de união e a espessura do filme de cimento, os dados foram submetidos à Análise de Regressão, modelo linear, sendo a primeira variável a dependente e a segunda a independente.

4 RESULTADOS

Em função de perdas de corpos de prova por presença de guta percha no conduto, presença de amplas porosidades, fratura do corpo de prova durante o ensaio e falha coesiva dos pinos de fibra, foram descartadas 30 fatias, das 240 originais. Assim, para a obtenção e análise dos resultados foram avaliadas as 210 fatias, distribuídas conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição dos corpos de prova válidos, por terços do conduto.

TOTAL	CIMENTO	MODO DE ATIVAÇÃO	TERÇO DO CONDUTO	
210	RelyX™ ARC 100	DUAL 51	Cerv	16
			Méd	17
			Api	18
		AUTO 49	Cerv	16
			Méd	17
			Api	16
	RelyX™ U100 110	DUAL 56	Cerv	19
			Méd	19
			Api	18
		AUTO 54	Cerv	19
			Méd	18
			Api	17

Os valores de resistência de união relativos a cada espécime encontram-se discriminados, por grupo, no apêndice B.

O valor médio de resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos, avaliados 1 semana após a cimentação por meio de ensaio de *push-out*, foi $18,5 \pm 5,4$ MPa.

A resistência de união foi significativamente influenciada pelo tipo de cimento resinoso ($p=0,0402$), tendo o cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 ($19,2 \pm 4,6$ MPa) apresentado maiores valores que o cimento resinoso RelyX ARC ($18,0 \pm 6,1$ MPa).

Assim, baseado nesse resultado, pôde-se rejeitar a primeira hipótese nula (a):

H₀ - Não existe diferença entre os valores de resistência de união para os dois cimentos resinosos testados.

O modo de ativação influenciou significativamente ($p < 0,0001$) os valores de resistência de união, sendo que a ativação dual ($21,4 \pm 3,9$ MPa) promoveu resultados superiores aos verificados com ativação exclusivamente química ($15,8 \pm 5,3$ MPa).

Dessa forma, baseado nesse resultado, pôde-se rejeitar a segunda hipótese nula (b):

H₀ - Não existe diferença entre os valores de resistência de união para os dois protocolos de ativação empregados.

Por outro lado, o terço do conduto radicular ($p = 0,4749$) não demonstrou influência estatisticamente significativa sobre a resistência de união, tendo sido observado $18,0 \pm 5,5$ MPa no terço cervical, $18,8 \pm 5,3$ MPa no médio e $18,9 \pm 5,4$ MPa no apical.

Face a esses resultados, pôde-se aceitar a terceira hipótese nula (c):

H₀ . Não existe diferença entre os valores de resistência de união nos terços dos condutos.

A interação cimento-modo de ativação ($p < 0,0001$) foi significativa, enquanto as interações modo de ativação-terço do conduto ($p = 0,5998$) e cimento-terço do conduto ($p = 0,4305$) não foram. A interação entre os três fatores foi significativa ($p = 0,0095$).

Para verificar as diferenças entre os 4 grupos, foi aplicado o teste de comparações múltiplas Student-Newman-Keuls (SNK), que realiza as comparações dois a dois, também com nível de significância de 5%. Essa análise evidenciou diferenças significativas entre todos os grupos, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Média e desvio padrão da resistência de união dos grupos testados.

Grupo	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Semelhança estatística
RelyX ARC DUAL	22,4	4,0	A
RelyX U100 DUAL	20,4	3,6	B
RelyX U100 AUTO	17,8	5,2	C
RelyX ARC AUTO	13,5	4,3	D

Obs: mesma letra significa semelhança estatística

Comparando os 12 subgrupos, considerando os diferentes terços do conduto, o teste SNK ($\alpha = 5\%$) detectou diferenças estatisticamente significantes, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Média e desvio padrão da resistência de união dos subgrupos testados, levando em consideração os diferentes terços dos condutos.

Subgrupo	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Semelhança estatística
ARC DUAL apical	23,0	4,8	A
ARC DUAL médio	22,6	3,3	A B
ARC DUAL cervical	21,4	3,9	A B
U100 DUAL médio	20,9	5,9	A B
U100 DUAL cervical	20,8	4,5	A B
U100 AUTO apical	19,8	4,3	A B
U100 DUAL apical	19,4	4,5	A B
U100 AUTO médio	18,5	3,8	B
U100 AUTO cervical	15,4	2,6	C
ARC AUTO cervical	14,5	5,7	C
ARC AUTO médio	13,1	4,4	C
ARC AUTO apical	13,0	2,4	C

Obs: mesma letra significa semelhança estatística.

Os valores médios da espessura do filme de cimento de cada espécime estão descritos no apêndice B. Utilizando as médias de cada uma das 210 fatias, foram obtidas as médias, desvios padrão e medianas das espessuras do filme de cimento em todo e em cada terço do conduto (cervical, médio e apical), que estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Média, desvio padrão e mediana da espessura do filme de cimento, geral e nos diferentes terços do conduto.

Região	Número de fatias	Média (μm)	Desvio padrão (μm)	Mediana (μm)	Semelhança estatística
Conduto todo	210	77	41	72	-
Terço cervical	70	102	45	97	A
Terço médio	71	75	29	74	B
Terço apical	69	52	28	53	C

Obs: mesma letra significa semelhança estatística (SNK, $\alpha = 0,05$).

O teste de Kruskal-Wallis detectou diferenças significativas entre os terços ($p < 0,0001$) (Gráfico 1). O teste de comparações múltiplas SNK evidenciou diferenças significativas entre todos os três terços do conduto, havendo redução em direção apical (Tabela 7).

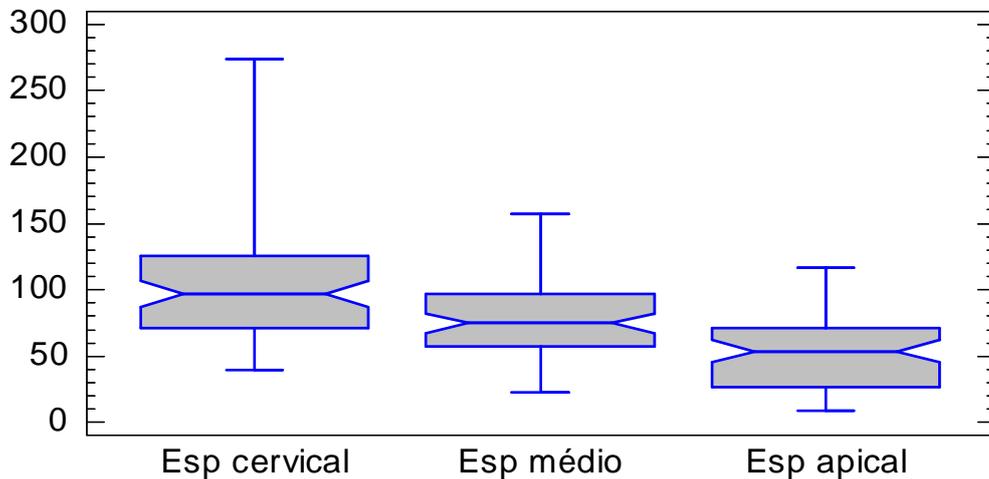


Gráfico 1 – Análise estatística com teste de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) dos valores da espessura do filme de cimento (μm) nos 3 terços do conduto.

Para verificar a existência de correlação entre a variável dependente “resistência de união” e a independente “espessura do filme de cimento”, foi aplicado o teste de Análise de Regressão Linear. Esse teste detectou um coeficiente de correlação muito baixo ($r = -0,2016$, $p = 0,0033$) (Gráfico 2).

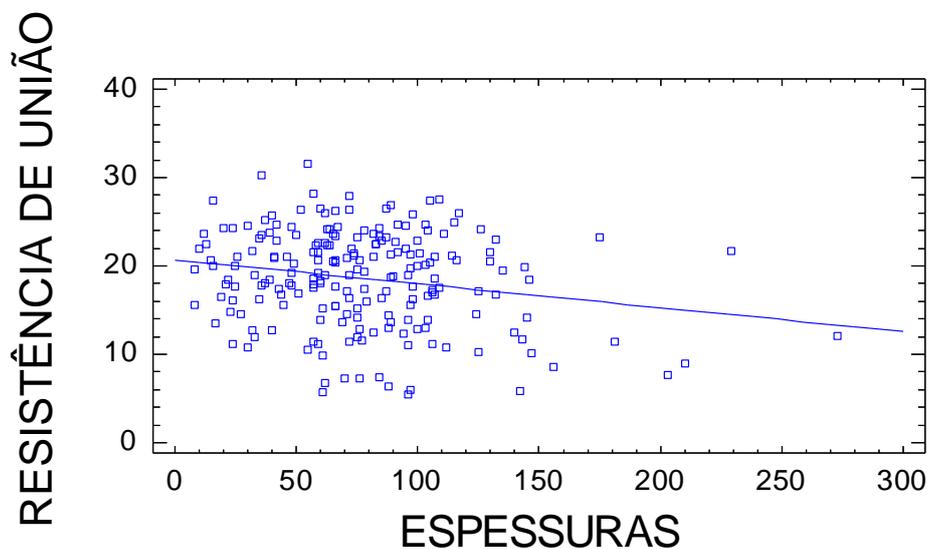


Gráfico 2 – Análise de Regressão Linear - Correlação Resistência de União (MPa) X Espessura do filme de cimento (μm).

Com base na análise realizada, pôde-se aceitar a quarta hipótese nula (d):

H_0 – Não existe relação entre a espessura do filme do cimento e os valores de resistência de união.

A classificação do modo de falha de cada espécime encontra-se descrita no apêndice B. Considerando todos os 210 espécimes avaliados, constatou-se a seguinte distribuição de falhas (gráfico 3):

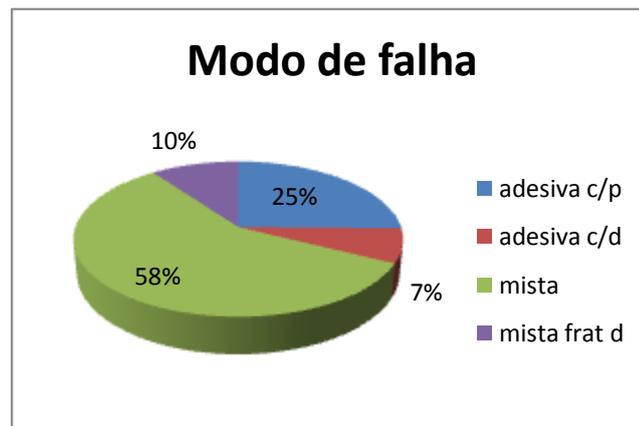


Gráfico 3 – Modo de falha de todos os grupos.

Os gráficos 4 e 5 mostram a distribuição de falhas de acordo com o tipo de cimento.

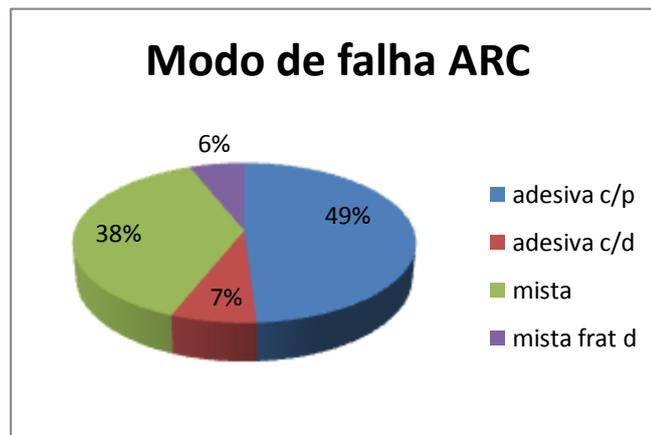


Gráfico 4 – Modo de falha do cimento resinoso RelyX ARC.

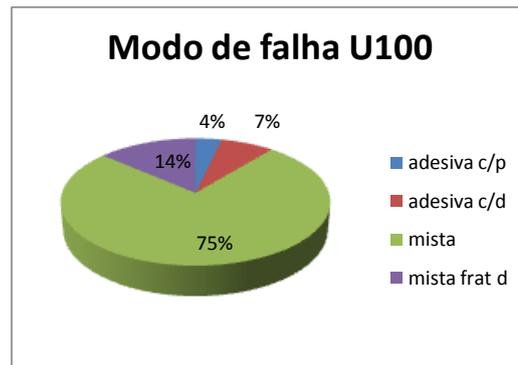


Gráfico 5 – Modo de falha do cimento resinoso RelyX U100.

Os gráficos 6, 7, 8 e 9 descrevem os diferentes tipos de falha dos 4 diferentes grupos, considerando o tipo de cimento e o modo de ativação.

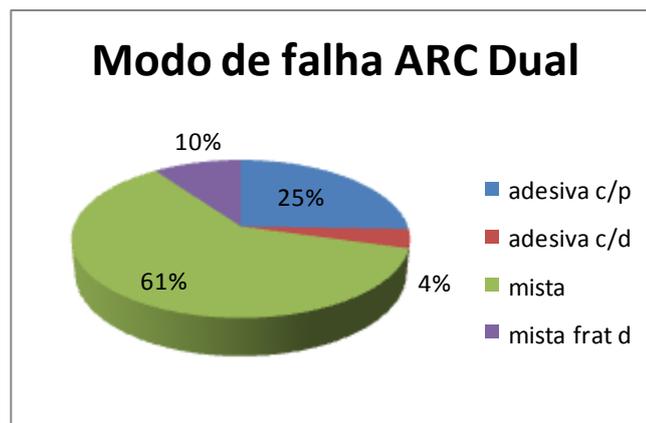


Gráfico 6 – Modo de falha do cimento resinoso RelyX ARC, modo DUAL (Grupo 1).

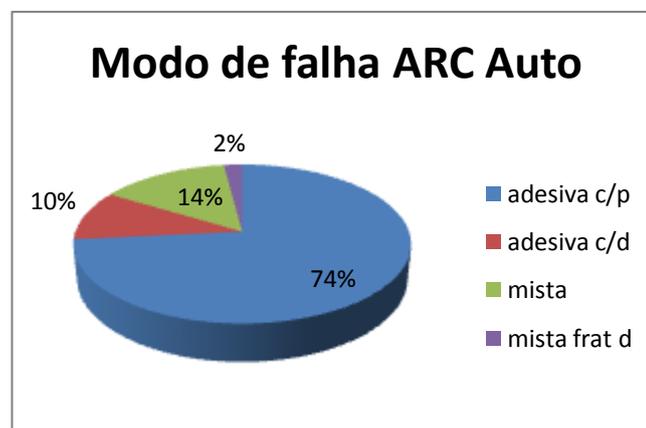


Gráfico 7 – Modo de falha do cimento resinoso Rely ARC, modo Autoativado (Grupo 2).

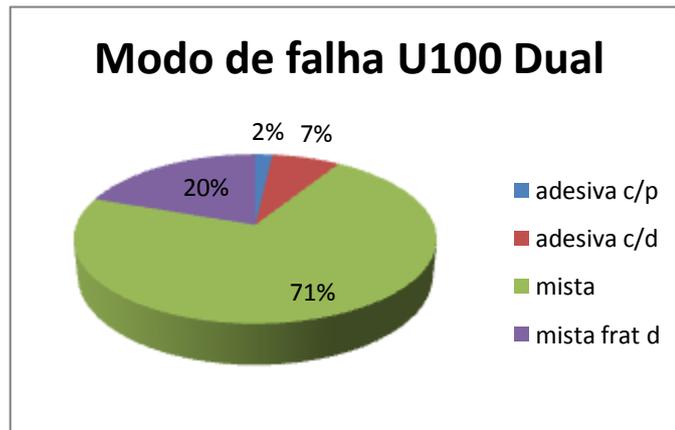


Gráfico 8 – Modo de falha do cimento resinoso Rely U100, modo DUAL (Grupo 3).

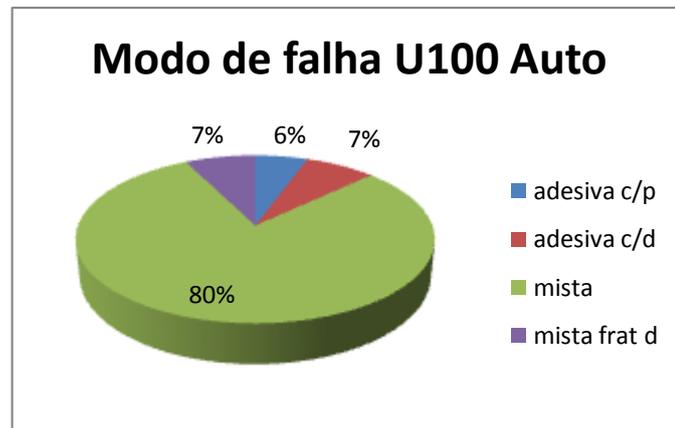


Gráfico 9 – Modo de falha do cimento resinoso Rely U100, modo Autoativado (Grupo 4).

5 DISCUSSÃO

5.1 Metodologia

Para a avaliação da resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados adesivamente em condutos radiculares de dentes humanos, foi realizado o ensaio de *push-out*. Além desse teste, em outros trabalhos também são empregados os testes de *pull-out*^{49,60,104} e de resistência à microtração.^{77,130}

O teste de *pull-out* impossibilita a avaliação de resistência de união regional e tem os valores normalmente expressos em força utilizada para remoção do pino^{58,60,104,109,116}, não em valores de tensão (MPa), tornando difícil a comparação entre os resultados, já que a área aderida influencia diretamente esses valores.

O ensaio de microtração possibilita avaliação da adesão regional¹³⁰⁻¹³¹, contudo apresenta grande ocorrência de perdas prematuras durante o preparo dos espécimes.^{20,124-125}

O teste de *push-out* resulta em uma tensão de cisalhamento na interface entre a dentina e o cimento, como também entre o pino e o cimento¹³², isso é comparável à tensão ocorrida em condições clínicas.⁵⁵

Os ensaios de *push-out* utilizavam, inicialmente, fatias com espessuras de 4 mm¹²³ ou 3 mm.^{56,85} Atualmente, os autores utilizam fatias mais finas, com 0,6 mm¹⁰⁸, 0,7 mm⁶¹, 1mm^{46,51-52,54-55,96,105-106,110-111,113-115,124-125}, 1,5mm¹²⁹ ou 2 mm^{47,50,57,62,75,86,119,121,133}. Dessa forma, esse ensaio possibilita medir a adesão em diferentes regiões do conduto radicular.¹²⁴ O uso de fatias da ordem de 1 mm tem sido denominado micro *push-out*^{51-52,113,124-125}. Com fatias mais finas, as tensões são distribuídas de maneira mais uniforme na interface adesiva.¹²⁴⁻¹²⁵ Em comparação com o ensaio de microtração, o teste de *push-out* tem a vantagem de apresentar menor perda prematura dos espécimes e uma distribuição normal dos dados.¹²⁴⁻¹²⁵

A verificação dos raios dos pinos para o cálculo da área da superfície aderida, foi feita por meio de processamento digital de imagens, pelo *software* AxioVision 4.7, capturadas com equipamento fotográfico. O uso de imagens para averiguação dos raios dos pinos foi descrito na literatura recentemente.^{57,121,133} Um método frequentemente relatado para obtenção dessas medidas é o uso de paquímetro^{53,85-86}, o que é muito difícil e sensível à técnica, levando em consideração as diminutas dimensões dos espécimes. Nesta pesquisa, o paquímetro foi empregado apenas para a medição das espessuras das fatias.

Diversas metodologias para aferição do grau de espessura do filme de cimento (desadaptação entre o pino e o conduto radicular) foram descritas na literatura, entre elas: realização de 4 medições manuais do filme de cimento em imagens processadas digitalmente⁵⁹; realização de 8 medições manuais por fatia em imagens com 40 vezes de aumento¹³⁴; verificação das diferenças entre as áreas do conduto e do pino em imagens processadas digitalmente⁶¹, subtração dos diâmetros médios dos condutos e dos pinos (obtidos manualmente em triplicata) verificados em microscópio óptico⁵⁷ e estimativa por meio de subtração dos diâmetros entre broca e pino^{58,60,62}.

No presente estudo, a análise da espessura do filme de cimento foi feita nas imagens, com 72 medições por fatia (36 por face), por meio de uma macro desenvolvida no *software* KS 400, fornecendo assim um valor médio muito mais preciso que os descritos anteriormente. Com a macro utilizada, o usuário pode decidir quantas medições deseja fazer. O desenvolvimento de uma macro é um procedimento trabalhoso, que exige conhecimento e experiência com o *software* empregado, contudo possibilita a obtenção rápida de um expressivo número de dados a partir de uma grande quantidade de imagens. Considerando-se que nesta pesquisa foram avaliadas 420 imagens e realizadas 15.120 medições, para obtenção de 210 médias e desvios padrão das espessuras do filme de cimento, correspondentes a cada fatia, torna-se evidente que automação simplificou e agilizou a obtenção dos resultados. Além disso, essa metodologia padroniza os procedimentos e torna mais fiéis os resultados.

A avaliação do modo de falha de pinos cimentados em condutos radiculares é realizada geralmente em estereomicroscópio^{52,54-55,75}, microscópio óptico^{57,59,105} ou MEV.^{54,108,119} Neste estudo, a captura das imagens foi feita com equipamento fotográfico digital de forma padronizada, que apresenta poder de aumento e identificação menor que microscopia óptica e eletrônica. Por outro lado, possibilita a obtenção de imagens de ambos os lados da fatia do corpo de prova, de forma simples e rápida, o que é imprescindível, pois a falha observada em um lado pode ser diferente da observada no outro, ocasionando erros na avaliação (figura 25). Nesse aspecto, mesmo uma avaliação com MEV pode fornecer resultados falsos, se apenas uma face for avaliada. Outra boa opção é o seccionamento do corpo de prova, para visualização de toda a área de união na dentina da luz do conduto⁶¹ ou a completa observação do pino totalmente removido.⁸⁶

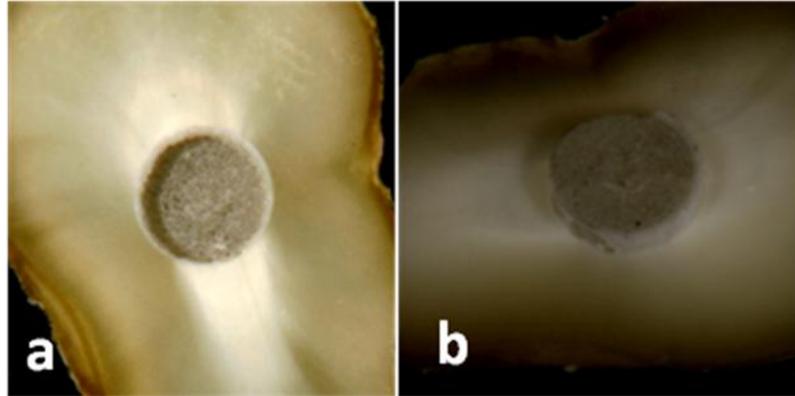


Figura 25 - Pela face apical, a imagem sugere falha adesiva entre o pino e o cimento (a). A avaliação da face cervical da mesma fatia evidencia falha do tipo mista (b).

A avaliação das imagens foi realizada em computador, após aproximação, recorte e ajuste de contraste, brilho e tons médios. Para as dimensões avaliadas e a precisão requerida, a metodologia empregada parece ser satisfatória e com baixo custo.

Deve ser observado que com a metodologia utilizada, a maioria das falhas encontradas foi do tipo mista (falha na adesão em ambas as interfaces adesivas), exceto para o RelyX ARC autoativado. O método empregado foi capaz de identificar com clareza essas falhas. Com a utilização de um instrumentos de microscopia, provavelmente a porcentagem de falhas somente adesivas não seria aumentada, já que as falhas mistas foram muito evidentes para serem confundidas com adesivas de qualquer interface. Uma análise em imagens mais ampliadas, talvez pudesse aumentar a detecção de falhas mistas, que já foram as mais prevalentes na maioria dos grupos. Assim, a avaliação com um instrumento mais potente talvez alterasse a classificação para o RelyX ARC autoativado.

Assim como outros autores^{54,126}, foram observadas falhas coesivas nos pinos (figura 26). Esses corpos de prova foram descartados por não ter sido testada a resistência de união na interface adesiva.

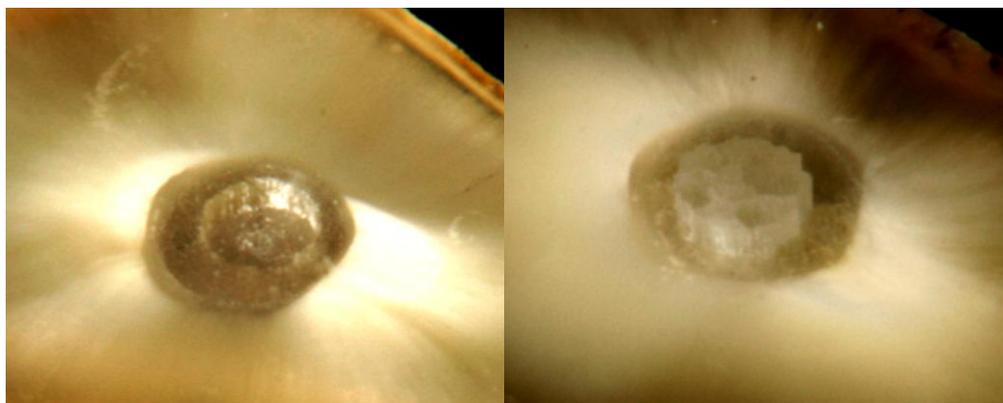


Figura 36 – Falha do tipo coesiva no pino de fibra de vidro.

Em relação ao tratamento dentinário prévio, o NaOCl foi empregado para irrigação dos condutos radiculares previamente à cimentação com o RelyX U100 por ser indicado pela 3M ESPE.³¹ A solução também foi empregada para irrigação durante o tratamento endodôntico de todos os grupos, já que foi demonstrado que causou redução significativa da resistência de união do RelyX ARC.¹⁰⁷

Um cimento endodôntico sem eugenol foi utilizado na obturação endodôntica dos condutos, já que materiais que contém eugenol apresentam a capacidade de interferir negativamente na resistência de união de pinos de fibra cimentados adesivamente em condutos radiculares humanos.^{108-109,111}

A aplicação do sistema adesivo com aplicadores tipo *microbrush*^{67,117-118}, a remoção de excesso do sistema adesivo com pontas de papel absorvente¹¹⁸, o emprego dos cimentos à temperatura ambiente¹²⁰ e a sua inserção no conduto com pontas agulhadas da seringa Centrix¹¹⁹ foram realizados por serem procedimentos que elevam a resistência de união de pinos de fibra cimentados adesivamente.

Na presente investigação foi empregada uma fonte LED, com exposição radiante de cerca de 36 Jcm^{-2} ($900 \text{ mWcm}^{-2} \times 40 \text{ s}$). Foi demonstrado que fotoativadores LED produzem aceitável grau de polimerização de compósitos fotopolimerizáveis com o tempo de exposição de 20 s e ótima conversão com 40 s.¹³⁵ Na polimerização do RelyX ARC através de discos cerâmicos, o fotoativador LED gerou valores de dureza Knoop similares aos obtidos com o aparelho halógeno e superior ao arco de plasma.⁸⁸ O cimento resinoso dual Enforce apresentou valores de dureza Knoop semelhantes quando fotoativado através de discos cerâmicos com aparelho LED ou halógeno, utilizando a mesma exposição radiante (24 ou 48 Jcm^{-2}).¹³⁶ Outro estudo, utilizando metodologia semelhante, demonstrou que o fotoativador LED, mesmo com menor exposição radiante ($17,6 \text{ Jcm}^{-2}$), promoveu dureza Knoop significativamente maior que o equipamento halógeno (28 Jcm^{-2}). A correlação entre o espectro da energia luminosa do LED e a faixa de absorção da canforoquinona poderia justificar esses achados.¹³⁷

A estabilização do pino nos condutos com carga de 500g foi relatada na literatura como adequada para cimentação adesiva¹³⁸ e por corresponder à pressão digital.⁵⁸ Um estudo⁶⁰ empregou a carga de 5 Kg, a qual parece não representar a prática clínica em condições normais.

Para proteção da interface adesiva antes do corte para ensaio mecânico, foi utilizado cimento de ionômero de vidro, conforme descrito na literatura.⁷³

5.2 Resultados

A cimentação de pinos de fibra em condutos radiculares com sistemas resinosos evidencia todas as dificuldades de um procedimento adesivo. A morfologia, a densidade e a orientação dos túbulos dentinários, a espessa camada de *smear layer*^{19,23}, o difícil acesso e a presença de resíduos de guta percha e cimento endodôntico^{24,62}, além do altíssimo fator-C que pode ser superior a 200²⁰, dificultam a obtenção de forte e durável adesão. O difícil controle de umidade e da evaporação dos solventes dos adesivos e o limitado acesso da luz ao estreito espaço do conduto radicular, também são fatores que tornam a cimentação adesiva de pinos intrarradiculares um procedimento altamente sensível à técnica e desafiador.²⁷

Assim como relatado em outras pesquisas^{24,62}, também foi observada a presença de remanescentes de guta percha no terço apical, o que levou ao descarte dessas fatias. Alguns autores relataram a presença de bolhas/vazios dentro do cimento, chegando a cerca de 50% dos casos.^{67,81} No presente estudo, com o instrumento de captura de imagem utilizado, foi esporádica a presença de bolhas dentro do cimento. Quando observadas, elas localizavam-se exclusivamente no terço cervical e levaram ao descarte do corpo de prova. Possivelmente, essa baixa incidência decorreu do modo de aplicação do cimento no interior do conduto, a qual foi feita com a ponta agulhada da seringa Centrix, associada a aplicação na superfície do pino. Foi demonstrado que tal técnica origina menor formação de bolhas¹³⁹, como também uma maior resistência de união.¹¹⁹

Como se trata de cimento resinoso lançado há pouco tempo no mercado, maioria dos dados relativos à composição do RelyX Unicem são os fornecidos pelo fabricante. No mercado norte-americano e europeu, a versão disponibilizada em cápsulas pré-dosadas é comercializada como RelyXTM Unicem AplicapTM ou MaxicapTM, dependendo do conteúdo (295 e 936 g, respectivamente) e a versão em *clicker* (tubos de auto-mistura) é conhecida por RelyXTM Unicem ClickerTM. No Brasil a versão em *clicker* é conhecida como RelyXTM U100 e a versão em cápsulas como RelyXTM Unicem. Segundo o perfil técnico do material, trata-se de um mesmo produto, com a mesma composição química, com diferentes formas de apresentação.³¹ Considerando que os dados fornecidos pelo fabricante são verídicos, a revisão de literatura e a discussão dos resultados foram realizadas baseadas em pesquisas que utilizaram o RelyX Unicem, independente da forma de apresentação.

Todavia, verificou-se que o próprio fabricante apresenta dados conflitantes no *Material Safety Data Sheet* dos produtos^{140,141}: haveria pirimidina substituída somente na versão em

cápsulas e p-tolueno sulfinato de sódio somente na versão em *clicker*. Por isso, ainda são necessários estudos independentes para caracterizar e comparar química e mecanicamente as diferentes versões do RelyX Unicem.

Até o momento somente três pesquisas¹⁴²⁻¹⁴⁴ foram publicadas utilizando o RelyX U100, todas por grupos brasileiros. Uma delas¹⁴² investigou a resistência de união de discos de compósitos cimentados em dentina coronal humana com diferentes sistemas, entre eles o RelyX Unicem e o RelyX U100. Os autores observaram valores semelhantes entre as duas formas de apresentação do cimento autoadesivo da 3M ESPE. Outro estudo¹⁴³ avaliou a cimentação de pinos de fibra em condutos radiculares de dentes bovinos, comparando o RelyX U100 com o cimento RelyX ARC associado aos sistemas adesivos Single Bond 2 ou Clearfil SE Bond. Não foram verificadas diferenças entre os grupos avaliados. O terceiro estudo¹⁴⁴ analisou a cimentação de discos cerâmicos em dentina coronal humana, encontrando resultados semelhantes entre o cimento autoadesivo e o RelyX ARC.

Para a cimentação adesiva dos pinos de fibra de vidro com matriz epóxi White Post DC # 2, o cimento resinoso autoadesivo RelyX U100 apresentou resultados de resistência de união superiores ao cimento resinoso “tradicional” RelyX ARC associado ao sistema adesivo de 3 passos Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus. Apesar de a diferença observada entre as médias (1,2 MPa) possivelmente não apresentar implicações clínicas, ela mostrou-se estatisticamente significativa ($p=0,0402$). Essa superioridade do cimento autoadesivo é um resultado clinicamente relevante, pois esse sistema dispensa a aplicação prévia de sistema adesivo, sendo muito mais prático, o que agiliza e torna menos sensível à técnica os procedimentos de cimentação.

Esse achado está de acordo com os observados em outras pesquisas⁵⁴⁻⁵⁵, nas quais o RelyX Unicem apresentou desempenho superior aos cimentos “tradicional” na cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro. Em um deles⁵⁴, o cimento autoadesivo no modo dual apresentou valor de resistência adesiva de $20,4 \pm 6,1$ MPa, o mesmo observado nesta pesquisa utilizando o mesmo modo de ativação ($20,4 \pm 3,6$ MPa). Também com pinos de fibra de quartzo, o RelyX Unicem apresentou resultados superiores ao RelyX ARC associado ao sistema adesivo fotoativado de 2 passos Single Bond.⁵⁶ Recentemente, foi verificada a superioridade do cimento autoadesivo Multilink Sprint ($14,29 \pm 1,84$ MPa) sobre cimentos tradicionais baseados em condicionamento ácido total ou com *primers* autocondicionantes.¹⁰⁵

A literatura também apresenta estudos onde o RelyX Unicem exibe desempenho semelhante aos cimentos resinosos tradicionais.^{46,51,53,61} Foi observado que no modo dual, a abordagem auto-adesiva (RelyX Unicem) e a de condicionamento ácido total (Calibra)

obtiveram resultados estatisticamente semelhantes ($12,5 \pm 5,5$ MPa e $12,7 \pm 4,3$ MPa, respectivamente) e superiores à autocondicionante (Panavia F 2.0; $8,7 \pm 5,3$ MPa).⁴⁶

Os cimentos resinosos que utilizam sistemas adesivos baseados em condicionamento ácido total de 3 passos (como o Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus) apresentam maiores espessura e uniformidade da zona híbrida que aqueles que utilizam adesivos simplificados.⁸¹⁻⁸² Todavia, não há correlação entre espessura de zona híbrida e resistência de união.^{54,85,145}

Deve ser enfatizado que o condicionamento ácido da dentina antes da aplicação do RelyX Unicem reduz significativamente sua resistência de união^{99,102}, sendo a trama colágena exposta, não infiltrada, o ponto fraco da união.⁹⁹ Como único tratamento dentinário, o fabricante recomenda a irrigação com NaOCl³¹, o que foi realizado na presente investigação.

O RelyX Unicem possui monômeros fosfatados ácidos que são responsáveis pelo condicionamento dental.^{31,146} Esses monômeros acídicos, que apresentam pH inicial de 2,0⁹⁹, são incapazes de remover a espessa *smear layer* criada na dentina radicular durante o preparo do conduto⁵¹, permanecendo também os *smear plugs* obliterando a embocadura dos túbulos¹⁴⁵. A maioria dos autores não observou a formação de zona híbrida nem de *tags* resinosos, independente do modo de ativação^{99,131,145}. O cimento autoadesivo parece não penetrar nas regiões parcialmente desmineralizadas, tendo sido evidenciadas fibrilas colágenas sem infiltração resinosa.¹⁰⁰ Avaliação em MET evidenciou uma inteiração irregular de algumas centenas de nanômetros⁹⁹. Um estudo⁵⁴ detectou em Microscopia de Varredura Confocal a Laser que o RelyX Unicem apresentou formação esporádica de zona híbrida ($0,07 \pm 0,19$ μm) e *tags* resinosos. Por meio de espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS), foi verificado que o cimento interage quimicamente com a hidroxiapatita⁹⁷, o que pode ter contribuído para os bons resultados encontrados.

Foi demonstrado que a aplicação do RelyX Unicem sob pressão possibilita uma melhor adaptação do cimento viscoso à estrutura dental, evitando a formação de bolhas e espaços vazios na interface, que são prejudiciais à adesão.⁹⁹ Dessa forma, a aplicação e manutenção de carga constante de 500g por 5 minutos realizada neste experimento, visando à estabilização dos pinos durante presa inicial dos cimentos, pode ter contribuído para o bom desempenho do cimento autoadesivo. Também deve ser considerado que o procedimento de cimentação de pinos em condutos preparados com brocas padronizadas, onde esses funcionam como um êmbolo, pode produzir a pressão necessária para a ótima adaptação, otimizando a resistência de união.

O cimento autoadesivo apresenta tolerância à umidade devido à formação de água durante a reação de neutralização entre os monômeros metacrilatos fosfatados ácidos,

partículas básicas de carga e hidroxiapatita.³¹ Aparentemente, essa resistência é atingida após a reação do cimento com a estrutura dental.¹⁴⁷ Além disso, a reduzida sensibilidade técnica¹⁰³ pode ter contribuído para o desempenho favorável do cimento autoadesivo.

Por outro lado, alguns autores verificaram resistência de união inferior do RelyX Unicem em relação aos cimentos “tradicionais”.^{50,52,96,131} Ao contrário desta investigação, foi observado recentemente que o RelyX ARC promoveu valores significativamente maiores que o RelyX Unicem.⁹⁶ O desempenho inferior do cimento autoadesivo seria decorrente da incapacidade dos monômeros acídicos removerem a espessa smear layer e condicionar a dentina subjacente.^{50, 52, 96}

Outra importante constatação foi que o modo de ativação dos sistemas de cimentação testados influenciou significativamente ($p < 0,001$) os valores de resistência de união. Enquanto a ativação exclusivamente química gerou valores de $15,8 \pm 5,3$ MPa, a associação da fotoativação elevou a resistência de união para $21,4 \pm 3,9$ MPa. Quando comparamos os 4 grupos, verificamos que foram significativamente diferentes entre si, sendo que o RelyX ARC demonstrou maior dependência da energia luminosa, apresentando um aumento de 66% nos valores de resistência ao *push-out* quando fotoativado ($22,4 \pm 4,0$ MPa no modo dual e $13,5 \pm 4,3$ MPa no modo autoativado). O cimento autoadesivo RelyX U100 apresentou valores intermediários ($20,4 \pm 3,6$ MPa no modo dual e $17,8 \pm 5,2$ MPa no modo autoativado), com elevação de 15% da resistência de união quando foi fotoativado. Um maior coeficiente de variação quando ambos os cimentos foram empregados no modo autoativado, pode indicar um desempenho menos previsível e menos confiável nesse modo de ativação.

Esses dados são de grande importância clínica, pois reforça o conceito de que apesar de terem sido desenvolvidos para uso em situações mesmo onde há ausência de luz, os cimentos resinosos duais avaliados demonstraram dependência da fotoativação para gerar as maiores resistências de união.⁹³

Foi demonstrado que materiais quimicamente ativados, com lenta polimerização, poderiam reduzir as tensões, por permitir o escoamento do material, possibilitando obtenção de união mais favorável.^{20,131} O RelyX Unicem exibiu menor contração de polimerização e menor tensão decorrente nos modos dual e autoativado, em comparação a cimentos resinosos “tradicionais” (Variolink 2, Multilink Automix, Nexus 2) e autoadesivos (Multilink Sprint e Maxcem).⁴³ A baixa contração do RelyX Unicem no modo autoativado poderia estar relacionada a sua expansão inicial de 0.47% nos primeiros 5 min, o que não ocorreu no modo dual.⁴³ Essas características podem ter influenciado positivamente o desempenho do RelyX Unicem no presente estudo. Contrariamente, foi demonstrado que no modo dual o RelyX

ARC apresentou alta velocidade de polimerização.⁹⁰ A cinética de conversão pode ter contribuído para o desempenho inferior do RelyX ARC em relação ao RelyX Unicem, pelo rápido desenvolvimento de tensões.

Já foi bem relatado que os cimentos duais necessitam de fotoativação para atingirem grau de conversão adequado^{48,88-90} e ótimas propriedades mecânicas.⁴² O RelyX ARC associado ao sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentou no modo autoativado $36,2 \pm 3,0$ % de conversão 5 min após a mistura e $44,3 \pm 2,4$ % de conversão após 10 min, enquanto no modo dual, fotoativado através de disco de compósito (cor A4, 2 mm de espessura), exibiu $48,1 \pm 1,1$ % aos 5 min e $52,6 \pm 1,3$ % aos 10 min, tais diferenças foram significativas.⁸⁹ Esse cimento mostrou maiores módulo flexural, resistência à flexão e dureza Knoop no modo dual que com ativação exclusivamente química.⁸⁷ O RelyX Unicem também demonstrou dependência da energia luminosa⁹⁸, apresentando grau de conversão significativamente maior no modo dual ($67,3 \pm 7,5$ %) que no ativado quimicamente ($52,6 \pm 5,8$ %).⁴³

Também deve ser considerado que no modo autoativado o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus apresentou cerca de 40% de conversão no modo autoativado em comparação com 60% no modo dual.⁹¹ Isso evidencia que o sistema adesivo utilizado também apresenta grande dependência da fotoativação.

Entre outros fatores, o fato de termos aguardado 5 minutos antes da fotoativação no modo dual, a fim de permitir o desenvolvimento da ativação química sem perturbação pela energia luminosa, conforme recomendado por alguns autores^{46,96,148}, pode ter possibilitado a obtenção de resultados de resistência de união superiores a diversos estudos prévios.^{50-52,79,95,111} Por outro lado, pode ter retardado a adequada polimerização da camada do adesivo empregado com o RelyX ARC, permitindo alguma transudação de umidade para a interface adesiva. Apesar de os sistemas de 4ª geração serem considerados barreiras impermeáveis, quando comparados com sistemas simplificados, eles permitiram pequena permeação de líquido, mesmo tendo sido fotoativados imediatamente após a aplicação.²⁸

Diversas pesquisas evidenciaram a importância da retenção friccional na resistência ao deslocamento de pinos cimentados adesivamente.^{114-115,149} O cimento autoadesivo apresentou resistência à flexão semelhante e módulo de elasticidade superior aos cimentos resinosos convencionais RelyX ARC e Linkmax no mesmo modo de cura.⁴² Esse comportamento mecânico também pode ter influenciado na resistência de união, pelo mecanismo de fricção.

Na cimentação de pinos de fibra de vidro, o cimento autoativado Super Bond Sealer (Sun Medical) apresentou resistência de união significativamente superior ao RelyX Unicem

no modo dual, possivelmente pela lenta polimerização do cimento ativado quimicamente, o que poderia gerar menos tensões de contração.¹³¹ No presente estudo, a ativação exclusivamente química, apesar de poder ter causado menos tensões, promoveu valores de resistência de união significativamente inferiores à ativação dual, pois os cimentos utilizados são duais e não autoativados, e assim dependem do mecanismo de fotoativação para atingirem grau de conversão e propriedades mecânicas adequadas.

Na avaliação dos resultados de resistência de união, é imprescindível verificar os modos de falhas dos quatro grupos testados. A baixa prevalência de falhas observadas na interface cimento-dentina (de 4% para o RelyX ARC dual a 10% para o RelyX ARC auto) e a ocorrência de falhas mistas com fratura coesiva em dentina (de 2% para o RelyX ARC autoativado a 20% para o RelyX U100 dual) evidenciam que ambos os cimentos utilizados com o protocolo descrito apresentam boa resistência de união ao conduto radicular. Exceto com o RelyX ARC no modo autoativado, as falhas mistas foram as mais observadas, com o RelyX U100 apresentando 80% no modo autoativado e 71% no modo dual, e o RelyX ARC exibindo 61% no modo dual. A alta incidência de falhas mistas no RelyX U100 também foi relatada recentemente em outras pesquisas.^{46, 113}

A falha tipo adesiva na interface cimento-pino foi observada em 74% dos corpos de prova do grupo RelyX ARC no modo autoativado e em 25% do grupo dual. Por outro lado, esse tipo de falha foi observada somente em 6% dos casos do grupo RelyX U100 dual e em 2% do grupo autoativado.

Uma possível explicação para o padrão de falhas observado é a aplicação do catalisador (frasco 3.5 do Adper Scotchbond Multi-Purpose Plus) na superfície do pino antes da cimentação, como recomenda a 3M ESPE.¹⁵⁰ Segundo o fabricante, o catalisador tem em sua composição BIS-GMA, HEMA e peróxido de benzoíla e é capaz de iniciar o mecanismo de ativação química, polimerizando-se conjuntamente com o cimento resinoso dual.¹⁵⁰ Contudo, no momento da cimentação, o catalisador pode não ter se misturado adequada e totalmente com o cimento resinoso e, conseqüentemente, não ter polimerizado na interface com o pino. Dessa forma, acabou se tornando o elo mais fraco.

Por outro lado, apesar de o catalisador não conter fotoiniciadores, no modo dual, a falha adesiva cimento-pino representou 1/3 da verificada no modo auto. Possivelmente, uma maior conversão do cimento (com melhora das propriedades mecânicas) foi o fator responsável por essa diferença, já que a fotoativação não aumentou o grau de conversão do catalisador.

Todavia, em uma avaliação na qual o catalisador do Scotchbond Multi-Purpose Plus não foi aplicado na superfície de pinos de fibra de quartzo (DT Light Post) cimentados com o

RelyX ARC, também foram observadas falhas adesivas entre o cimento e o pino em 96,5% dos casos no modo autoativado e em 92% no modo dual.⁸³

Quanto ao tratamento superficial do pino, há divergência entre as recomendações dos fabricantes do sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus (3M ESPE) e do sistema de pinos (FGM). Apesar de não haver contra-indicação do uso de adesivo no perfil técnico do WhitePostDC⁷⁰, nem na bula do produto, no site da empresa há uma seção denominada “Informações ao Profissional”¹⁵¹, na qual consta que não é recomendada a aplicação de sistema adesivo na superfície do pino, pois o adesivo apresentaria propriedades mecânicas inferiores ao pino e ao cimento resinoso, comportando-se como o elo fraco da união. Previamente à cimentação, a empresa recomenda apenas a limpeza com álcool ou clorexedine e a silanização. Assim, é possível que a não utilização do sistema adesivo gerasse maior resistência de união e diferente padrão de falhas. Essa falta de concordância entre os fabricantes certamente gera incertezas para o cirurgião-dentista e pode influenciar negativamente nos resultados clínicos da cimentação de pinos de fibra com sistema adesivo em tela. Dessa forma, há necessidade de maiores investigações para uma completa elucidação do protocolo ideal de cimentação, visando à melhora do desempenho do RelyX ARC. A supressão do uso do catalisador (como recomenda a FGM), associação do catalisador com a solução ativadora (que contém fotoiniciador) e/ou emprego de tratamentos superficiais no pino deveriam ser avaliados.

Finalmente, especula-se que a falha entre o pino e o cimento poderia ser menos danosa que na interface com a dentina, por manter um selo contra a infecção oral.¹⁰⁸

Outro resultado que merece destaque é o fato de o terço do conduto radicular não ter apresentado influência significativa ($p = 0,4749$) sobre a resistência de união.

No modo de ativação exclusivamente química, a similaridade dos resultados pode ser explicada pela homogeneidade da reação sem dependência de energia luminosa, já no modo dual assume grande importância o grau de translucidez do pino de fibra empregado e a presença de fotoiniciadores no cimento resinoso.

Uma maior transmissão de energia luminosa pelos pinos de fibra está associada a uma maior continuidade da interface adesiva em todos os terços do conduto, como também a melhores propriedades mecânicas do cimento resinoso dual empregado na cimentação.⁷³ Porém, os pinos de fibra apresentam limitada capacidade de transmissão de luz^{36,40,73}, de modo que a intensidade luminosa reduz significativamente em direção apical.^{36,40} Alguns pinos ditos translúcidos não apresentam nenhuma transmissão.^{40,73} Por isso, as características ópticas dos pinos devem ser levadas em consideração no momento da escolha do agente

cimentante. Independente do tipo de pino (translúcido ou opaco) as propriedades mecânicas do cimento resinoso dual reduzem em direção apical.^{39,73-74} Pelos resultados do presente estudo, onde os valores de resistência de união de ambos os cimentos aumentaram significativamente em todos os terços do conduto com a fotoativação através dos pinos WhitePost DC, pode-se especular que os pinos utilizados foram efetivos na transmissão de luz e consequente ativação do mecanismo de polimerização pela excitação da canforoquinona. Esses resultados estão de acordo com uma pesquisa onde o WhitePost exibiu adequada transmissão luminosa nas diferentes profundidades do conduto.³⁶

O presente resultado, relativo a diferenças regionais está em consonância com diversos outros autores^{54-55,96,119,124,130}. O RelyX Unicem, tanto no modo dual^{47,54-55,96} quanto no modo autoativado¹²⁴, não teve os valores de resistência de união influenciados pelo terço do conduto. O RelyX ARC no modo dual também apresentou valores estatisticamente semelhantes nos diferentes terços do conduto radicular.⁹⁶

Os efeitos do grau de conversão do cimento resinoso dual devem ser encarados como uma balança. Se por um lado uma menor conversão do cimento no terço apical pode reduzir suas propriedades mecânicas⁸⁷, por outro gera um polímero com menor contração de polimerização, menor geração de tensões e melhor integridade da interface adesiva.⁹⁶

Contrariamente, algumas pesquisas verificaram uma redução da resistência de união em direção apical.^{50,83,95} Na cimentação de pinos de fibra de quartzo translúcidos (Light-Post, Bisco), o RelyX ARC no modo dual associado ao sistema adesivo Scotchbond Multiurpose Plus apresentou resistência de união significativamente maior no terço cervical e semelhança nos terços médio e apical.⁸³ Esses resultados poderiam ser parcialmente explicados pela habilidade de o pino utilizado transmitir energia luminosa. Para cimentação do pino opaco Aestheti-Plus, o RelyX ARC no modo autoativado, associado ao sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose Plus também apresentou superioridade no terço cervical e igualdade entre os médio e apical.⁹⁵ Contudo, nessa pesquisa, a obturação do conduto foi feita com cimento endodôntico à base de eugenol, o que reduz a resistência de união¹⁰⁸⁻¹¹⁰, sobretudo no terço apical.¹¹¹ Também foi observada maior resistência de união no terço cervical, quando pinos de fibra de quartzo foram cimentados com RelyX Unicem no modo autoativado.⁵⁰ Os autores atribuíram essa diferença à variação na densidade de túbulos dentinários e na espessura de *smear layer*. Deve ser observado que enquanto na presente pesquisa, foi realizado ensaio de *push-out* com fatias de 1 mm, os dois últimos estudos citados^{50,95} realizaram o ensaio com fatias com espessura de 2 a 2,5mm o que pode ter gerado uma distribuição não uniforme das tensões na interface adesiva.¹²⁴⁻¹²⁵

As diferenças entre os estudos reforça a sensibilidade que a técnica de cimentação adesiva em condutos radiculares apresenta e a necessidade de padronização dos ensaios mecânicos.

Mesmo tendo realizado preparo do conduto com brocas padronizadas do sistema dos pinos houve uma grande variação na espessura do filme de cimento. Foi constatado um aumento da espessura em direção cervical, com diferenças significativas entre os terços. Tal fato pode ser explicado pela anatomia do conduto radicular, que apresenta-se mais amplo, e, em muitos, casos oval na região mais cervical. Para obter maior uniformidade da espessura do filme de cimento, precisaríamos ter utilizado pinos de maior calibre, o que vai frontalmente de encontro a filosofia de preservação da estrutura dental sadia, sendo, pois, contra-indicado.

A espessura média do filme de cimento observada no presente estudo ($77 \pm 41 \mu\text{m}$) encontra-se abaixo do limite aceito como o adequado ($130\mu\text{m}$)⁶¹. Dentro da espessura do filme de cimento, verificada no presente estudo, variando de $52 \pm 28 \mu\text{m}$ no terço apical a $102 \pm 45 \mu\text{m}$ no terço cervical, não foi demonstrada correlação entre a resistência de união e a espessura do filme de cimento ($r = -0,2016$, $p = 0,0033$).

Os resultados estão de acordo com outros estudos.^{59,61-62} Em uma pesquisa, foi observado que apesar de haver grande variação na área de cimento ($0,3$ a $1,4 \text{ mm}^2$), não houve correlação entre a espessura do filme de cimento e a resistência adesiva dos cimentos RelyX Unicem, Panavia F, Parapost e SuperBond.⁶¹ Uma variação de $84,7 \pm 49 \mu\text{m}$ a $316,7 \pm 58 \mu\text{m}$ na espessura do filme de cimento com DuoLink/All-Bond 2 não afetou os valores de resistência de união.⁵⁹

Por outro lado, uma diferença de cerca $200 \mu\text{m}$ entre os diâmetros da brocas e dos pinos causaram redução significativa da resistência ao *pull-out* de pinos de fibra cimentados com RelyX Unicem no modo autoativado, em relação a pinos supostos como precisamente adaptados.⁵⁸ Foi verificado com o Panavia 21/ED Primer que uma desadaptação intermediária (diferença de diâmetro entre broca e pino de 100 e $300 \mu\text{m}$) conferiu maiores valores de resistência ao *pull-out* que desadaptações maiores ou menores.⁶⁰ Em uma avaliação da resistência de união de pinos de fibra cimentados com diferentes cimentos resinosos, onde a espessura do cimento variou de 20 a $350 \mu\text{m}$, foi observada uma correlação negativa moderada (Spearman–Brown) entre resistência de união e espessura do filme de cimento dentro de um mesmo terço do conduto. Os autores atribuíram a redução da resistência de união com maiores espessuras à maior tensão gerada pela contração de polimerização.⁵⁷

Como no presente estudo foi realizado preparo do conduto com brocas padronizadas do sistema de pinos, houve pequena variação na espessura do filme de cimento. Por isso, é

recomendada a investigação mais aprofundada acerca da importância da desadaptação pino-conduto, com uma maior variação dos valores, simulando raízes fragilizadas.

Clinicamente, a dependência de fotoativação que os cimentos resinosos duais apresentam é uma preocupação na cimentação adesiva de coroas, próteses parciais fixas ou pinos intrarradiculares que apresentam limitada ou nenhuma capacidade de transmissão de luz. Nesses casos estará indicado o uso de um cimento resinoso quimicamente ativado.

Os resultados favoráveis obtidos com o RelyX Unicem, encorajam seu uso para cimentação de pinos de fibra em condutos radiculares. Por apresentar um protocolo mais rápido e fácil, há redução da sensibilidade do procedimento e do tempo operatório.

Como o momento do ensaio mecânico de *push-out* influencia os valores de resistência de união¹¹⁵, a realização do ensaio de *push-out* 1 semana após a cimentação na presente pesquisa pôde ter contribuído para os altos valores observados, especialmente os apresentados pelo RelyX U100, já que foi verificado¹¹⁵ que após 24h o RelyX Unicem elevou a resistência de união em cerca de 80% quando comparado com avaliação feita imediatamente após a cimentação, o que, segundo os autores, poderia ser explicado pelo aumento do grau de conversão, expansão higroscópica ou otimização da adesão nesse período. Mesmo que diversos autores^{62,86,95-96,129} tenham utilizado o intervalo aguardado nesta pesquisa, avaliações imediatas ou com poucas horas, parecem ter maior significância clínica, pois é quando os procedimentos de preparo cavitário e ajustes são realizados e o elemento dental entra em função oclusal.

6 CONCLUSÕES

Dentro das condições experimentais desta pesquisa, pôde-se concluir que:

- a. existe diferença entre os valores de resistência de união para os dois sistemas de cimentação resinosos duais testados, sendo que o autoadesivo apresentou o melhor desempenho;
- b. a ativação dual promoveu valores de resistência de união maiores que a autoativação para ambos os sistemas de cimentação, sendo: RelyX ARC dual > RelyX U100 dual > RelyX U100 auto > RelyX ARC auto;
- c. a resistência de união foi semelhante nos diferentes terços do conduto radicular;
- d. não existe relação entre a espessura do filme de cimento avaliada e os valores de resistência de união.

REFERÊNCIAS

1. Ferreira RS, Mota CS, Miranda MS. Conceitos atuais da cimentação adesiva de pinos resinosos fibro-reforçados. RGO. 2009(no prelo).
2. Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. J Am Dent Assoc. 2005 May;136(5):611-9.
3. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. J Endod. 2004 May;30(5):289-301.
4. Baratieri LN, Monteiro Jr. S, Andrada MAC, Vieira LCC, Ritter AV, Cardoso AC. Abordagem restauradora de dentes tratados endodonticamente: pinos/núcleos e restaurações unitárias. In:_____. Odontologia Restauradora”fundamentos e possibilidades. São Paulo: Editora Santos; 2001. p. 619-71.
5. Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. J Prosthet Dent. 2003 Dec;90(6):556-62.
6. Duret B, Reynaud M, Duret F. Um nouveau concept de reconstitution coronoradiculaire: le Composipost (1). Chir Dent Fr. 1990 Nov;60(540):131-41.
7. Duret B, Reynaud M, Duret F. Um nouveau concept de reconstitution coronoradiculaire: le Composipost (2). Chir Dent Fr. 1990 Dec;60(542):69-77.
8. Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. Dent Mater. 2007 Sep;23(9):1129-35.
9. 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.
10. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. Biomaterials. 2002 July;23(13):2667-82.
11. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. J Adhes Dent. 1999 Summer;1(2):153-8.

12. Naumann M, Blankenstein F, Kiessling S, Dietrich T. Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *Eur J Oral Sci.* 2005 Dec;113(6):519-24.
13. Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):703-8.
14. Demarchi MG, Sato EF. Leakage of interim post and cores used during laboratory fabrication of custom posts. *J Endod.* 2002 Apr;28(4):328-9.
15. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont.* 2003 Nov/Dec;16(6):593-6.
16. Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2007 Oct;20(5):287-91.
17. Signore A, Benedicenti S, Kaitsas V, Barone M, Angiero F, Ravera G. Long-term survival of endodontically treated, maxillary anterior teeth restored with either tapered or parallel-sided glass-fiber posts and full-ceramic crown coverage. *J Dent.* 2009 Feb;37(2):115-21.
18. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2002 Oct;88(4):442-8.
19. Mjor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001 July;34(5):346-53.
20. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater.* 2003 May;19(3):199-205.
21. Perdigao J, Lopes MM, Gomes G. Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):259-63.
22. Bonfante EA, Pegoraro L, Góes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater.* 2008 Apr;24(4):483-91.

23. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent*. 2000 Oct;13(5):255-60.
24. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Ferrari M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004 Mar;97(3):381-7.
25. Scotti R, Ferrari M. *Pinos de Fibra: considerações teóricas e aplicações clínicas*. 1 ed. São Paulo:Artes Médicas; 2003.
26. Monticelli F, Ferrari M, Toledano M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008 Mar;13(3):E214-21.
27. Carvalho RM, Carrilho MRO, Pereira LCG, Garcia FCP, Marquezini Jr L; Silva SMA et al. Sistemas adesivos: fundamentos para a compreensão de sua aplicação e desempenho em clínica. *Revista Biodonto*. 2004;2(1):1-89.
28. Chersoni S, Aquaviva GL, Prati C, Ferrari M, Grandini S, Pashley DH et al. In vivo fluid movement through dentin adhesives in endodontically treated teeth. *J Dent Res*. 2005 ;84(3):223-7.
29. Chang J, Plati JA, Yi K, Cochran MA. Quantitative Comparison of the Water Permeable Zone Among Four Types of Dental Adhesives Used with a Dual-cured Composite. *Oper Dent*. May/June. 2006;31(3):346-53.
30. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater*. 2006 Oct;22(10):973-80.
31. 3M ESPE AG. RelyX™ Unicem: technical product profile. [arquivo na internet]. Seefeld, Germany; 2007 [acesso em 2009 Mar 02]. 60p. Disponível em: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/cement/relyx-unicem/.
32. 3M. RelyX™ ARC adhesive resin cement system: technical product profile. [arquivo na internet]. St Paul, MN, USA; 1998 [acesso em 2009 Mar 02]. 36p Disponível em: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/cement/relyx-arc-adhesive-resin/.

33. Caughman WF, Chan DCN, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cement in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001 May;85(5):479-84.
34. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004 May/June;17(3):357-63.
35. Emami N, Soderholm KJ, Berglund LA. Effect of light power density variations on bulk curing properties of dental composites. *J Dent.* 2003 Mar;31(3):189-96.
36. Morgan LFSA, Peixoto RT, de Castro Albuquerque R, Santos Correa MF, de Abreu Poletto LT, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod.* 2008 Mar;34(3):299-302.
37. 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 Sep;20(7):617-22.
38. Faria-e-Silva AL, Arias VG, Soares LE, Martin AA, Martins LR. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):303-5.
39. Menezes MS, Veríssimo AG, Fonseca RB, Faria-e-Silva AL, Martins LRM, Soares CJ. Influence of root depth and the post type on Knoop hardness of a dual-cured resin cement. *Braz J Oral Sci.* 2007 Apr/June;6(21):1337-43.
40. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res.* 2008 Dec;87(12):1122-6.
41. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent.* 2003 Sep-Oct;28(5):535-42.
42. Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. *J Prosthodont.* 2008 Jun;17(4):262-8.
43. Spinell T, Schedle A, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics of dimethacrylate resin-cements. *Dent Mater.* 2009 Aug;25(8):1058-66.

44. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J*. 2007 Nov;26(6):906-14.
45. Monticelli F, Mazzitelli C, Casucci A, Osorio R, Toledano M, Ferrari M. Bond strengths of self-adhesive cements to fiber-reinforced posts. *Dent Mater*. 2009 May;25(5):e35.
46. 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.
47. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I et al. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):967-77.
48. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Degree of conversion of dual-cure luting resins light-polymerized through various materials. *Acta Odontol Scand*. 2007 Aug;65(4):201-5.
49. 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 Jul;33(7):840-3.
50. 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.
51. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent*. 2005 Sept/Oct;30(5):627-35.
52. 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 Endod*. 2008 Jan;105(1):121-8.
53. Bitter K, Priehn K, Martus P, Kielbassa AM. In vitro evaluation of push-out bond strengths of various luting agents to tooth-colored posts. *J Prosthet Dent*. 2006 Apr; 95(4):302-10.

54. 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.
55. 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.
56. Yahya NA, Lui JL, Chong KWA, Lim CM, Abu Kasim NH, Radzi Z. Effect of luting cement to push-out bond strength of fibre reinforced post. *Annal Dent Univ Malaya.* 2008;115(1):11-9.
57. Kremeier K, Fasen L, Klaiber B, Hofmann 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 May;24(5):660-6.
58. Schmage P, Pfeiffer P, Pinto E, Platzer U, Nergiz I. Influence of oversized dowel space preparation on the bond strengths of FRC posts. *Oper Dent.* 2009 Jan/Feb;34(1):93-101.
59. Perez BE, Barbosa SH, Melo RM, Zamboni SC, Ozcan M, Valandro LF et al. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin? *Int J Prosthodont.* 2006 Nov/Dec;19(6):606-9.
60. D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D'Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent.* 2007 Sep;98(3):193-8.
61. 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 Jun;20(3):167-72.
62. Perdigao J, Gomes G, Augusto V. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. *J Prosthodont.* 2007 May/Jun;16(3):154-64.
63. Mannocci F, Bertelli E, Watson TF, Ford TP. Resin-dentin interfaces of endodontically-treated restored teeth. *Am J Dent.* 2003 Feb;16(1):28-32.
64. Mannocci F, Bertelli E, Sherriff M, Watson TF, Pitt Ford TR. Three-year clinical comparison of survival of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restoration. *Int Endod J.* 2009 May;42(5):401-5.

65. Cagidiaco MC, Radovic I, Simonetti M, Tay F, Ferrari M. Clinical performance of fiber post restorations in endodontically treated teeth: 2-year results. *Int J Prosthodont.* 2007 May/June;20(3):293-8.
66. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int J Prosthodont.* 2004 May/June;17(3):307-12.
67. Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Comparison between two clinical procedures for bonding fiber posts into a root canal: a microscopic investigation. *J Endod.* 2002 May;28(5):355-60.
68. Malferrari S, Monaco C. Composição, microestrutura e morfologia dos pinos. In: Médicas A, editor. *Pinos de fibra: considerações teóricas e aplicações clínicas.* 1 ed. São Paulo: Artes Médicas; 2003. p. 132.
69. Callister WD. *Materials science and engineering: an introduction.* 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.; 2007. p. 577-620.
70. FGM Produtos Odontológicos Ltda. White Post: perfil técnico. [arquivo na internet]. Joinville; 2007 [acesso em 2009 mar. 02]. 26p. Disponível em: http://www.fgm.ind.br/pt/produtos/index.aspx?categoria=pct_6&produto=prd_19&menu=8/.
71. Seefeld F, Wenz HJ, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent Mater.* 2007 Mar;23(3):265-71.
72. Grandini S, Balleri P, Ferrari M. Scanning electron microscopic investigation of the surface of fiber posts after cutting. *J Endod.* 2002 Aug;28(8):610-2.
73. Radovic I, Corciolani G, Magni E, Krstanovic G, Pavlovic V, Vulicevic ZR et al. Light transmission through fiber post: the effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. *Dent Mater.* 2009 July; 25(7):837-44.
74. Galhano GA, de Melo RM, Barbosa SH, Zamboni SC, Bottino MA, Scotti R. Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts. *Oper Dent.* 2008 May/June;33(3):321-4.
75. Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater.* 2006 Aug;22(8):752-8.

76. Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J*. 2006 Jan;39(1):31-9.
77. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. *J Endod*. 2006 Jan;32(1):44-7.
78. D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, Cinelli M, Giannoni M, Caputi S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts. *J Endod*. 2007 Mar;33(3):264-7.
79. Casucci A, Mazzitelli C, Monticelli F, Osorio R, Toledano M, Ferrari M. Retention of self-adhesive cements on pre-treated epoxy-based fiber posts. *Dent Mater*. 2009 May;25(5):e13.
80. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Caputi S. Influence of surface treatments on the flexural properties of fiber posts. *J Endod*. 2007 Jul;33(7):864-7.
81. Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater*. 2002 Nov;18(7):495-502.
82. Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J*. 2004 2004;37(12):840-8.
83. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Muench A. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. *J Prosthet Dent*. 2007 Mar;97(3):165-72.
84. Noirrit EE, Gregoire G, Cournot M. Morphological study of fiber-reinforced post-bonding system-root dentin interface by evaluation of two bonding systems. *J Dent*. 2008 Mar;36(3):204-13.
85. Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent*. 2006 May;95(5):368-78.

86. D'Arcangelo C, Zazzeroni S, D'Amario M, Vadini M, De Angelis F, Trubiani O et al. Bond strengths of three types of fibre-reinforced post systems in various regions of root canals. *Int Endod J*. 2008 Apr;41(4):322-8.
87. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil*. 2002 Mar;29(3):257-62.
88. Sinhoreti MAC, Manetta IP, Tango RN, Iriyama NT, Consani RLX, Correr-Sobrinho L. Effect of light-curing methods on resin cement knoop hardness at different depths. *Braz Dent J*. 2007;18(4):305-8.
89. Arrais CAG, Rueggeberg FA, Waller JL, de Goes MF, Giannini M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. *J Dent*. 2008 June;36(6):418-26.
90. Arrais CAG, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent*. 2009 Feb;101(2):128-36.
91. Faria-e-Silva AL, Casselli DS, Lima GS, Ogliari FA, Piva E, Martins LR. Kinetics of conversion of two dual-cured adhesive systems. *J Endod*. 2008 Sep;34(9):1115-8.
92. Arrais CAG, Giannini M, Rueggeberg FA. Effect of sodium sulfinate salts on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems exposed to attenuated light-activation. *J Dent* 2009 Mar;37(3):219-27.
93. Piwowarczyk A, Bender R, Otzl P, Lauer HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. *Dent Mater*. 2007 Feb;23(2):211-7.
94. Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Effect of prolonged photo-irradiation time on three self-etch systems on the bonding to root. *J Dent*. 2006 July;34(6):389-97.
95. Boff LL, Grossi ML, Prates LH, Burnett LH, Jr., Shinkai RS. Effect of the activation mode of post adhesive cementation on push-out bond strength to root canal dentin. *Quintessence Int*. 2007 May;38(5):387-94.

96. 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.
97. 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 Oct;22(10):934-41.
98. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas KT. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. *Dent Mater*. 2009 May;25(9):1104-8.
99. 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 Dec;20(10):963-71.
100. Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater*. 2006 Jan;22(1):45-56.
101. Abo-Hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig*. 2005 Sep;9(3):161-7.
102. 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 Jan;23(1):71-80.
103. Holderegger C, Sailer I, Schuhmacher C, Schlapfer R, Hammerle C, Fischer J. Shear bond strength of resin cements to human dentin. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):944-50.
104. 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.
105. Toman M, Toksavul S, Sarikanat M, Firidinoglu 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.
106. Mazzoni A, Marchesi G, Cadenaro M, Mazzotti G, Di Lenarda R, Ferrari M et al. Push-out stress for fibre posts luted using different adhesive strategies. *Eur J Oral Sci*. 2009 Aug;117(4):447-53.

107. Ari H, Yasar E, Bellí S. Effects of NaOCl on Bond Strengths of Resin Cements to Root Canal Dentin. *J Endod.* 2003 Apr;29(4):248-51.
108. Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. *J Endod.* 2006 Oct;32(10):985-8.
109. Alfredo E, Soares E, Marchesan MA, Paulino SM, Gariba-Silva R, Sousa-Neto MD. Effect of eugenol-based endodontic cement on the adhesion of intraradicular posts. *Braz Dent J.* 2006;17(2):130-3.
110. Vano M, Cury AH, Goracci C, Chieffi N, Gabriele M, Tay FR et al. The effect of immediate versus delayed cementation on the retention of different types of fiber post in canals obturated using a eugenol sealer. *J Endod.* 2006 Sep;32(9):882-5.
111. Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2008 June;41(6):476-84.
112. Erdemir A, Eldeniz AU, Belli S, Pashley DH. Effect of solvents on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):589-92.
113. Bitter K, Noetzel J, Volk C, Neumann K, Kielbassa AM. Bond strength of fiber posts after the application of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod.* 2008 Mar;34(3):306-9.
114. Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod.* 2005 Aug;31(8):608-12.
115. Sadek FT, Goracci C, Monticelli F, Grandini S, Cury AH, Tay F et al. Immediate and 24-hour evaluation of the interfacial strengths of fiber posts. *J Endod.* 2006 Dec;32(12):1174-7.
116. Gallo JR, 3rd, Miller T, Xu X, Burgess JO. In vitro evaluation of the retention of composite fiber and stainless steel posts. *J Prosthodont.* 2002 Mar;11(1):25-9.
117. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater.* 2001 Sep;17(5):422-9.

118. Souza RO, Lombardo GH, Michida SM, Galhano G, Bottino MA, Valandro LF. Influence of brush type as a carrier of adhesive solutions and paper points as an adhesive-excess remover on the resin bond to root dentin. *J Adhes Dent*. 2007 Dec;9(6):521-6.
119. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, Zazzeroni S, De Angelis F, Caputi S. An evaluation of luting agent application technique effect on fibre post retention. *J Dent*. 2008 Apr;36(4):235-40.
120. Cantoro A, Goracci C, Papacchini F, Mazzitelli C, Fadda GM, Ferrari M. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. *Dent Mater*. 2008 May;24(5):577-83.
121. Aggarwal V. An in vitro evaluation of effect of ionizing radiotherapy on push-out strength of fiber posts under cyclic loading. *J Endod*. 2009 May;35(5):695-8.
122. Roydhouse RH. Punch-shear test for dental purposes. *J Dent Res*. 1970 Jan/Feb;49(1):131-6.
123. Patierno JM, Rueggeberg FA, Anderson RW, Weller RN, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol*. 1996 Oct;12(5):227-36.
124. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*. 2004 Aug;112(4):353-61.
125. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater*. 2008 Oct;24(10):1405-11.
126. Valandro LF, Baldissara P, Galhano GA, Melo RM, Mallmann A, Scotti R et al. Effect of mechanical cycling on the push-out bond strength of fiber posts adhesively bonded to human root dentin. *Oper Dent*. 2007 Nov/Dec;32(6):579-88.
127. International Standard Organization. Technical specification ISO/TS 11405: dental materials - testing of adhesion to tooth structure. 2^a ed. Geneva; 2003.
128. Paciornik S, Maurício MHP. Digital imaging. In: Voort. GV, editor. *ASM handbook: metallography and microstructures*. vol. 9. USA ; 2004. p. 368-402.

129. Faria-e-Silva AL, Casselli DS, Ambrosano GM, Martins LR. Effect of the adhesive application mode and fiber post translucency on the push-out bond strength to dentin. *J Endod.* 2007 Sep;33(9):1078-81.
130. Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, Panyayong W, Tagami J. Regional bond strengths and failure analysis of fiber posts bonded to root canal dentin. *Oper Dent.* 2008 Nov/Dec;33(6):636-43.
131. Hayashi M, Okamura K, Wu H, Takahashi Y, Koytchev EV, Imazato S et al. The root canal bonding of chemical-cured total-etch resin cements. *J Endod.* 2008 May;34(5):583-6.
132. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003 May/June;28(3):215-35.
133. Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J, Rammelsberg P, Gabbert O, Schmitter M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. *J Dent.* 2008 Jan;36(1):87-92.
134. Coniglio I, Magini E, Carvalho CA, Ferrari M. Cement thickness in oval-shaped canals: circular vs. oval posts. *Dent Mater.* 2009 May;25(5):e12-3.
135. Antonson SA, Antonson DE, Hardigan PC. Should my new curing light be an LED? *Oper Dent.* 2008 Jul/Aug;33(4):400-7.
136. Piva E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S, Demarco FF, Powers JM. Influence of energy density of different light sources on Knoop hardness of a dual-cured resin cement. *J Appl Oral Sci.* 2008 May/June;16(3):189-93.
137. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials.* 2000 Jul;21(13):1379-85.
138. Cavalcanti SC, de Oliveira MT, Arrais CA, Giannini M. The effect of the presence and presentation mode of co-initiators on the microtensile bond strength of dual-cured adhesive systems used in indirect restorations. *Oper Dent.* 2008 Nov/Dec;33(6):682-9.

139. 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.
140. 3M ESPE Dental Products. 3M™ ESPE™ RelyX™ Unicem™ Aplicap/Maxicap: material safety data sheet. [arquivo na internet]. St. Paul, MN, EUA; 2003 [acesso em 2009 Mar 02]. 15p. Disponível em: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/MSDS/Search/?gsaAction=msdsSRA&type=ptn&msdsLocale=en_US&co=ptn&q=unicem&num=10&search=Search&snum=10.
141. 3M ESPE Dental Products. 3M™ ESPE™ RelyX™ Unicem™ Clicker™: material safety data sheet. [arquivo na internet]. St. Paul, MN, EUA; 2006 [acesso em 2009 Mar 02]. 15p. Disponível em: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/MSDS/Search/?gsaAction=msdsSRA&type=ptn&msdsLocale=en_US&co=ptn&q=unicem&num=10&search=Search&snum=10.
142. Viotti RG, Kasaz A, Pena CE, Alexandre RS, Arrais CA, Reis AF. Microtensile bond strength of new self-adhesive luting agents and conventional multistep systems. *J Prosthet Dent.* 2009 Nov;102(5):306-12.
143. Cunha LF, Furuse AY, Mondelli RFL, Mondelli J. Compromised Bond Strength after Root Dentin Deproteinization Reversed with Ascorbic Acid. *J Endod.* 2009 2009(no prelo).
144. Ferreira SD, Hanashiro FS, de Souza-Zaroni WC, Turbino ML, Youssef MN. Influence of Aluminum Oxide Sandblasting Associated with Nd:YAG or Er:YAG Lasers on Shear Bond Strength of a Feldspathic Ceramic to Resin Cements. *Photomed Laser Surg.* 2009 (no prelo).
145. Al-Assaf K, Chakmakchi M, Georgios Palaghias G, Karanika-Kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater.* 2007 Jul;23(7):829-39.
146. Matos I. Influência do modo de ativação e de uma restauração simulada de porcelana no grau de conversão e na dureza superficial de um cimento resinoso autoadesivo de cura dual [dissertação na internet]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia; 2008. 118f.[acesso em 2009 Ago 03]. Disponível em: http://www.bdtd.uerj.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=691

147. Pedreira AP, Pegoraro LF, de Goes MF, Pegoraro TA, Carvalho RM. Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: effects of water storage and softening treatment. *Dent Mater.* 2009 July;25(7):868-76.
148. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am.* 2007 Apr;51(2):453-71.
149. 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 Dec;31(12):891-4.
150. 3M. Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Dental Adhesive System. USA: technical product profile. [arquivo na internet]. St Paul, MN, USA; 1994 [acesso em 2009 Mar 02]. 40p. Disponível em: http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/3M-ESPE/dental-professionals/resources/perfis-tecnicos/.
151. FGM Produtos Odontológicos Ltda. Informação ao profissional. [homepage na internet]. Joinville; c2007 [acesso em 2009 nov. 10]. Disponível em: http://www.fgm.ind.br/pt/produtos/index.aspx?categoria=pct_6&produto=prd_19&menu=7

APÊNDICE A – Macro desenvolvida no *software* KS 400 (Carl Zeiss) para determinação da espessura do filme de cimento.

```
# ----- Rotina para medida de espessura da linha de cimento de um pino -----
# ----- Baseada na "Bone" de KSmacros

# Define diretorios
DBsetpath "z:\reinaldo\dados"
folder = "z:/reinaldo/"
pasta = "bin"
read pasta , "Entre com o nome da pasta das imagens"
folder = folder + pasta
imgsetpath folder
image = "*.tif"

# Inicializa a macro
Gclear 0
imgdelete "*.*"
j = 0
showwindow "Messages", 1
write "@"
resp = "s"
resp1 = "sim"

if DBexist ("arquivos")
  DBdelete("arquivos")
endif
wait 20
DBnew "arquivos",2
DBsetcolumn "ARQUIVOS",1,"Imagem","String",<none>"
wait 20
DBsetcolumn "ARQUIVOS",2,"Valido?","String",<none>"

if DBexist("resultados")
  DBdelete("resultados")
endif
wait 20

DBnew "resultados",8
wait 15
DBsetcolumn "resultados",1,"Imagem","String",<none>"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",2,"Maximo","Float","micron"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",3,"Minimo","Float","micron"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",4,"Razao","Float",<none>"
wait 15
```

```

DBsetcolumn "resultados",5,"Media","Float","micron"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",6,"StdDev","Float","micron"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",7,"ValorMedio","Float","micron"
wait 15
DBsetcolumn "resultados",8,"Linhas","Int","#"
wait 15

```

```
MSload "default"
```

```
# LOOP para carregar imagens e realizar medidas
```

```

while 1
  imgenum image,0
  if (not _STATUS): break

  j = j + 1
  imgdelete "*"
  Gclear 0
  DBname = "DB" + string(j)

  # CARREGANDO A IMAGEM

  imgload image,1

  MSload "default"
  MSsetprop "REGIONFEAT","CGRAVX,CGRAVY"
  MSsetprop "DRAWFEAT","DRLABEL"

  # Binariza e isola a região de interesse
  disaut 1,2,0,1
  bineucliddilate 2,20,1
  binfill 20,3
  bineucliderode 3,4,2
  binand 2,4,5
  bineucliddilate 5,6,1
  binfill 6,7
  binscrap 7,7,0,50,0
  binxor 3,7,8

  #-----
  # Retorna a imagem do circulo mais interno
  imgdisplay 7

  #-----
  # get center gravity of the bone
  #-----
  RGnew 7,7
  RGfirstregion

```

```

MSmeasregion 1
MSgetvalue "CGRAVX",cx
MSgetvalue "CGRAVY",cy
RGdelete

#-----
# prepare measurement mask image '9'
#-----
a := 0.0
for a = 0.0, a <= _PI, a = a + _PI / 18
  x1 = int(cx + cos(a) * 250)
  y1 = int(cy + sin(a) * 250)
  x2 = int(cx - cos(a) * 250)
  y2 = int(cy - sin(a) * 250)
  Gvector x1,y1,x2,y2,14
endfor
Gflush
imgnew 9,3888,2592,1,"Grey"
Gmerge 9,255
Gclear 0
binand 8,9,10
imgdisplay 2
Gextract 2,128,255,9
imgdisplay 10

# Verifica se o resultado do processamento está bom
read resp, "Resultado ok (s ou n)?"
if (resp == "s")
  resp1 = "sim"

# mede o comprimento da linha
MSsetprop "SCALEX", 5.5
MSsetprop "SCALEY", 5.5
MSsetprop "UNIT","micron"
MSsetprop "REGIONFEAT","FERETMAX"

DBname = "DB" + string(j)

if DBexist(DBname)
  DBdelete(DBname)
endif
wait 10
MSmeasmask 10,10,DBname,0,1,10

datostatsetup 6,0.0,100.0,1,0
datostatvalue DBname, "FERETMAX", "MAX", vmax
datostatvalue DBname, "FERETMAX", "MIN", vmin
datostatvalue DBname, "FERETMAX", "MEAN", media
datostatvalue DBname, "FERETMAX", "SUM", soma

```

```

datastatvalue DBname, "FERETMAX", "STDDEV", desvp
datastatvalue DBname, "FERETMAX", "COUNT", obj

```

```

vmedio = soma/36
razao = vmin/vmax

```

```

DBaddline "resultados"
DBsetvalue "resultados","Imagem", image
wait 15
DBsetvalue "resultados", "Maximo", vmax
wait 15
DBsetvalue "resultados", "Minimo", vmin
wait 15
DBsetvalue "resultados", "Razao", razao
wait 15
DBsetvalue "resultados", "Media", media
wait 15
DBsetvalue "resultados", "StdDev", desvp
wait 15
DBsetvalue "resultados", "ValorMedio", vmedio
wait 15
DBsetvalue "resultados", "Linhas", obj
wait 15

```

```

else
  resp1 = "não"
endif
texto = string(j) + " " + image + " " + resp1
write texto

```

```

# Base de dados sobre a analise das imagens
DBaddline "ARQUIVOS"
DBsetvalue "ARQUIVOS","Imagem", image
wait 15
DBsetvalue "ARQUIVOS", "Valido?", resp1
wait 15

```

```

endwhile

```

```

# Gerando a DB em Excel
fcnload "d002xls.fcn"
ExcelRuns = _ON
WrkFile = "z:\reinaldo\dados\" + "resultados"
OutXLS = "z:\reinaldo\dados\" + "resultados"
Worksheet = "dados"
D002XLS WrkFile , OutXLS , Worksheet
while ExcelRuns ==_ON : wait 300

```

```

ExcelRuns = _ON
WrkFile = "z:\reinaldo\dados\" + "ARQUIVOS"

```

```
OutXLS = "z:\reinaldo\dados\" + "arquivos"  
Worksheet = "aprovado"  
D002XLS WrkFile , OutXLS , Worksheet  
while ExcelRuns ==_ON : wait 200
```

```
!endmacro
```

APÊNDICE B – Modo de falha, resistência de união e espessura do filme de cimento dos espécimes.

Obs: Modo de falha: **ap** – adesiva interface cimento-pino, **ad** - adesiva interface cimento-dentina, **m** – mista e **m-cd** –mista com fratura coesiva de dentina

Tabela 8- Grupo 1 - RelyX ARC DUAL (continua)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (µm)
1	DUAL	CERV	ad	17,7	66
2	DUAL	CERV	m - cd	18,0	60
3	DUAL	CERV	ap	20,0	100
4	DUAL	CERV	m	17,1	87
5	DUAL	CERV	ap	19,7	97
6	DUAL	CERV	ap	14,1	145
7	DUAL	CERV	m	26,5	87
8	DUAL	CERV	m	26,9	89
9	DUAL	CERV	m	20,5	130
10	DUAL	CERV	m	22,7	91
11	DUAL	CERV	m	19,5	135
12	DUAL	CERV	m - cd	20,4	105
13	DUAL	CERV	m	24,4	67
14	DUAL	CERV	m	26,4	72
15	DUAL	CERV	m - cd	26,0	117
16	DUAL	CERV	m - cd	22,8	100
17	DUAL	MED	m - cd	23,4	84
18	DUAL	MED	m	24,3	84
19	DUAL	MED	ap	24,0	78
20	DUAL	MED	ap	20,9	71
21	DUAL	MED	m	17,9	57
22	DUAL	MED	m	26,0	62
23	DUAL	MED	m	19,6	75
24	DUAL	MED	ap	15,2	75
25	DUAL	MED	ad	20,6	76
26	DUAL	MED	m	21,2	74
27	DUAL	MED	m	21,4	74
28	DUAL	MED	m	28,2	57
29	DUAL	MED	ap	24,0	104
30	DUAL	MED	m	24,2	64
31	DUAL	MED	m	24,4	48
32	DUAL	MED	ap	21,6	92
33	DUAL	MED	ap	27,4	105
34	DUAL	API	ap	24,1	63

Tabela 8- Grupo 1 - RelyX ARC DUAL (conclusão)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
35	DUAL	API	m	23,5	36
36	DUAL	API	m	18,3	60
37	DUAL	API	ap	24,3	24
38	DUAL	API	m	21,5	57
39	DUAL	API	m	24,3	20
40	DUAL	API	m	23,4	66
41	DUAL	API	ap	16,9	51
42	DUAL	API	ap	12,0	75
43	DUAL	API	m	19,0	72
44	DUAL	API	m	26,2	66
45	DUAL	API	m	22,9	42
46	DUAL	API	m	26,5	60
47	DUAL	API	m	30,3	36
48	DUAL	API	m	27,9	72
49	DUAL	API	m	31,6	55
50	DUAL	API	m	21,0	26
51	DUAL	API	m	20,6	116

Tabela 9 - Grupo 2 -RelyX ARC AUTOATIVADO (continua)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
1	AUTO	CERV	ap	11,4	181
2	AUTO	CERV	ap	10,3	125
3	AUTO	CERV	ap	14,1	75
4	AUTO	CERV	ap	15,5	66
5	AUTO	CERV	m	17,0	106
6	AUTO	CERV	ap	20,1	103
7	AUTO	CERV	m – cd	25,0	115
8	AUTO	CERV	ap	13,9	96
9	AUTO	CERV	ap	18,7	89
10	AUTO	CERV	ap	8,9	210
11	AUTO	CERV	ap	10,1	147
12	AUTO	CERV	ap	16,2	98
13	AUTO	CERV	ap	16,4	85
14	AUTO	CERV	ap	5,8	142
15	AUTO	CERV	ap	5,5	96
16	AUTO	CERV	ap	23,2	175
17	AUTO	MED	ap	10,8	112
18	AUTO	MED	ap	11,2	106

Tabela 9 - Grupo 2 -RelyX ARC AUTOATIVADO (conclusão)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
19	AUTO	MED	ap	13,9	60
20	AUTO	MED	ap	17,6	98
21	AUTO	MED	ap	21,9	95
22	AUTO	MED	ad	11,0	96
23	AUTO	MED	ad	13,9	104
24	AUTO	MED	m	20,4	66
25	AUTO	MED	ap	15,5	66
26	AUTO	MED	ap	16,0	79
27	AUTO	MED	ap	13,0	103
28	AUTO	MED	ap	11,6	77
29	AUTO	MED	ap	12,3	94
30	AUTO	MED	ap	12,9	100
31	AUTO	MED	ap	6,4	88
32	AUTO	MED	ad	6,0	97
33	AUTO	MED	ad	7,4	84
34	AUTO	API	m	14,4	88
35	AUTO	API	m	12,0	33
36	AUTO	API	ap	12,7	32
37	AUTO	API	ap	17,4	78
38	AUTO	API	ap	16,2	35
39	AUTO	API	m	13,6	89
40	AUTO	API	ap	15,2	61
41	AUTO	API	ap	12,8	76
42	AUTO	API	ap	10,5	55
43	AUTO	API	ap	11,4	57
44	AUTO	API	ap	13,6	69
45	AUTO	API	m	14,6	71
46	AUTO	API	ap	7,3	70
47	AUTO	API	ap	12,7	40
48	AUTO	API	ad	11,4	72
49	AUTO	API	m	12,5	82

Tabela 10 - Grupo 3 - RelyX U100 DUAL (continua)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (µm)
1	DUAL	CERV	m - cd	19,2	48
2	DUAL	CERV	m	16,8	44
3	DUAL	CERV	m	22,5	83
4	DUAL	CERV	m - cd	21,0	82
5	DUAL	CERV	ad	23,0	132
6	DUAL	CERV	m	21,3	97
7	DUAL	CERV	m	23,6	65
8	DUAL	CERV	m - cd	21,0	46
9	DUAL	CERV	m	16,6	104
10	DUAL	CERV	m - cd	21,7	229
11	DUAL	CERV	m - cd	19,9	144
12	DUAL	CERV	m - cd	22,6	62
13	DUAL	CERV	m	20,9	41
14	DUAL	CERV	m - cd	21,3	89
15	DUAL	CERV	m	20,7	59
16	DUAL	CERV	m - cd	24,7	103
17	DUAL	CERV	ad	19,0	96
18	DUAL	CERV	ad	22,3	64
19	DUAL	CERV	m - cd	17,1	125
20	DUAL	MED	m - cd	18,9	33
21	DUAL	MED	m	10,8	30
22	DUAL	MED	m	22,5	83
23	DUAL	MED	m	22,0	73
24	DUAL	MED	m	24,7	42
25	DUAL	MED	m	25,2	37
26	DUAL	MED	m - cd	21,6	59
27	DUAL	MED	ap	22,6	59
28	DUAL	MED	m	20,5	65
29	DUAL	MED	m	18,0	37
30	DUAL	MED	m	19,0	62
31	DUAL	MED	m	21,0	41
32	DUAL	MED	m	22,4	58
33	DUAL	MED	m	25,7	40
34	DUAL	MED	m	23,6	111
35	DUAL	MED	m	25,9	98
36	DUAL	MED	m	20,2	49
37	DUAL	MED	m	18,5	22
38	DUAL	MED	ad	14,5	27
39	DUAL	API	m	14,8	23
40	DUAL	API	m	19,6	8
41	DUAL	API	m	26,4	52

Tabela 10 - Grupo 3 - RelyX U100 DUAL (conclusão)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
42	DUAL	API	m	17,6	25
43	DUAL	API	m	27,4	16
44	DUAL	API	m	20,4	43
45	DUAL	API	m	20,0	25
46	DUAL	API	m	23,3	75
47	DUAL	API	m	11,1	24
48	DUAL	API	m	21,0	62
49	DUAL	API	m	11,5	53
50	DUAL	API	m	15,6	12
51	DUAL	API	m	20,0	16
52	DUAL	API	m	23,3	87
53	DUAL	API	m	22,8	57
54	DUAL	API	M	16,5	19
55	DUAL	API	M	17,9	21
56	DUAL	API	M	20,7	15

Tabela 11 - Grupo 4 - RelyX U100 AUTOATIVADO (continua)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
1	AUTO	CERV	m	17,1	71
2	AUTO	CERV	m	17,5	57
3	AUTO	CERV	m	11,7	143
4	AUTO	CERV	m	17,5	109
5	AUTO	CERV	m	24,5	95
6	AUTO	CERV	m	24,7	92
7	AUTO	CERV	ad	5,7	61
8	AUTO	CERV	ad	7,2	76
9	AUTO	CERV	m	11,2	59
10	AUTO	CERV	m	18,5	39
11	AUTO	CERV	m	12,1	273
12	AUTO	CERV	m	7,6	203
13	AUTO	CERV	ad	6,7	62
14	AUTO	CERV	m - cd	18,4	146
15	AUTO	CERV	m - cd	16,7	132
16	AUTO	CERV	m	21,4	101
17	AUTO	CERV	m	21,5	130
18	AUTO	CERV	m	17,3	106
19	AUTO	CERV	m	15,6	97

Tabela 11 - Grupo 4 - RelyX U100 AUTOATIVADO (conclusão)

Fatia	Modo ativação	Terço	Modo de falha	Resistência de união (MPa)	Espessura média (μm)
20	AUTO	MED	m	22,3	63
21	AUTO	MED	m	23,8	39
22	AUTO	MED	m	13,0	88
23	AUTO	MED	m	16,7	107
24	AUTO	MED	m - cd	16,4	72
25	AUTO	MED	m	17,8	36
26	AUTO	MED	m	16,1	24
27	AUTO	MED	m	23,1	35
28	AUTO	MED	m	18,6	57
29	AUTO	MED	ad	8,5	156
30	AUTO	MED	m	12,5	140
31	AUTO	MED	m	17,4	43
32	AUTO	MED	m	14,6	124
33	AUTO	MED	m	22,9	85
34	AUTO	MED	m	24,2	126
35	AUTO	MED	m	21,2	114
36	AUTO	MED	m	23,7	82
37	AUTO	MED	m	20,6	66
38	AUTO	API	m	21,9	10
39	AUTO	API	m	27,5	109
40	AUTO	API	m	23,5	50
41	AUTO	API	m	15,6	45
42	AUTO	API	ap	24,6	30
43	AUTO	API	ap	22,5	13
44	AUTO	API	m	13,5	17
45	AUTO	API	m	21,1	107
46	AUTO	API	m	9,9	61
47	AUTO	API	m	21,7	32
48	AUTO	API	m - cd	23,7	12
49	AUTO	API	m	19,3	78
50	AUTO	API	m	17,8	48
51	AUTO	API	m	18,6	107
52	AUTO	API	m	18,8	90
53	AUTO	API	m	19,2	59
54	AUTO	API	ap	18,1	47

ANEXO - Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PEDRO ERNESTO
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



Rio de Janeiro, 29 de julho de 2009

Do: Comitê de Ética em Pesquisa
Prof.: Wille Oigman
Para: Mestrando Reinaldo de Souza Ferreira

O Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto, após avaliação, considerou o projeto (2422-CEP/HUPE) "RESISTÊNCIA ADESIVA DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO: EFEITO DO TIPO DE CIMENTO RESINOSO E DO MODO DE ATIVAÇÃO" aprovado, encontrando-se este dentro dos padrões éticos da pesquisa em seres humanos, conforme Resolução n.º196 sobre pesquisa envolvendo seres humanos de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde, bem como o consentimento livre e esclarecido.

O pesquisador deverá informar ao Comitê de Ética qualquer acontecimento ocorrido no decorrer da pesquisa.

O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que ao término da pesquisa encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto.


Prof. Wille Oigman
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa
HUPE/UEERJ

CEP - COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
AV. VINTE E OITO DE SETEMBRO, 77 TÉRREO - VILA ISABEL - CEP 20551-030
TEL: 21 2587-6353 - FAX: 21 2264-0853 - E-mail: cep-hupe@uerj.br

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)