

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA-DOCTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM DENTÍSTICA RESTAURADORA

**PINOS ANATÔMICOS CIMENTADOS COM AGENTES
RESINOSOS EM DIFERENTES COMPRIMENTOS
RADICULARES: ESTUDO DA INTERFACE E DA RESISTÊNCIA
DE UNIÃO**

Niélli Caetano de Souza

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia, curso de Pós-graduação em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Maria Spohr

Porto Alegre 2015

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA-DOCTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM DENTÍSTICA RESTAURADORA

**PINOS ANATÔMICOS CIMENTADOS COM AGENTES
RESINOSOS EM DIFERENTES COMPRIMENTOS
RADICULARES: ESTUDO DA INTERFACE E DA RESISTÊNCIA
DE UNIÃO**

*ANATOMIC POSTS LUTED WITH RESIN AGENTS IN DIFFERENT
LENGTHS ROOTS: STUDY OF INTERFACE AND BOND
STRENGTH*

Niélli Caetano de Souza

Orientadora: Prof^a Dr^a Ana Maria Spohr

Porto Alegre 2015

AGRADECIMENTOS

*À professora **Ana Maria Spohr**, por ter aceitado me orientar, pelo exemplo profissional, conhecimentos compartilhados e por todo o entusiasmo, dedicação e sabedoria transmitidos.*

Obrigada por fazer do aprendizado não um trabalho, mas um contentamento, por me ajudar a descobrir o que fazer de melhor e, assim, fazê-lo cada vez melhor.

*Aos professores da Faculdade de Odontologia, **Luiz Henrique Burnett Jr., Eduardo Gonçalves Mota e Maria Martha Campos**, pelo conhecimento transmitido.*

*Ao **Instituto de Pesquisas Biomédicas da PUC RS**, por terem disponibilizado seus laboratórios, um agradecimento especial ao assistente e auxiliar do Laboratório de Neurociência **Ricardo Vaz Breda** e para a assistente do Laboratório de Parasitologia Molecular **Vanessa Fey**. Sem palavras para agradecer a disposição com que vocês me receberam.*

*Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Odontologia em que tive o prazer de conhecer e conviver **Rafael Melara, Helen Cristina Vieira da Rosa e Ricardo Garcia**, pela amizade e disponibilidade em sempre ajudar e acrescentar conhecimento.*

*À grande colega e amiga que tive a oportunidade de conhecer desde o primeiro dia de aula no Doutorado na PUC RS, **Maurem Leitão Marcondes** pela amizade, confiança, apoio, incentivo e colaboração constante no meu desenvolvimento profissional. Por me mostrar o amor e dedicação incondicional à pesquisa científica.*

*Ao querido colega **Diego Fabris Ferreira** pela boa vontade sempre presente, por deixar sempre tudo mais fácil pois a alegria é contagiante a todos que estão perto deste grande profissional e especialmente pela amizade sincera.*

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia da PUC RS por serem sempre solícitos e dispostos a ajudar. A todos os demais que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho

Agradecimento à Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul por me contemplar com uma bolsa de estudos, à CAPES nela bolsa de estudos que possibilitou a conclusão deste doutorado, e à Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A que disponibilizou parte do material para a pesquisa.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

A minha família em especial à minha mãe Zelaine Caetano e irmã Cristiane de Almeida Souza, por terem me aguentado neste período de muitos altos e baixos, mas sempre na torcida e na confiança que eu conseguiria, amo vocês!

As minhas tias amadas Cleone Caetano, Aneti Caetano e Rosane Caetano que de longe me dão apoio incondicional nas minhas decisões. Considero vocês mães porque me identifico em alguma coisa com cada uma. Admiro muito essas três mulheres. Amo de mais!!!

Ao amor que encontrei no final deste percurso Felipe Pierozan, pelo companheirismo, amor, paciência e por ter participado do final desta conquista sempre com palavras de carinho e admiração.

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra!

Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós.

Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso”.

Charles Chaplin

LISTA DE TABELAS ARTIGO 1

Quadro 1. Descrição de materiais, classificação, fabricante e composição.....	24
Quadro 2. Protocolo de cimentação	25
Tabela 1. Médias de resistência de união à tração (MPa) entre os cimentos resinosos	28
Tabela 2. Médias de resistência de união à tração (MPa) para as diferentes profundidades de cimentação sem e com ciclagem mecânica	29

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 1

Fig. 1. a: Corpo de prova posicionado para o ensaio de tração (<i>pull out</i>). .b: pino sendo tracionado durante ensaio.	27
--	----

LISTA DE TABELAS ARTIGO 2

Quadro 1. Protocolo de cimentação. 47

Tabela 1. Valores e desvio-padrão da espessura de cimento resinoso (μm) nos terços cervical, médio e apical, obtidos por meio de cimentação com pinos anatômicos diretos (PA) e pinos convencionais (PC) de fibra de vidro realizado com cimento resinoso autoadesivo (U200) e cimento resinoso convencional (ARC)49

FIGURAS ARTIGO 2

Fig. 1: Imagem sequencial em MCVL do terço cervical (63 x)- a: Rodamina B – cimento resinoso; b: Fluoresceína adicionada ao ativador, primer e catalisador do sistema adesivo Adper™ Scotchbond Multi-Usó Plus; c: Interação entre cimento resinoso e sistema adesivo51

Fig. 2: Imagem em MCVL da cimentação com cimento resinoso RelyX U200 (20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PA** - Pino anatômico direto; **D** – Dentina. Setas indicando quatro pontos onde a espessura de cimento resinoso foi medida.....52

Fig. 3: Imagem em MCVL da cimentação com cimento resinoso RelyX U200 e pino de fibra de vidro n.3 (20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PC** - Pino de fibra de vidro n.3; **D** – Dentina. Setas indicando as bolhas apresentadas no cimento no terço médio52

Fig. 4: Imagem em MCVL com fluorescência dual da cimentação com cimento resinoso RelyX ARC e pino anatômico direto(20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PA** - Pino anatômico Direto; **D** – Dentina.....53

Fig. 5: Imagem em MCVL com fluorescência dual da cimentação com cimento resinoso RelyX ARC e pino de fibra de vidro n.3 (20). **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PC** - pino de fibra de vidro n.3; **D** – Dentina. **PC** - Pino de fibra de vidro n.3; **D** – Dentina53

Fig. 6: Imagem em MCVL do Grupo RelyX ARC + PA no terço médio. A 20x; B 63x. Observa-se a formação de tags tanto do sistema adesivo (ativador, primer e catalisador Adper™ Scotchbond Multi-Usó Plus - verde) e cimento resinoso (Rely X ARC - vermelho); penetração nos túbulos dentinários é claramente identificada (Setas.....54

Fig. 7: Imagem em MCVL do Grupo RelyX U200 + PA no terço cervical. **A**: 20x; **B**: 63x. Evidencia-se a formação de tags de cimento resinoso e penetração nos túbulos dentinários (Setas54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS: ARTIGOS 1 E 2.

Min	Minuto (s)
μm	Micrometro
mm	Milímetro(s)
mW/cm^2	Miliwatts por centímetro quadrado
BisGMA,	Bisfenol glicidil metacrilato
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
HEMA	Hidroxietil metacrilato
Bis-EMA	Bisfenol-A dimetacrilato etoxilado
UDMA	Uretano dimetacrilato
N	Newton
MPa	Mega Pascal
kgf	Quilograma-força
cm	Centímetro(s)
m^2	Metro quadrado
>	Maior
<	Menor
P	Probabilidade
LED	(Light emitting diode) diodo emissor de luz.
MCVL	Microscopia Confocal de Varredura a Laser
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
et al.	E outros (abreviatura de <i>et alli</i>)
ANOVA	Análise de variância
RITC	Isotiocianato de rodamina (composto químico)
FNA	Fluoresceína sódica
PA	Pino Anatômico
PC	Pino de fibra de vidro n.3

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	10
INTRODUÇÃO GERAL	13
ARTIGO 1 Efeito da profundidade de cimentação e do cimento resinoso na resistência de união entre pino anatômico direto e dentina radicular.	
Resumo	16
Introdução	18
Materiais e Métodos	20
Resultados.....	28
Discussão	29
Conclusão	32
Referências Bibliográficas	36
ARTIGO 2: Avaliação da espessura de cimento resinoso após cimentação de pinos de fibra de vidro anatômicos diretos e convencionais.	
Resumo	40
Introdução.....	42
Materiais e Métodos	44
Resultados.	49
Discussão	55
Conclusão.....	60
Referências Bibliográficas	61
DISCUSSÃO GERAL	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO A- Aprovação do protocolo de pesquisa CEP (PUC RS)	73
ANEXO B- Termo de consentimento livre e esclarecido.	74
ANEXO C- Aprovação do projeto de pesquisa CEP (Plataforma Brasil).....	75

Resumo Geral

Os objetivos do estudo foram avaliar a influência da profundidade de cimentação, do cimento resinoso e da ciclagem mecânica na resistência à tração por *pull out* de pinos anatômicos diretos em raízes bovinas fragilizadas, assim como avaliar a espessura de cimentos resinosos nos terços radiculares de pinos anatômicos diretos e pinos de fibra de vidro em raízes unirradiculares humanas. Para o ensaio de *pull out*, 80 remanescentes radiculares bovinos foram tratados endodonticamente e alargados com pontas diamantadas, sendo divididos em dois grupos: G1 - pinos anatômicos diretos cimentados com RelyX ARC; G2 - pinos anatômicos diretos cimentados com RelyX U200. Ambos os grupos foram divididos em dois subgrupos, sendo cada subgrupo (n=10) cimentado com profundidade de 5 mm e 10 mm. Metade dos corpos de prova de cada profundidade recebeu ciclagem mecânica. Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de *pull out* em máquina de ensaio universal. Os resultados foram analisados pela ANOVA de três fatores ($\alpha=0,05$). Para o estudo da espessura do cimento resinoso, 40 raízes unirradiculares humanas da região ântero-superior foram tratadas endodonticamente e fragilizadas com broca Largo e pontas diamantadas na profundidade de 10 mm. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=10): Grupo 1 - pino de fibra de vidro + RelyX ARC; Grupo 2 - pino de fibra de vidro + RelyX U200; Grupo 3 - pino anatômico + RelyX ARC; Grupo 4 - pino anatômico + RelyX U200. Os corantes Fluoresceína 0,1% e Isotiocianato de Rodamina B 0,1% foram adicionados ao sistema adesivo e ao cimento resinoso, respectivamente. Após cimentação, as raízes foram seccionadas em fatias e observadas em microscopia confocal de varredura à laser. Os dados foram analisados pela ANOVA, seguido do teste Tukey ($\alpha=0,05$). Para o ensaio de *pull out*, os fatores cimento resinoso ($p=0,0001$) e ciclagem mecânica ($p=0,0001$) foram significativos. A resistência de união do RelyX U200 (6,47 MPa) foi estatisticamente superior ao RelyX ARC (5,51 MPa). O fator profundidade de cimentação não foi significativo ($p=0,328$). No entanto, a interação entre ciclagem mecânica e profundidade foi significativa ($p=0,0001$). Para a profundidade de 5 mm, a média de resistência de união sem ciclagem mecânica (6,98 MPa) foi estatisticamente superior a com ciclagem mecânica (4,78 MPa). Para a profundidade de 10 mm, não houve diferença estatística entre as amostras sem e com ciclagem mecânica. Para a análise da espessura de cimento resinoso, o pino, o cimento e os terços radiculares influenciaram na espessura do cimento ($p<0,001$). A espessura de cimento foi significativamente menor nos pinos anatômicos do que nos pinos de fibra de vidro, exceto no terço apical do canal. Não houve diferença estatística significativa entre os cimentos para pinos anatômicos; para os grupos com pinos de fibra de vidro, apenas o terço cervical apresentou diferença estatística significativa entre os cimentos. Concluiu-se que os pinos anatômicos diretos cimentados em profundidade de 10 mm obtiveram os melhores resultados quando utilizado o

RelyX U200, independente da ciclagem mecânica, e que, em raízes fragilizadas, a confecção de pinos anatômicos diretos permite uma melhor adaptação dos pinos às paredes do canal, favorecendo a formação de uma película de cimento fina e uniforme.

Palavras-chave: Pino de fibra de vidro; Resistência de união; Microscopia Confocal.

Abstract

The objectives of the study were to evaluate the influence of the depth of cement, the cement type and mechanical cycling through the pullout bond strength of direct anatomical post in fragile bovine roots and assess the thickness of resin cements in different root thirds of direct anatomical post and fiber post in human single-rooted. Eighty bovine roots were obtained for the bond strength by pullout. The canals were endodontically treated and extended with diamond burs. The roots were divided in two groups: G1 - direct anatomical posts cemented with RelyX ARC; G2 - direct anatomical posts cemented with RelyX U200. Both groups were divided in two subgroups, each subgroup (n = 10) cemented with a depth of 5 mm or 10 mm. Half of the specimens of each depth was submitted to mechanical cycling. The specimens were submitted to pullout test in a universal testing machine. The results were analyzed by ANOVA three factors ($\alpha=0.05$). To study the thickness of the resin cement, 40 single-rooted human upper anterior teeth were obtained. The teeth were endodontically treated and weakened with drill Largo and diamond burs in a depth of 10 mm. The teeth were randomly divided in four groups (n = 10): Group 1 - fiber post + RelyX ARC; Group 2 - fiber post + RelyX U200 +; Group 3 - anatomical post + RelyX ARC; Group 4 - anatomical post + RelyX U200. The dyes 0.1% Fluorescein and 0.1% Rhodamine B isothiocyanate were added to adhesive system and resin cement, respectively. After cementation, the roots were sectioned in slices and observed by confocal laser scanning microscopy. Datas were analyzed by ANOVA followed by Tukey test ($\alpha=0.05$). For the pullout test, the resin cement factor ($p = 0.0001$) and mechanical loading factor ($p = 0.0001$) were significant. The bond strength of RelyX U200 (6.47 MPa) was statistically superior to RelyX ARC (5.51 MPa). The depth of cementation factor was not significant ($p=0.328$). However, the interaction between depth and mechanical cycling was significant ($p=0.0001$). For a depth of 5 mm of cementation, the average bond strength of samples without mechanical cycling (6.98 MPa) was statistically higher to samples with mechanical cycling (4.78 MPa). For the depth of cementation of 10 mm, there was no statistical difference between the samples with and without mechanical cycling. For analysis of the resin cement thickness, post, cement and root thirds influenced the thickness of the resin cement ($p < 0.001$). The thickness of resin cement was

significantly lower in anatomical post groups than in fiber post groups, except in the apical third of the canal. There was no significant statistical difference between the cements for the direct anatomical post; for the fiber posts, only the cervical third showed a statistically significant difference between the cements. It was concluded that the direct anatomical posts cemented in the 10 mm depth obtained the best results with RelyX U200, regardless of mechanical cycling. In addition, in weakened roots, the preparation of direct anatomical post allows the better adaptation of post to the channel walls, favoring the formation of a thin and uniform cement film.

Keywords: Fiber glass post; Bond strength; Confocal microscopy.

A restauração de dentes tratados endodonticamente com grande destruição coronária, assim como os materiais empregados, ainda têm sido assunto de grande interesse pelos profissionais e pesquisadores na Odontologia, já que estes dentes apresentam-se, geralmente, enfraquecidos devido à perda de estrutura dentária e redução de resistência mecânica da dentina (Bouillaguet et al., 2003). Nestas situações, verifica-se que os pinos de fibra vêm firmando sua posição como retentores intra-radiculares ideais, pois, além de estéticos, possuem módulo de elasticidade próximo da estrutura dental (Nauman et al., 2012). No entanto, ainda existem situações em que os pinos de fibra pré-fabricados não têm indicação precisa por não conformarem a anatomia do preparo radicular, como acontece em canais ovoides, ou em canais anteriormente preparados para receber pinos metálicos fundidos. Para a reconstrução de dentes tratados endodonticamente com amplas perdas coronárias, verifica-se uma tendência clínica atual pela confecção de pinos anatômicos (Grandini et al., 2005; Clavijo et al., 2009). Grandini et al., em 2003, relataram a técnica de confecção do pino anatômico, enfatizando que esta técnica consiste em um procedimento simples, seguro e que permite sua confecção em sessão única.

Os pinos anatômicos são indicados principalmente para canais excessivamente ampliados iatrogenicamente, cônicos ou elípticos. Estes pinos favorecem a justaposição do pino em relação às paredes do canal radicular, o que aumenta a retenção mecânica e reduz o volume de cimento resinoso e, conseqüentemente, o estresse na interface adesiva durante a contração de polimerização (Tanoue et al., 2007).

Acridita-se que o sistema de restauração em monobloco, isto é, complexo único biomecânico, obtido por meio da adesão entre estruturas heterogêneas (remanescente dentário, agente cimentante, pino e material de preenchimento) e pelo emprego de materiais com propriedades físicas semelhantes à da dentina, poderia alcançar um possível reforço da estrutura dentária remanescente (Tay et al., 2007). Segundo Stewrdson, em 2001, a utilização de pinos com materiais menos rígidos que a dentina geraria menor transferência de estresse para as estruturas radiculares, evitando fraturas dentárias e favorecendo a cimentação do pino.

A adesão entre pinos de fibra pré-fabricados, agentes adesivos, cimento resinoso e resina composta foi estudada por Ferrari et al., em 2000. Os pesquisadores observaram que, após seis anos de avaliação clínica e radiográfica, houve apenas 3,2% de falhas com o uso de pinos pré-fabricados de fibra de quartzo e carbono cimentados por técnica adesiva. Esta possível união química com forte integração adesiva destes componentes ao dente reforça a indicação de confecção de pinos anatômicos para raízes fragilizadas.

Um amplo número de estudos vem sendo realizado na tentativa de se descobrir mais sobre o comportamento biomecânico e morfológico dos pinos anatômicos de fibra e a dentina de raízes fragilizadas (Grandini et al., 2005; Faria e Silva et al., 2009; Macedo et al., 2010; Clavijo et al., 2011; Schetini et al., 2014). Pelo fato da técnica de reembasamento de pinos com resina composta ser um assunto relativamente recente, muita controvérsia e empirismo permanecem. Além disso, novos conceitos estão sendo rapidamente introduzidos, e requerem uma análise mais profunda antes da aceitação generalizada.

Nesse sentido, foi elaborado o projeto intitulado “Pinos anatômicos cimentados com agentes resinosos em diferentes comprimentos radiculares: estudo da interface e da resistência de união” que faz parte de um projeto guarda-chuva, dando origem a dois artigos científicos que serão descritos a seguir.

ARTIGO 1: Efeito da profundidade de cimentação e do cimento resinoso na resistência de união entre pino anatômico direto e dentina radicular.

&

ARTIGO 2: Avaliação da espessura de cimento resinoso após cimentação de pinos de fibra de vidro anatômicos diretos e convencionais.

ARTIGO 1

Efeito da profundidade de cimentação e do cimento resinoso na resistência de união entre pino anatômico direto e dentina radicular

Effect of depth of cementation and type of resin cement on bond strength between fiber post relining with resin composite and root dentin

Resumo:

Objetivo: O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do tipo de cimento, profundidade de cimentação e ciclagem mecânica sobre a resistência de união de pinos anatômicos diretos cimentados em raízes fragilizadas. **Materiais e Métodos:** Oitenta incisivos bovinos tiveram a porção coronária removida e os canais tratados endodonticamente, sendo os canais alargados com pontas diamantadas 4138 e 4137. As raízes foram divididas inicialmente em dois grupos: G1- pinos anatômicos diretos cimentados com RelyX ARC e G2- pinos anatômicos diretos cimentados com RelyX U200. Ambos os grupos foram divididos em dois subgrupos, cada subgrupo (n=10) foi cimentado com profundidade de 5 mm ou 10 mm. Metade dos corpos de prova de cada profundidade foi submetida à ciclagem mecânica. Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à tração, por meio do ensaio de *pull out*, em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados em kgf foram convertidos em MPa e analisados pela ANOVA de três fatores com nível de significância de 5%. **Resultados:** Os resultados mostraram que o fator cimento resinoso ($p=0,0001$) e o fator ciclagem mecânica ($p=0,0001$) foram significativos. A média de resistência de união do cimento resinoso RelyX U200 (6,47 MPa) foi estatisticamente superior ao cimento resinoso RelyX ARC (5,51 MPa). O fator profundidade de cimentação não foi significativo ($p=0,328$). No entanto, a interação entre ciclagem mecânica e profundidade foi significativa ($p=0,0001$). Para a profundidade de cimentação de 5 mm, a média de resistência de união das amostras sem ciclagem mecânica (6,98 MPa) foi estatisticamente superior às amostras com ciclagem

mecânica (4,78 MPa). Para a profundidade de cimentação de 10 mm, não houve diferença estatística entre as amostras sem ciclagem mecânica e com ciclagem mecânica. **Conclusões:** Conclui-se que os pinos anatômicos diretos cimentados em profundidade de 10 mm obtiveram os melhores resultados quando utilizado o cimento resinoso RelyX U200, independente da ciclagem mecânica.

Palavras-chave: Resistência à tração; Pino de fibra de vidro, Dentina radicular.

Abstract

Purpose: The aim of this study was to evaluate the effect of resin cement, depth of cementation and mechanical cycling through the pullout bond strength of post relining with resin composite cemented in weakened roots. **Materials and Methods:** Eighty bovine incisors had their coronal portion removed. They were treated endodontically and their canals were extended with diamond burs #4138 and #4137. The roots were initially divided in two groups: G1- post relining with resin composite cemented with RelyX ARC and G2 - post relining with resin composite cemented with RelyX U200. Both groups were divided in two subgroups, each subgroup (n = 10) was cemented with a depth of 5 mm or 10 mm. Half of the specimens of each depth was submitted to mechanical cycling. The specimens were submitted to tensile strength test, pullout test, at a crosshead speed of 0.5 mm/min using a universal testing machine. The results recorded in kgf were converted to MPa and analyzed by ANOVA three factors at significant level of 5%. **Results:** The results showed that the resin cement factor ($p = 0.0001$) and mechanical loading factor ($p = 0.0001$) were significant. The average bond strength of resin cement RelyX U200 (6.47 MPa) was statistically superior to resin cement RelyX ARC (5.51 MPa). The depth of cementation factor was not significant ($p=0.328$). However, the interaction between depth and mechanical cycling was significant ($p= 0.0001$). For a depth of 5 mm of cementation, the average bond strength of samples without mechanical cycling (6.98 MPa) was statistically higher to samples with mechanical cycling (4.78 MPa). For the depth of cementation of 10 mm, there was no statistical difference between the samples with and without mechanical

cycling. **Conclusion:** Fiber post relining with resin composite cemented in 10 mm depth obtained the best results when using the resin cement RelyX U200, regardless of mechanical cycling.

Keywords: Bond strength; Fiber glass post; Radicular dentine.

Introdução

Dentes tratados endodonticamente e com grandes destruições coronárias representam um desafio ao Cirurgião-Dentista na escolha do procedimento reabilitador mais adequado e que seja capaz de prevenir fraturas e/ou deslocamentos das restaurações. Por mais que a literatura científica já tenha demonstrado que a utilização de pinos em restaurações de dentes com tratamento endodôntico não tem capacidade de aumentar a resistência do remanescente dental, e que sua única função é exclusivamente a retenção das restaurações,^{1,2,3} novos materiais e técnicas continuam sendo propostos e pesquisados.

Os pinos de fibra de vidro e de carbono apresentam módulo de elasticidade próximo ao do remanescente dentário e distribuem mais equitativamente o estresse à estrutura dental,⁴ de forma a proteger a raiz de fraturas dentárias. Esses pinos são alternativos aos sistemas de núcleos convencionais (metálicos fundidos), que possuem como desvantagem um efeito de cunha que pode levar à fratura radicular.⁵

Os pinos pré-fabricados nem sempre se adaptam perfeitamente aos canais e, com a retenção friccional comprometida, a retenção fica a expensas do cimento. Assim sendo, uma das técnicas propostas para o tratamento de canais amplos é a utilização de pinos anatômicos⁶ através do reembasamento

do pino de fibra de vidro com resina composta. A individualização do pino permite uma boa adaptação no conduto radicular, possibilitando a formação de uma camada fina e uniforme de cimento resinoso, além de proporcionar condição friccional favorável de retenção.⁷

Dentre os diferentes fatores que determinam o grau de retenção de pinos, a seleção do agente de cimentação tem sido amplamente pesquisada, e os cimentos resinosos têm demonstrado resultados positivos com relação às suas propriedades mecânicas e adesivas.⁸ A adesão proporcionada pelos cimentos resinosos à estrutura dentária e aos diferentes materiais restauradores, seja por meio dos sistemas adesivos ou da interação mecânica e química entre o agente de cimentação e o substrato dental, determinam uma maior retenção de restaurações e pinos e uma melhor distribuição de cargas, fazendo com que o remanescente dental seja menos suscetível a fraturas.⁸ Dentre os diversos materiais disponíveis no mercado para a cimentação de pinos de fibra de vidro, os cimentos resinosos autoadesivos RelyX U100 e RelyX U200 vem mostrando sua efetividade por meio de melhores valores de resistência adesiva à dentina radicular, comparado com outros materiais.^{9,10,11} O que favorece o comportamento destes cimentos é a simplicidade da técnica, uma vez que os procedimentos de condicionamento, lavagem, secagem e aplicação do sistema adesivo são eliminados, diminuindo assim a sensibilidade técnica.¹²

Outro fator que pode influenciar na retenção dos pinos de fibra é a profundidade em que estes são cimentados. A adesão às paredes do canal radicular é comprometida nas porções mais apicais, devido à dificuldade de controle de umidade e de fotoativação do adesivo/cimento resinoso.^{2,13,14}

Estudos sugerem, como solução para esse problema, cimentar pinos mais curtos, pois eliminaria a problemática da região apical referente à profundidade de polimerização.^{15,16} Como consequência, aumentaria a resistência do sistema pino/cimento, visto que o aumento da profundidade de cimentação não aumenta a resistência à fratura.¹⁷ Ainda, a configuração geométrica do canal é outro fator desfavorável para a união, tornando-se um complicador para cimentação dos pinos de fibra de vidro.¹³

Assim, estudos parecem ser promissores para pinos anatômicos cimentados com cimentos resinosos em profundidades de até 5 mm. Contudo, pouco se sabe sobre o desempenho desse conjunto (pinos anatômicos + cimento + profundidade de cimentação) após ciclagem mecânica, justificando estudos que avaliem essas questões.

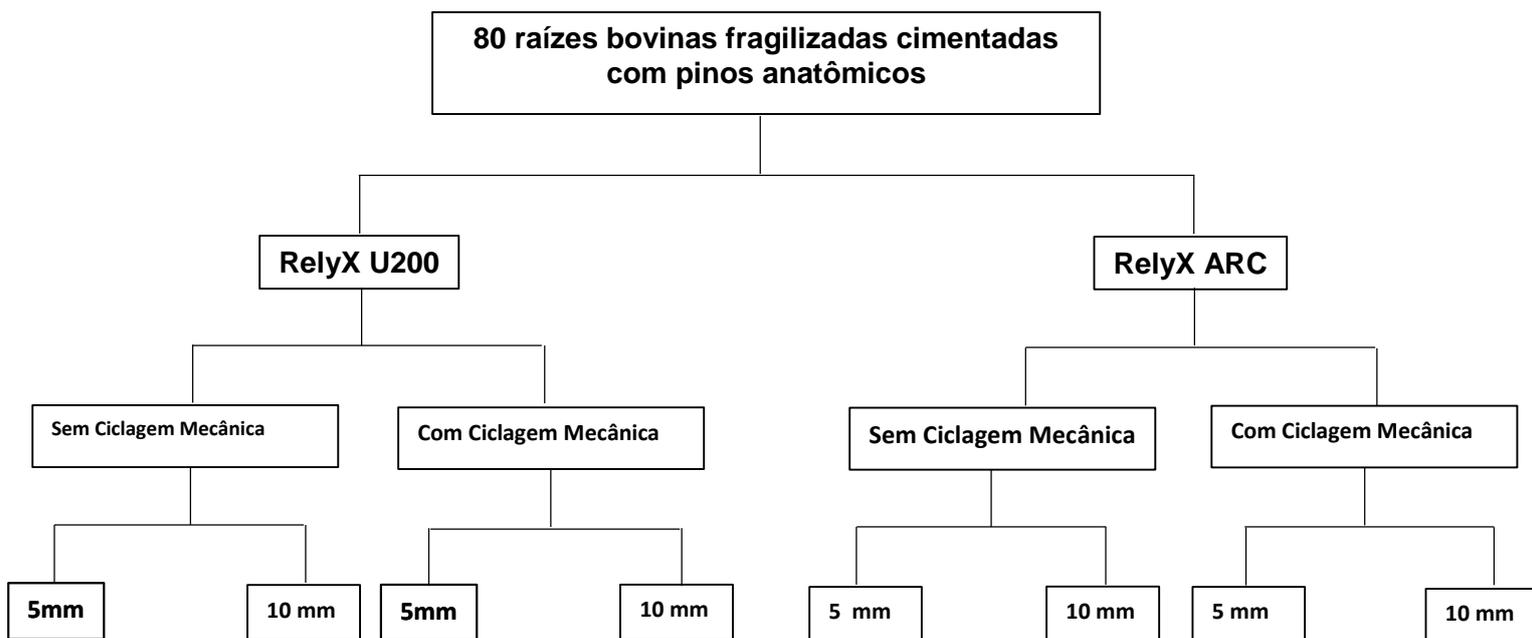
Portanto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar a resistência de união entre pino anatômico e dentina radicular por meio do ensaio do *pull out* empregando duas diferentes profundidades de cimentação e dois diferentes cimentos resinosos, sem e com ciclagem mecânica. Este estudo foi conduzido sob as seguintes hipóteses nulas: a) o cimento resinoso, b) a profundidade de cimentação, c) a ciclagem mecânica não influenciam na resistência de união entre o pino anatômico e a dentina radicular.

Materiais e Métodos

O experimento foi delineado em três fatores: a) avaliação de dois cimentos resinosos, RelyX U200 (Cimento resinoso autoadesivo) e RelyX ARC (Cimento resinoso convencional), b) duas diferentes profundidades de cimentação (5 mm e 10 mm) e c) submetidos à ciclagem mecânica e não submetidos à ciclagem

mecânica. Os pinos anatômicos de fibra de vidro e resina composta foram fixados em raízes de incisivos bovinos. A resistência de união foi verificada em 80 corpos de prova distribuídos aleatoriamente entre os tratamentos propostos, sendo 10 unidades para cada grupo (n=10). O número de dentes por grupo está baseado nos estudos de Bonfante et al.¹⁸ e Macedo et al.¹⁹

O estudo foi delineado da seguinte maneira:



2.1 Preparo dos dentes

Oitenta incisivos bovinos com comprimento e raiz semelhantes foram selecionados para este estudo. As coroas foram removidas 16 mm do ápice radicular em direção ao terço cervical. Os dentes foram seccionados com máquina de corte Labcut 1010 (Extec, Londres, Inglaterra), de forma perpendicular ao longo eixo do dente e em plano reto, para padronizar os comprimentos das raízes. Para o tratamento endodôntico foi realizada instrumentação mecânica pela técnica escalonada por meio de limas endodônticas tipo Kerr (Maillefer - Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). O

comprimento de trabalho foi localizado 1 mm aquém do forame apical, com batente apical estabelecido no diâmetro 55 e escalonamento programado em 1 mm para os instrumentos nº 60, 70, 80 e brocas Gates-Glidden 4 e 5. A irrigação dos canais radiculares foi realizada com hipoclorito de sódio 1%, durante o preparo químico-mecânico. Os canais foram obturados com gutapercha, pela técnica de condensação lateral, e cimento endodôntico Sealer 26 (Maillefer - Dentsply, Petrópolis, RJ, Brasil). Após o tratamento endodôntico, as raízes foram mantidas em estufa a 37° C com umidade relativa de 100%, até a execução do passo seguinte. Depois de tratados endodonticamente, os canais radiculares foram preparados para receberem os pinos anatômicos. O excesso de obturação foi removido com condensador vertical aquecido, até atingir o comprimento estabelecido por cada grupo (5 mm e 10 mm). Para padronização dos preparos foi utilizado uma sequência de instrumentos: Gates-Glidden número 5, broca Largo número 5, ponta diamantada de número 4138 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), seguida de outra ponta diamantada número 4137 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) na profundidade pré-determinada pelos grupos, limitadas por *stops* de borracha.

Previamente à inclusão das raízes em resina acrílica, o terço apical das raízes recebeu uma porção de aproximadamente 3 mm de espessura de resina composta Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), para conferir uma maior retenção da raiz ao bloco de resina acrílica¹⁹ no ensaio de resistência de união *pull out*. O terço apical externo foi condicionado com ácido fosfórico 35% (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) por 15 s, seguido da aplicação do sistema adesivo Adper Single Bond (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) e fotoativado por 20 s (10 s na superfície lingual e 10 s a superfície vestibular) com o fotoativador LED

(Rádii Cal , SDI, Austrália). A resina composta foi aplicada e fotoativada por 40 s. As raízes foram incluídas em matriz bi-partida metálica com resina acrílica quimicamente ativada JET (Clássico, São Paulo, SP, Brasil), posicionadas com auxílio de um delineador protético (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, Ltda., São Carlos, SP, Brasil), assegurando que o canal radicular ficasse perpendicular à base da resina.

2.2 Pinos Anatômicos diretos e procedimentos adesivos

Os pinos de fibra de vidro n. 3 (Reforpost; Angelus, Londrina, Brasil) foram condicionados com ácido fosfórico 37% e silanizados (Silano - Ângelus, Londrina, PR, Brasil), em seguida foi aplicado uma camada de adesivo Adper Scotchbond Multi-Purpose (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA), seguido de fotoativação por 20 s (10 s na superfície “lingual” e 10 s na superfície “vestibular”). Os pinos foram então envolvidos com resina composta Z350 XT (17 mm para os pinos com comprimento radicular de 10 mm, e 12 mm para os pinos anatômicos com comprimento radicular de 5 mm, pois 7 mm do comprimento correspondem a porção coronária). Em seguida, os pinos foram levados ao interior do canal radicular, previamente lubrificado com gel lubrificante hidrossolúvel, fotoativado por 20 s, removido do canal e fotoativado por mais 20 s. Em cada pino anatômico, na lingual da porção coronária, foi realizado um apoio com a ponta diamantada 3168 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil) com o objetivo de adaptar o corpo de prova na máquina de ciclagem mecânica. Todas as raízes fragilizadas receberam pinos anatômicos. Uma marcação na região vestibular de cada pino foi realizada para servir de guia no momento da cimentação. Os cimentos utilizados e os detalhes dos procedimentos de cimentação são descritos no Quadro 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1. Descrição de materiais, classificação, fabricante e composição.

Material	Classificação	Fabricante	Composição
Sistema de pino pré fabricado Reforpost n#3,	Retentor intraradicular pré fabricado	Ângelus, Londrina, PR, Brasil	85% de Fibra de vidro. 15% resina epóxi.
RelyX™ U 200 (Cor A2)	Cimento resinoso autoadesivo	3M - ESPE, St. Paul, MN, EUA	<p>Pasta base: pó de vidro tratado com silano, ácido2-propenóico, 2-metil 1,1-(1-(hidroximetil)-1,2- etanol éster, dimetacrilato de trietileno glicol (TEG-DMA), sílica tratada com silano, fibra de vidro, persulfato de sódio e per-3,5, 5-trimetil-hexanoato t-butila.</p> <p>Pasta catalisadora: pó de vidro tratado com silano, dimetacrilato substitute, sílica tratada com silano. P-toluenosulfonatode sódio, 1-benzil 5-fenil-ácido bárico, sais de cálcio, 1,12-dodecano dimetacrilato, hidróxido de cálcio e dióxido de titânio.</p>
RelyX™ ARC (Cor A2)	Cimento resinoso convencional	3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA	<p>Pasta A: 68% em peso de partículas de zircônia/ sílica, pigmentos, sistema fotoiniciador e amina</p> <p>Pasta B: 67% em peso de partículas de zircônia/ sílica e peróxido de benzoíla.</p>

Dados de acordo com as informações dos fabricantes

Quadro 2. Protocolo de cimentação

Cimento	Classificação	Protocolo de aplicação
Rely X™ U200 Automix	Cimento resinoso autoadesivo	<p>Preparo do Pino: Limpeza da superfície dos pinos anatômicos com álcool e silanização.</p> <p>Preparo do dente: Limpeza com água e remoção dos excessos com cones de papel absorvente</p> <p>Cimentação: A ponteira automix do RelyX U200 foi introduzida no interior do canal e o cimento foi dispensado. O pino foi posicionado e estabilizado manualmente de forma a ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Realizou-se breve fotoativação por 2 s com fotoativador LED (Radii Cal , SDI, Austrália), removeram-se os excessos de cimento e nova fotoativação por 20 s.</p>
RelyX™ ARC	Cimento resinoso convencional	<p>Preparo do Pino: Limpeza da superfície dos pinos anatômicos com álcool, silanização, seguida da aplicação de fina camada de adesivo do Scotchbond Multiuso Plus.</p> <p>Preparo do dente: Condicionamento do canal radicular com ácido fosfórico 37% por 15 s, lavagem com água e remoção do excesso com cones de papel absorvente. Aplicação do Ativador do Scotchbond Multiuso Plus (3M-ESPE) com aplicadores descartáveis, seguido de uma suave secagem com jato de ar por 5 s para eliminação do solvente deste. Em seguida, foi utilizado o primer, volatilizando o solvente por 5 s com leve jato de ar, seguido da aplicação do Catalisador.</p> <p>Cimentação: as pastas base e catalizadora do cimento foram dispensadas em iguais proporções e manipuladas por 10 s. Após, foram inseridas no interior do canal com seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro Brasil) e o pino foi posicionado e estabilizado manualmente, de forma a ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Os excessos de cimento foram removidos e a fotoativação foi realizada por 40 s, 20 s vestibular e 20s lingual da raiz.</p>

Os mesmos procedimentos de cimentação foram realizados para as duas profundidades de cimentação e os corpos de prova foram mantidos em estufa a 37° C com umidade relativa de 100 % por 24 horas. Metade dos corpos de provas foi submetida à ciclagem mecânica e posterior ensaio de *pull out* e, a outra metade, seguiu apenas o protocolo para ensaio de *pull out*.

2.3 Ciclagem mecânica

Para a ciclagem mecânica,²⁰ os corpos de prova foram colocados individualmente em recipiente com água destilada e submetidos à carga de 50N, no sentido axial, na face palatina e em ângulo de 45° (Figura 1). Os ciclos foram repetidos a uma frequência de 1 ciclo por segundo, totalizando 1.000.000

ciclos em simulador de Fadiga Mecânica modelo ER 11000 (Erios, São Paulo, SP, Brasil).

2.4 Ensaio pull out

Para o ensaio de *pull out* foi confeccionado, para todos os corpos de prova, um cilindro de resina de poliestireno. Para confecção deste cilindro foram utilizadas seringas descartáveis de 5 ml, seccionadas com 2,5 cm de comprimento, que recebeu uma base de cera 7 na porção inferior, com o objetivo de não vazar a resina de poliestireno e ao mesmo tempo fixar o cilindro a porção coronária do pino de fibra de vidro. A alça confeccionada com fio de aço 0,9 mm foi fixada com cera 7 na porção superior do cilindro após a inserção da resina de poliestireno, auxiliando a estabilização desta alça na posição correta. A resina de poliestireno (Fiberglass, Comercial Fiberglass Ltda, RS, Brasil) foi manipulada na proporção de 80 gotas do catalisador para 100 g de resina e, com o auxílio de seringa descartável de 10 ml, foi inserida nos cilindros plásticos.

O ensaio de *pull out* foi realizado em Máquina de Ensaio Universal (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil) para a aplicação do carregamento axial de tração na velocidade de 0,5 mm/min. Para isso, o cilindro de resina de poliestireno Fiberglass, onde foi fixado o pino, foi preso à base da máquina pela alça metálica que foi conectada a célula de carga de 500 N (Figura 1). Os resultados foram obtidos em quilograma-força (kgf) e convertidos para MPa por meio do cálculo que segue:

$$\text{MPa} = \frac{N}{\text{mm}^2}$$

- Cálculo da área de superfície interna do segmento radicular:

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

- A: área;
- R: raio maior;
- r: raio menor;
- h: altura.

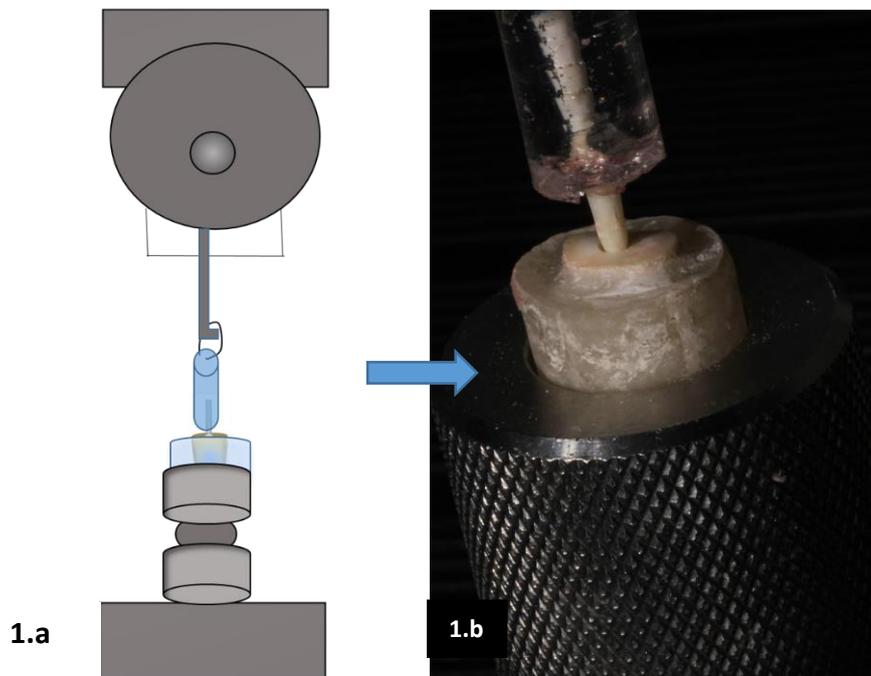


Figura 1.a: Corpo de prova posicionado para o ensaio de tração (*pull out*). 1.b: pino sendo tracionado durante ensaio.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância Fatorial (ANOVA) com três fatores (cimento resinoso, profundidade de cimentação, ciclagem mecânica) ao nível de significância de 5%.

Resultados

De acordo com ANOVA fatorial, o fator cimento resinoso ($p=0,0001$) e o fator ciclagem mecânica ($p=0,0001$) foram significativos, já o fator profundidade de cimentação não foi significativo ($p=0,328$). A interação entre ciclagem mecânica e profundidade de cimentação foi significativa ($p=0,0001$), no entanto, a interação entre cimento resinoso e ciclagem mecânica ($p=0,123$), cimento resinoso e profundidade de cimentação ($p=0,301$), e a interação entre os três fatores ($p=0,225$) não foram significativos.

A média de resistência de união do cimento resinoso RelyX U200 (6,47 MPa) foi estatisticamente superior ao cimento resinoso RelyX ARC (5,51 MPa) (Tabela.1).

Tabela.1 – Médias de resistência de união à tração (MPa) entre os cimentos resinosos.

Grupo	N	Média (MPa)	Desvio-padrão
RelyX U200	40	6,47 ^a	1,34
RelyX ARC	40	5,51 ^b	1,18

Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste F da ANOVA ao nível de significância de 5%.

Para a profundidade de cimentação de 5 mm, a média de resistência de união das amostras sem ciclagem mecânica (6,98 MPa) foi estatisticamente superior às amostras com ciclagem mecânica (4,78 MPa) ($p<0,05$). Para a profundidade de cimentação de 10 mm, não houve diferença estatística entre as amostras sem ciclagem mecânica (6,17 MPa) e com ciclagem mecânica (6,03 MPa) ($p>0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias de resistência de união à tração (MPa) para as diferentes profundidades de cimentação sem e com ciclagem mecânica.

Profundidade de cimentação	Ciclagem mecânica	n	Média (MPa)	Desvio-padrão
5 mm	Sem	20	6,98 ^a	1,18
	Com	20	4,78 ^b	1,32
10 mm	Sem	20	6,17 ^a	0,88
	Com	20	6,03 ^a	0,99

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F da ANOVA ao nível significância de 5%.

Discussão

Estudos clínicos têm mostrado que o deslocamento do conjunto pino/restauração é a principal falha de dentes restaurados com pinos reforçados por fibra.^{21,22,23,24} Na tentativa de melhorar a adaptação dos pinos pré-fabricados de fibra de vidro em raízes enfraquecidas, foi proposta a confecção dos pinos anatômicos diretos.⁶ A individualização do pino de fibra de vidro com resina composta através da confecção de pinos anatômicos permite uma melhor adaptação ao conduto radicular, possibilitando a formação de uma camada fina e uniforme de cimento resinoso, além de proporcionar condição friccional favorável de retenção.¹⁹ Assim, é importante verificar o comportamento dos pinos anatômicos através de testes laboratoriais que simulem condições clínicas com diferentes estratégias de cimentação em diferentes profundidades.

Para a avaliação da união entre pino de fibra e dentina radicular são utilizados ensaios de resistência de união, dentre eles o de microtração,²⁵ o de *push-out*²⁶ e o de *pull out*.²⁷ O ensaio de microtração permite a obtenção de

vários corpos de prova de um único dente, no entanto, é uma técnica sensível e apresenta alto número de falhas prematuras. Já o ensaio de *push-out*, ou extrusão, apresenta valores de resistência adesiva superiores aos outros testes, situação possivelmente causada pela fricção durante o deslocamento, criando tensão na interface da restauração.²⁵ Apesar do teste de resistência de união por *push-out* ser o teste mais utilizado para avaliar a resistência de união dos pinos de fibra, no presente estudo foi realizado teste de resistência de união por tração *pull out*, uma vez que a proposta foi de avaliar a influência das diferentes profundidades de cimentação (5 mm e 10 mm), sendo esta, portanto, a única metodologia plausível para avaliar esta variável. Além disso, os testes de tração reproduzem melhor as situações clínicas que envolvem este tipo de restauração, uma vez que as raízes que recebem os pinos de fibra de vidro ficam expostas a este tipo de força. Pesquisas relacionam o ensaio de *pull out* como o teste *in vitro* capaz de caracterizar precisamente a resistência de união entre o pino e a dentina radicular, pois distribui melhor as tensões na interface pino/dentina radicular, sendo assim, um teste confiável.^{28,29,30, 31} Este tipo de teste resulta em uma força de cisalhamento comparável a encontrada clinicamente. Porém, são poucas as pesquisas que relatam esta metodologia. Isto se deve ao aumento do custo proveniente do grande número de pinos utilizados.²⁸ Ainda, a opção pela utilização de dentes bovinos neste estudo é justificada em função da dificuldade de obtenção de dentes anteriores humanos extraídos e devido à sua comprovada semelhança morfológica e histológica com dentes humanos.³²

Ao comparar a resistência de união entre os cimentos resinosos, o RelyX U200 proporcionou valores estatisticamente superiores ao RelyX ARC,

sendo rejeitada a primeira hipótese nula. O RelyX U200 é um material autoadesivo, que dispensa o uso de sistema adesivo. Este cimento resinoso apresenta monômeros ácidos multifuncionais na sua composição, que formam uma união com a matriz do cimento durante sua polimerização, gerando boa resistência mecânica. Além disso, estes monômeros multifuncionais interagem com a superfície dentária, promovendo uma adesão química com a dentina radicular.³³ No início da reação, o cimento resinoso apresenta um pH muito baixo, gerando ao material hidrofiliidade e uma boa adaptação às paredes do conduto. Com o decorrer da reação de polimerização, os monômeros ácidos interagem com os componentes de carga do material e com a hidroxiapatita presente na dentina, neutralizando a reação e elevando o pH.³⁴ Essa reação de neutralização leva o material a adquirir propriedades hidrofóbicas e um caráter básico, com baixo coeficiente de expansão e de solubilidade, características fundamentais para um bom comportamento em longo prazo.¹² Além dos pinos anatômicos diminuírem a espessura de cimento nos canais radiculares, eles exercem pressão de assentamento sobre o cimento contra as paredes dentinárias.³⁵ Assim, em virtude do comportamento tixotrópico do RelyX U200, a aplicação de pressão diminui sua viscosidade, melhorando a sua adaptação às paredes da cavidade, reduzindo as bolhas de ar e otimizando as interações físicas como Forças de Vander Waals, pontes de hidrogênio e transferências de cargas.^{33, 36} No caso do RelyX ARC, a união com a dentina radicular ocorre por meio do sistema adesivo que é aplicado previamente ao cimento resinoso. No presente estudo, foi utilizado o sistema adesivo Scotchbond Multiuso Plus na sequência de condicionamento ácido, ativador, *primer* e catalisador, o que faz com que o adesivo tenha polimerização dual, permitindo a polimerização

química nas regiões não atingidas pela luz da fonte fotoativadora.³⁷ A diferença de resistência de união encontrada nesse estudo entre o RelyX U200 e RelyX ARC foi de 0,96 MPa; no entanto, apesar de haver diferença estatística, questiona-se se esta diferença seria clinicamente significativa

Alguns estudos afirmam que a interação entre a superfície dentária e os materiais cimentantes autoadesivos é superficial e muito irregular, havendo uma interação superficial com a *smear layer* e ausência de formação de uma camada híbrida.^{33,38} Porém, há indicações, por meio de espectroscopia de fotoelétrons de raio-X,³⁹ de uma interação química com o cálcio da hidroxiapatita, o que sugere que esta interação proporciona um meio de retenção micromecânica, mesmo não havendo infiltração significativa de mais de um micrômetro na superfície da dentina. Os cimentos resinosos autoadesivos parecem apresentar uma nova abordagem promissora para os procedimentos restauradores indiretos¹² e sua aceitação pelos profissionais vêm aumentando.⁴⁰ Os autores Ulker & Segun⁴¹ sugerem que esses cimentos são beneficiados pela adesão química ao dente, baixa solubilidade, mecanismo de autoneutralização durante a reação de presa, alta viscosidade e ausência da etapa de condicionamento com ácido fosfórico e tratamento adesivo.

A hipótese nula de que a profundidade de cimentação não influencia nos valores de resistência de união foi aceita, uma vez que o fator profundidade de cimentação não foi significativo. A profundidade de cimentação de pinos de fibra de vidro e pinos anatômicos foi analisada por Macedo et al.¹⁹ e verificaram que a cimentação na profundidade de 5 mm dos pinos anatômicos teve resultados satisfatórios, possibilitando preparos mais conservadores em raízes fragilizadas. A cimentação de pinos com 5 mm propicia que a intensidade de

luz, que alcança os cimentos nesta profundidade, seja maior e mais efetiva, resultando em maior grau de conversão dos cimentos resinosos e, conseqüentemente, melhores propriedades mecânicas. Além disso, em menor profundidade existe melhor controle da inserção do cimento no canal radicular, evitando a formação de bolhas ou regiões que tenham ausência de cimento, assim como melhor controle da umidade do substrato.^{19,42} Acredita-se que apenas a união conseguida no terço cervical do canal seja suficiente para proporcionar uma boa retenção.¹⁹ No entanto esses estudos não avaliaram a resistência de união após ciclagem mecânica

No presente estudo, foi significativa a interação entre profundidade de cimentação e ciclagem mecânica. Os pinos anatômicos com profundidade de 5 mm apresentaram uma resistência de união inferior após ciclagem mecânica. Assim, pode-se constatar que a fadiga mecânica contribuiu para acelerar a degradação da ligação entre cimento resinoso e dentina radicular na profundidade de 5 mm, de modo a reduzir a resistência adesiva. Porém, é importante notar que não ocorreu a perda de cimentação de nenhum pino após ciclagem, independente da profundidade de cimentação. Esse fato provavelmente ocorreu devido a justaposição do pino anatômico direto à dentina radicular, favorecendo a formação de uma película de cimento resinoso menos espessa e sem bolhas, associado à composição da fibra de vidro e resina composta que apresentam módulo de elasticidade muito próximo ao da dentina (18 a 20 MPa), fazendo com que as forças aplicadas sobre a estrutura dental se dissipassem ao longo das fibras.⁴³ Além disso, possuem resistência flexural adequada para suportar cargas mastigatórias.⁴³ Já para a profundidade de cimentação de 10 mm, não houve diferença estatística na resistência de

união entre as amostras sem e com ciclagem mecânica, sugerindo maior longevidade clínica aos tratamentos que utilizam pinos anatômicos diretos em raízes fragilizadas com profundidade de cimentação de 10 mm.

A terceira hipótese nula também foi rejeitada, pois a ciclagem mecânica interferiu na resistência de união de pinos anatômicos à dentina radicular. Regiões de interface material restaurador/estrutura dental podem sofrer degradação ao longo do tempo em função da hidrólise, mudança de temperatura e propagação de trincas quando o sistema restaurador é solicitado mecanicamente,²⁰ sendo que o ambiente hostil simulado na ciclagem mecânica pode levar à falência catastrófica do sistema ao longo do tempo.⁴⁴ Nesse sentido, o teste de fadiga mecânica em ambiente úmido compreende uma das opções que permite a simulação relativa das condições clínicas, prevendo o comportamento clínico do material/ou da técnica restauradora.⁴⁴ Para avaliações odontológicas, o número mínimo de 10^6 ciclos (simulando aproximadamente um ano) deve ser aplicado às estruturas, quando se deseja aproximar o desempenho de um material a um serviço clínico relevante,²⁰ justificando o protocolo para ciclagem mecânica utilizada.

Devido às limitações dos estudos *in vitro*, reforça-se a necessidade de estudos clínicos controlados randomizados a fim de gerar melhores evidências sobre estes protocolos de cimentação de pinos de fibra de vidro anatômicos, possibilitando garantir o sucesso no tratamento reabilitador de raízes fragilizadas.

Conclusões

Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, pode-se concluir que:

1. O cimento resinoso autoadesivo proporcionou maior resistência de união em comparação ao convencional para a cimentação de pinos anatômicos;
2. A profundidade de cimentação não influenciou nos valores de resistência de união;
3. A ciclagem mecânica influenciou na resistência de união apenas para a profundidade de 5 mm de cimentação;
4. Os pinos anatômicos diretos cimentados em profundidade de 10 mm obtiveram os melhores resultados quando utilizado o cimento resinoso autoadesivo, independente da ciclagem mecânica.

Referências

- 1 Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-resin forced epoxy-resin posts and cast post-an-care. *Am J Dent* 2000; 13: 15B-18B.
- 2 Vichi A, Grandini S, Davidson C.L, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive system used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mat* 2002; 18: 495-502.
- 3 Heidecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different posts and core systems: an in vitro study. *J Dent* 2001; 29: 427-433.
- 4 Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core system using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis. *J Endod* 2002; 28: 629-633.
- 5 Lassila LP, et al. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. *Dent Mater* 2004; 20: 29-36.
- 6 Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent* 2003; 5: 243-247.
- 7 Faria e Silva AL, Pedrosa-Filho CF, Menezes MS, et al. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J Appl Oral Sci* 2009;17: 600–604.
- 8 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; 19:199-205
- 9 Amaral M, Rippe MP, Bergoli CD, Monaco C, Valandro LF. Multi-step adhesive cementation versus one-step adhesive cementation: Push-out bond strength between fiber post and root dentin before and after mechanical cycling. *Gen Dent* 2011; 59:e185-191
- 10 Soares CJ, Pereira JC, Valdivia AD, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J* 2012; 45:136-145.
- 11 Nova V, Karygianni L, Altenburger MJ, Wolkewitz M, Kielbassa AM, Wrbas KT. Pull-out bond strength of a fibre-reinforced composite post

- system luted with self-adhesive resin cements. *J Dent* 2013;41:1020 – 1026.
- 12 Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent*. 2008;10:251-256.
 - 13 Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, et al. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005;31:584–589.
 - 14 Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000; 13:255-260.
 - 15 Faria e Silva AL, Arias VG, Soares LE, et al. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *J Endod* 2007;33:303–305.
 - 16 McLaren JD, McLaren CI, Yaman P, Bin-Shuwaish MS, Dennison JD, McDonald NJ. The effect of post type and length on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 2009; 101:174-182
 - 17 Santos-Filho PCF, Castro CG, Silva GR, Camps RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *Int Endodon J* 2008; 41: 493-501.
 - 18 Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, et al. Tensile bond strength of glass fiber posts luted with different cements. *Braz Oral Res* 2007; 21:159-164.
 - 19 Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins RM. Effect of Cement Type, Relining Procedure, and Length of Cementation on Pull-out Bond Strength of Fiber Posts. *J Endod*. 2010; 36:1543–1546.
 - 20 Wiskott HWA; Nicholls JL; Belser UC. Stress fatigue: Basic principles and prosthodontics implications. *Int J Prosthodont* 1995; 8:105-116.
 - 21 Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: A 2-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2003; 16:593–596.
 - 22 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; 113:519–524.

- 23 Ferrari M, Cagidiaco MC, Grandini S, De Sanctis M, Goracci C. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res* 2007; 86:729–734.
- 24 Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2007; 20:287–291.
- 25 Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005;30:627-635.
- 26 Perdigão J, Geraldeli S, Lee IK. Push-out bond strengths of tooth-colored posts bonded with different adhesive systems. *Am J Dent* 2004;17:422-426.
- 27 Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. *Oper Dent* 2003; 28:515-521.
- 28 De Santis R, Prisco D, Apicella A, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Carbon fiber post adhesion to resin luting cement in the restoration of endodontically treated teeth. *J Mater Sci Mater Med* 2000; 11:201-206.
- 29 Valandro LF, Filho OD, Valera MC, de Araujo MA. The effect of adhesive systems on the pullout strength of a fiberglass-reinforced composite post system in bovine teeth. *J Adhes Dent* 2005; 7:331-336.
- 30 D’Arcangelo C, Cinelli M, Angelis De 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; 98:193-198.
- 31 Castellan CS, Cardoso PEC. Comparação dos ensaios de microtração, push-out e pull-out na avaliação da adesão entre pino de fibra e dentina radicular por meio da mensuração da resistência de união RPG *Rev Pós Grad* 2011;18:127-133.
- 32 Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol* 2000; 45:355–361.
- 33 De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004;20: 963–971.

- 34 Sakalauskaite E, Tam L, McComb D. Flexural strength, elastic modulus, and pH Profile of self-etch resin luting cements. *J Prosthodontics* 2008;17:262-268.
- 35 Chieffi N, Chersoni S, Papacchini F, Vano M, Goracci C, Davidson CL, Tay FR, Ferrari M. The effect of application sustained seating pressure on adhesive luting procedure. *Dent Mater* 2007; 23: 159-164.
- 36 Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different sealing forces. *J Adhes Dent* 2006; 8:327-335.
- 37 Tay FR, Pashley DH, Yiu CKY, Sanares AM, Wei SW. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etch adhesive. *J Adhes Dent* 2003; 5:27-40.
- 38 Al-Assaf K, Chakmakchi M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Eliades G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. *Dent Mater* 2007; 23: 829-839.
- 39 Monticelli F, Osorio R, Mazzitelli C, Ferrari M, Toledano M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. *J Dent Res* 2008; 87:974-979.
- 40 Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 2011; 38:295-314.
- 41 Ulker HE, Segun A. Cytotoxicity evaluation of self adhesive composite resin cements by dentin barrier test on 3D pulp cells. *Eur J Dent* 2009; 3:120-126.
- 42 Faria e Silva AL, Pedrosa-Filho CF, Menezes MS, et al. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J Appl Oral Sci* 2009;17: 600–604.
- 43 D’Arcangelo C, De Angelis F, Vadini M, et al. In vitro fracture resistance and deflection of pulpless teeth restored with fiber posts and prepared for veneers. *J Endod* 2008; 34:838–841.
- 44 Grandini S, Chieffi N, Cagidiaco MC, Goracci C, Ferrari M. Fatigue resistance and structural integrity of different types of fiber posts. *Dent Mater* 2008; 27:687-694.

ARTIGO 2

Avaliação da espessura de cimento resinoso após cimentação de pinos de fibra de vidro anatômicos diretos e convencionais

Assessment of thickness of resin cement after cementation of fiber post and fiber post relining with resin composite

Resumo

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar a espessura e a qualidade de dois diferentes cimentos resinosos na cimentação de pinos de fibra de vidro e pinos anatômicos diretos em raízes humanas fragilizadas através de Microscopia de Varredura Confocal a Laser (MVCL). **Materiais e Métodos:** Quarenta dentes anteriores superiores unirradiculares humanos com comprimentos radiculares semelhantes foram selecionados, seccionados na junção cimento-esmalte em 15 mm, tratados endodonticamente e fragilizados com broca Largo n.5 e ponta diamantada de número 4138 e 4137 na profundidade pré-determinada de 10 mm. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=10) de acordo com o tipo de pino e tipo de cimento resinoso: PC ARC: pino de fibra de vidro Reforpost n°3 + Rely X ARC; PC U200: pino de fibra de vidro Reforpost n.3 + RelyX U200; PA ARC: Pino anatômico + RelyX ARC; PA U200: Pino anatômico + RelyX U200. Previamente a cimentação dos pinos, os corantes Fluoresceína a 0,1% e a Isotiocianato de Rodamina B a 0,1 % foram adicionadas ao sistema adesivo e cimento resinoso, respectivamente. Após 24 h de armazenamento em umidade relativa a 37 °C, as raízes foram seccionadas em três fatias de 1 mm espessura, no sentido perpendicular ao longo eixo do dente, com disco diamantado dupla face em baixa velocidade. Os cortes foram realizados de forma a representar os terços cervical, médio e apical, sendo observados ao MVCL. Os dados foram analisados pela ANOVA a três critérios (pino, cimento, terço), seguido do teste Tukey ao nível de significância de 5%. **Resultados:** Foi verificado que pino, cimento e terços radiculares influenciaram na espessura do cimento resinoso ($p < 0,001$). A espessura de cimento resinoso foi significativamente menor nos grupos com

pinos anatômicos do que nos grupos com pinos convencionais, exceto no terço apical do canal. Não foi observada diferença estatística significativa entre os cimentos para os grupos com pinos anatômicos; já para os grupos com pinos convencionais, apenas o terço cervical apresentou diferença estatística significativa entre os cimentos. **Conclusão:** Conclui-se que a confecção de pinos anatômicos diretos favorece a formação de uma película de cimento mais fina e uniforme, assim como a formação de *tags* de resina em raízes fragilizadas.

Palavras-chave: Microscopia Confocal; Técnica para retentor intrarradicular; Cimentos dentários.

Abstract

Purpose: The objective of this study was to evaluate the thickness and quality of two different resin cements in the cementation of fiber posts Reforpost n.3 and fiber post relining with resin composite, in human roots flared, by confocal laser scanning microscopy (CLSM). **Materials and Methods:** Forty single-rooted human upper anterior teeth with similar root sizes were selected. Teeth were sectioned below cemento-enamel junction at 15 mm. Endodontic treatments were done and roots weakened with drill Largo #5 and diamond burs #4138 and #4137 in a predetermined depth of 10 mm. Teeth were randomly divided in four groups (n = 10) according to the post and resin cement type: PC ARC: fiber post Reforpost #3 + RelyX ARC; PC U200: fiber post Reforpost #3 + RelyX U200; PA ARC: fiber post relining with resin composite + RelyX ARC; PA U200: fiber post relining with resin composite + RelyX U200. Prior to post cementation, dyes 0,1% Fluorescein and 0.1% Rhodamine B were added to adhesive system and resin cement system, respectively. After 24 h water storage at 37 °C, the roots were cut in three slices of 1 mm thickness, in the perpendicular direction to the long axis of the tooth with double-sided diamond wheel at low speed. The cuts were made to represent the cervical, middle and apical and afterwards they observed under CLSM. Datas were analyzed using ANOVA three criteria (post, cement, root third) followed by the Tukey's test at a significant level of 5%. **Results:** It was found that post, cement and root thirds influenced the thickness of the resin cement ($p < 0.001$). The thickness of resin

cement was significantly lower in the group with fiber post relining with resin composite than in the group with post fiber, except in the apical third of the canal. There was no significant statistical difference between the cements to fiber post relining with resin composite groups. For the groups with fiber posts, the cervical third showed a statistically significant difference between the cements. **Conclusion:** It was concluded that the preparation of fiber post relining with resin composite favors the formation of a thin and uniform cement film as well as the formation of resin tags in weakened roots.

Keywords: Confocal Microscopy; Post and Core Technique; Dental Cements.

Introdução

A utilização de pinos de fibra para a retenção de peças protéticas e restauração de dentes tratados endodonticamente já está largamente difundida.¹ Muitas são as vantagens dos pinos de fibra em relação aos metálicos, destacando-se a associação a cimentos resinosos ² e a menor concentração de tensões na raiz, diminuindo o risco de fratura radicular.³

No entanto, a perda de adesão é uma falha comum reportada para os pinos reforçados por fibra e usualmente ocorre ao longo da interface adesiva entre dentina radicular e o cimento resinoso.⁴ A adesão à dentina do canal radicular é dificultada pela pouca visibilidade, características anatômicas, e a um fator de configuração cavitário alto.⁵ Estudos têm reportado o efeito adverso de inúmeros aspectos na retenção adesiva dos pinos reforçados por fibra; ^{6,7,8} apesar disso, a influência da espessura do cimento na retenção destes pinos foi pouco investigada. Existe evidência na literatura do efeito da espessura do cimento na tensão de contração de polimerização de compósitos.^{9,10} Conceitualmente, a maior contração de polimerização ocorrida na camada

de cimento pode resultar em maior tensão nas interfaces com a dentina e o pino, contribuindo para a formação de descontinuidades estruturais, tais como bolhas, espaços ou fendas, levando à diminuição da retenção dos pinos de fibra de vidro.⁹

Ainda, os pinos pré-fabricados nem sempre se adaptam perfeitamente aos canais e, com a retenção friccional comprometida, a retenção fica às expensas do cimento. Assim, uma das técnicas propostas para o tratamento de canais amplos é a utilização de pinos anatômicos¹¹ por meio do reembasamento do pino de fibra de vidro com resina composta. A individualização do pino permite uma boa adaptação no conduto radicular, possibilitando a formação de uma camada fina e uniforme de cimento resinoso, além de proporcionar condição friccional favorável de retenção.¹²

A microscopia confocal de varredura à laser (MCVL) é utilizada na Odontologia Adesiva para visualizar as características micromorfológicas da interface dentina-adesivo.¹³ Este método permite que as amostras possam ser estudadas, sem vácuo em um ambiente úmido. A aplicação de vários corantes fluorescentes e a utilização da fluorescência dual tem sido sugerida para investigar a distribuição do *primer* e do adesivo no interior da camada híbrida e nos túbulos dentinários, e para analisar a nanoinfiltração.^{14,15} Ao analisar a espessura da camada híbrida por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e MCVL em amostras idênticas após cimentação de pinos de fibra de vidro em canal radicular,¹⁵ foi verificado que o método MCVL forneceu informações mais detalhadas sobre a penetração e distribuição de cimento resinoso e adesivo do que as imagens de MEV.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a espessura de cimentos resinosos nos diferentes terços radiculares quando utilizados pinos anatômicos diretos e pinos de fibra de vidro convencionais em raízes fragilizadas, assim como avaliar as características morfológicas da interface resina-dentina humana por meio da microscopia eletrônica confocal a laser. Este estudo foi conduzido sob a hipótese nula de que não há diferença na espessura dos cimentos resinosos para as seguintes variáveis: a) pino anatômico ou pino pré-fabricado de fibra de vidro b) cimento resinoso convencional ou autoadesivo c) terço cervical, médio ou apical.

Materiais e Métodos

Preparo dos corpos de prova

Foram selecionados 40 dentes anteriores superiores unirradiculares humanos hígidos, extraídos por razões terapêuticas. Os dentes foram limpos com o auxílio de curetas periodontais, desinfetados em solução de Cloramina 0,5 % por 48 horas e mantidos em soro fisiológico a 4°C. Foram utilizados 10 dentes para cada grupo.^{9, 15}

Os dentes foram seccionados com máquina de corte Labcut 1010 (Extec, Londres, Inglaterra), de forma perpendicular ao longo eixo do dente e em plano reto, para padronizar os comprimentos das raízes em 15 mm. Para o tratamento endodôntico foi realizada instrumentação mecânica pela técnica escalonada por meio de limas endodônticas tipo Kerr (Maillefer - Dentsplay, Petrópolis, RJ, Brasil). O comprimento de trabalho foi localizado 1 mm aquém do forame apical, com batente apical estabelecido no diâmetro 55 e escalonamento programado em 1 mm para os instrumentos nº 60, 70, 80 e

brocas Gates-Glidden 4 e 5. A irrigação dos canais radiculares foi realizada com hipoclorito de sódio 1%, durante o preparo químico-mecânico. Os canais foram obturados com guta-percha, pela técnica de condensação lateral, e cimento endodôntico Sealer 26 (Maillefer - Dentsplay, Petrópolis, RJ, Brasil). Após o tratamento endodôntico, as raízes foram mantidas em estufa a 37° C com umidade relativa de 100%. Depois de tratados endodonticamente, os canais radiculares tiveram suas raízes fragilizadas. O excesso de obturação foi removido com condensador vertical aquecido, até atingir o comprimento estabelecido de 10 mm para cada grupo. Para a padronização dos preparos foi utilizado uma sequência de instrumentos: broca Largo número 5, ponta diamantada de número 4138 (KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil), seguida de outra ponta diamantada número 4137 do mesmo fabricante na profundidade pré-determinada de 10 mm, limitadas por *stops* de borracha.

Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de 10 espécimes cada, de acordo com o tipo de pino e tipo de cimento resinoso: Grupo 1: PC ARC: pino de fibra de vidro + RelyX ARC; Grupo 2: PC U200: pino de fibra de vidro + RelyX U200; Grupo 3: PA ARC: Pino anatômico + RelyX ARC; Grupo 4: PA U200: Pino anatômico + RelyX U200. Todos os pinos de fibra de vidro nº 3 (Reforpost; Angelus, Londrina, Brasil) foram condicionados com ácido fosfórico 37% (Acid Gel – 3M ESPE) por 30 segundos, para limpar a superfície, seguida de lavagem com água/ ar. Com os pinos secos, foi aplicada uma camada do agente silano (Silano- Ângelus, Londrina, PR, Brasil) com aplicadores descartáveis (Microbrush, KG Sorensen), e após 1 minuto a superfície foi seca com ar por 5 segundos para evaporação

do solvente. Este procedimento foi realizado em todos os pinos de fibra de vidro independente dos grupos em que seriam cimentados.

O Quadro 1 descreve o tipo de pino utilizado e sua estratégia de cimentação de acordo com os grupos.

Para os grupos PA ARC e PA U200 foram utilizados pinos anatômicos diretos. A confecção dos pinos anatômicos consiste em pinos de fibra de vidro nº 3 (Reforpost; Angelus, Londrina, Brasil) que, após terem sido condicionados com ácido fosfórico 37% e silanizados, receberam uma camada de adesivo Adper Scotchbond Multipurpose (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA), seguido de fotoativação por 20 segundos (10 segundos na superfície “lingual” e 10 segundos na superfície “vestibular”) com ativador LED (Radii Cal, SDI, Austrália).

Cada pino de fibra de vidro foi então envolvido com resina composta Z350 (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA), levado ao interior do canal, previamente lubrificado com gel lubrificante hidrossolúvel (K-Y gel, Johnson & Johnson, São José dos Campos, SP, Brasil) sendo fotoativado por 20 segundos no sentido oclusoapical e, após remoção do canal, fotoativado por mais 40 segundos (20 segundos vestibular e 20 segundos lingual). Todos os pinos anatômicos apresentaram comprimento radicular de 10 mm.

Preparo dos materiais adesivos com fluoróforos ^{16,17}

Previamente à cimentação, os materiais adesivos foram misturados a corantes para a posterior visualização por microscopia Confocal a Laser (LSM5, Zeiss, Jena, Alemanha). 0,1% de corante Rodamina B (RITC; Sigma Aldrich, St Louis, MN, EUA) foi adicionado e espatulado à pasta base de cada cimento resinoso, e 0,1% de fluoresceína (FNA; Sigma Aldrich, Steinheim,

Alemanha) foi adicionado ao ativador, ao *primer* e ao catalisador Adper™ Scotchbond Multi-Usó Plus, sendo misturada por agitação contínua em Máquina Vortex (Scientific Industries, New York, NY, USA), durante duas horas.

Quadro 1 : Protocolo de cimentação.

Grupos	Pino + estratégia de cimentação	Protocolo de aplicação
G1: PC ARC	Pino convencional + RelyX™ ARC	Preparo do dente: Condicionamento do canal radicular com ácido fosfórico 37% por 15 s, lavagem com água e remoção do excesso com cones de papel absorvente. Aplicação do Ativador do Scotchbond Multipurpose (3M-ESPE) com aplicadores descartáveis, seguido de uma suave secagem com jato de ar por 5 s para eliminação do solvente deste. Em seguida, foi utilizado o primer, volatilizando o solvente por 5 s com leve jato de ar, seguido da aplicação do Catalisador. Cimentação: as pastas base e catalisadora do cimento foram dispensadas em iguais proporções e manipuladas por 10 s. Após, foram inseridas no interior do canal com seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e o pino foi posicionado e estabilizado manualmente, de forma a ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Os excessos de cimento foram removidos e a fotoativação foi realizada por 40 s, 20 s vestibular e 20s lingual da raiz com fotoativador LED (Radii Cal, SDI, Austrália).
G2: PC U200	Pino convencional + RelyX™ U 200	Preparo do dente: Limpeza com água e remoção dos excessos com cones de papel absorvente. Cimentação: as pastas base e catalisadora do cimento foram dispensadas em iguais proporções e manipuladas por 10 s. Após, foram inseridas no interior do canal com seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e o pino foi posicionado e estabilizado manualmente, de forma a ficar perpendicular ao longo eixo da raiz. Realizou-se breve fotoativação por 2 s, removeram-se os excessos de cimento e por fim nova fotoativação por 20 s com fotoativador LED (Radii Cal, SDI, Austrália).
G3: PA ARC	Pino Anatômico + RelyX™ ARC	Limpeza da superfície dos pinos anatômicos com álcool, silanização e aplicação de fina camada de adesivo do Scotchbond Multiuso Plus. Preparo do dente e cimentação igual à estratégia do G1
G4: PA U200	Pino Anatômico + RelyX™ U 200	Limpeza da superfície dos pinos anatômicos com álcool e silanização. Preparo do dente e cimentação igual à estratégia do G2

Após cimentação e armazenamento em água por 24 h a 37 °C, as raízes foram seccionadas em três fatias (de 1 mm espessura), no sentido perpendicular ao longo eixo do dente, com disco diamantado dupla face em baixa velocidade, com refrigeração constante com máquina de corte Labcut 1010 (Extec, Londres, Inglaterra). Os cortes foram realizados de forma a representar os terços cervical, médio e apical, assim as fatias do terço cervical

foram cortadas 1 mm abaixo da junção cimento esmalte, as do terço médio foram cortadas a 4 mm e, as do terço apical, a 8 mm.¹⁸

Análise da espessura de cimento resinoso

Para a análise em Microscopia Confocal de Varredura a Laser (MCVL) (LSM5, Zeiss, Jena, Alemanha) foi realizado modo de fluorescência dual usando aquisição de imagens empregando-se objetiva de 20x para mensuração da espessura de cimento resinoso e 63x para análise dos tags de resina.

Para minimizar o *cross talk*, ou seja, a simultânea digitalização e sobreposição de espectros de emissão de corantes fluorescentes, foi realizada gravação sequencial (Fig. 1) de ambos os corantes fluorescentes Fluoresceína - FNA (excitação: Laser de Argônio – 488nm) e Rodamina B - RITC (excitação: Laser He Ne - 543 nm). O uso concomitante de dois fluoróforos é utilizado em MCVL para diferir componentes adesivos. O tamanho das imagens foram 187 x 187 μm^2 com uma resolução de 1024 x 1024 pixels. As imagens foram gravadas em quatro áreas de cada amostra e analisadas utilizando o software Image J 1,35 S (NIH, Bethesda, MD, EUA).

Para calibrar o programa foi empregada a ferramenta de calibração espacial e traçada uma reta sobre a escala pré-estabelecida na imagem pelo *software* do microscópio confocal. A ferramenta da distância, a partir da calibração inicial, determinou a medida entre dois pontos.

Para quantificar a espessura de cimento resinoso, as medições foram feitas em quatro pontos equidistantes entre si em cada imagem, e o valor médio foi calculado. Em cada uma das quatro faces (vestibular, lingual, mesial e distal) das diferentes secções (apical, médio, cervical) foi realizada a mensuração da espessura de cimento resinoso em micrometros com aumento de 20x.

Os valores médios de espessura de cimento resinoso foram analisados estatisticamente pela Análise de Variância para blocos casualizados de três fatores (pino, cimento resinoso, terço radicular), seguido do teste Tukey ao nível de significância de 5%.

Resultados

De acordo com a Análise de Variância (ANOVA) para Blocos Casualizados, os fatores pino, cimento e terços radiculares influenciaram na espessura do cimento resinoso ($p < 0,001$). As médias de espessura de cimento resinoso (μm) obtidas nas quatro estratégias de cimentação propostas neste estudo estão na Tabela 2.

Tabela 2. Valores e desvio-padrão da espessura de cimento resinoso (μm) nos terços cervical, médio e apical, obtidos por meio de cimentação com pinos anatômicos diretos (PA) e pinos convencionais (PC) de fibra de vidro realizado com cimento resinoso autoadesivo (U200) e cimento resinoso convencional (ARC).

Terços	U200		ARC	
	PC n=10	PA n=10	PC n=10	PA n=10
Cervical	484,51 ^{Aa} \pm 30	49,85 ^{Cc} \pm 9	401,61 ^{Ba} \pm 28	40,58 ^{Cc} \pm 5
Médio	320,82 ^{Ab} \pm 22	85,36 ^{Bb} \pm 5	303,40 ^{Ab} \pm 15	83,42 ^{Bb} \pm 5
Apical	129,81 ^{Ac} \pm 17	125,09 ^{Aa} \pm 10	127,34 ^{Ac} \pm 11	129,65 ^{Aa} \pm 9

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha e médias seguidas de letras minúsculas distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

A espessura de cimento resinoso diminuiu do terço apical para o terço cervical quando utilizado PA (Fig. 2 e 4), independente do cimento resinoso. De forma oposta, a espessura do cimento resinoso diminuiu do terço cervical para o terço apical quando utilizado PC (Fig. 3 e 5). Houve diferença estatística significativa entre os terços para ambos os pinos, independente do cimento resinoso.

A espessura de cimento resinoso entre PA e PC foi diferente estatisticamente ($p < 0,001$) nos terços cervical e médio, sendo a espessura significativamente menor com a utilização de PA do que PC. Porém, no terço apical, não houve diferença estatística, independente do cimento resinoso avaliado. Para os PA, não foi observada diferença estatística significativa entre os cimentos no terço cervical, terço médio e terço apical. Uma boa adaptação do pino anatômico foi evidente em todas as imagens analisadas e foi verificada a formação de *tags* de cimento resinoso e sistema adesivo no terço cervical,

médio e apical do grupo PA ARC (Fig. 6). Já para o grupo PA U200 foi evidenciado *tags* de cimento resinoso nos terços cervical e médio (Fig. 7). Para os PC, a maior espessura de cimento foi observada no terço cervical do grupo PC U200, havendo ausência total de penetração do cimento nos túbulos dentinários em todos os terços radiculares estudados neste grupo (Fig 3). No entanto, quando avaliado os dois cimentos resinosos no mesmo terço radicular, não foi verificada diferença estatística entre os cimentos RelyX U200 e RelyX ARC nos terços médio e apical, sendo que o terço cervical apresentou diferença estatística significativa entre os cimentos apenas para o pino convencional.

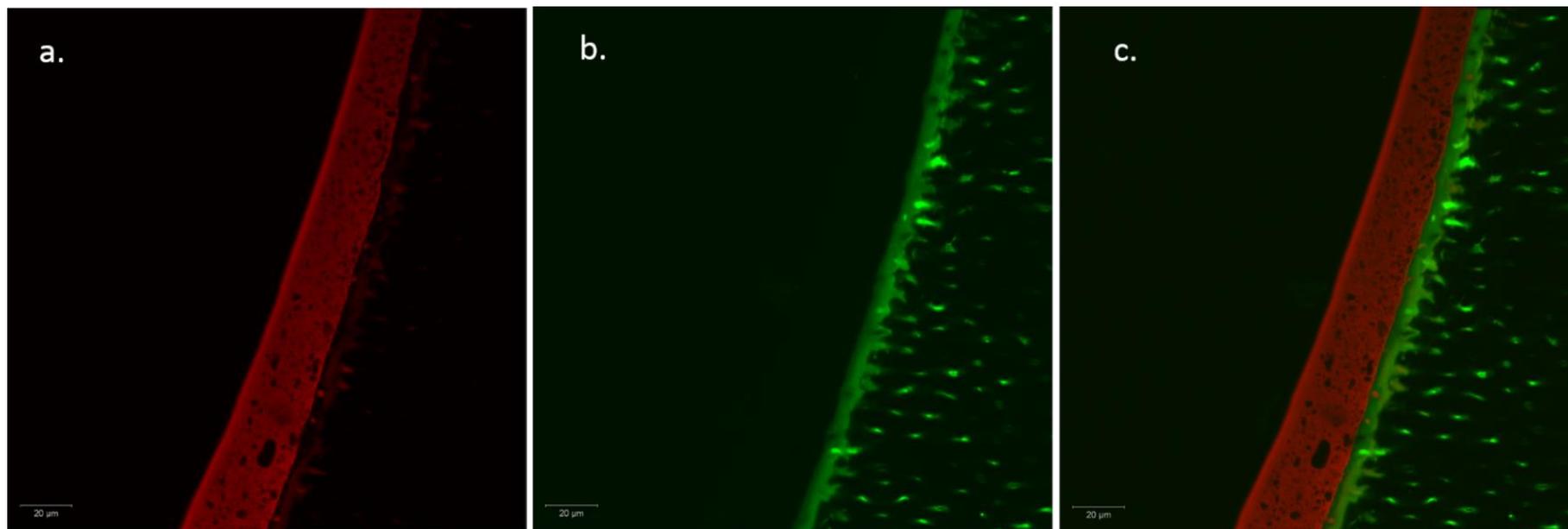


Fig.1: Imagem sequencial em MCVL do terço cervical (63x)- **a:** Rodamina B – cimento resinoso; **b:** ativados, Fluoresceína adicionada no primer, catalisador do sistema adesivo **Adper™ Scotchbond Multi-Use Plus**; **c:** **Interação entre cimento resinoso e sistema adesivo.**

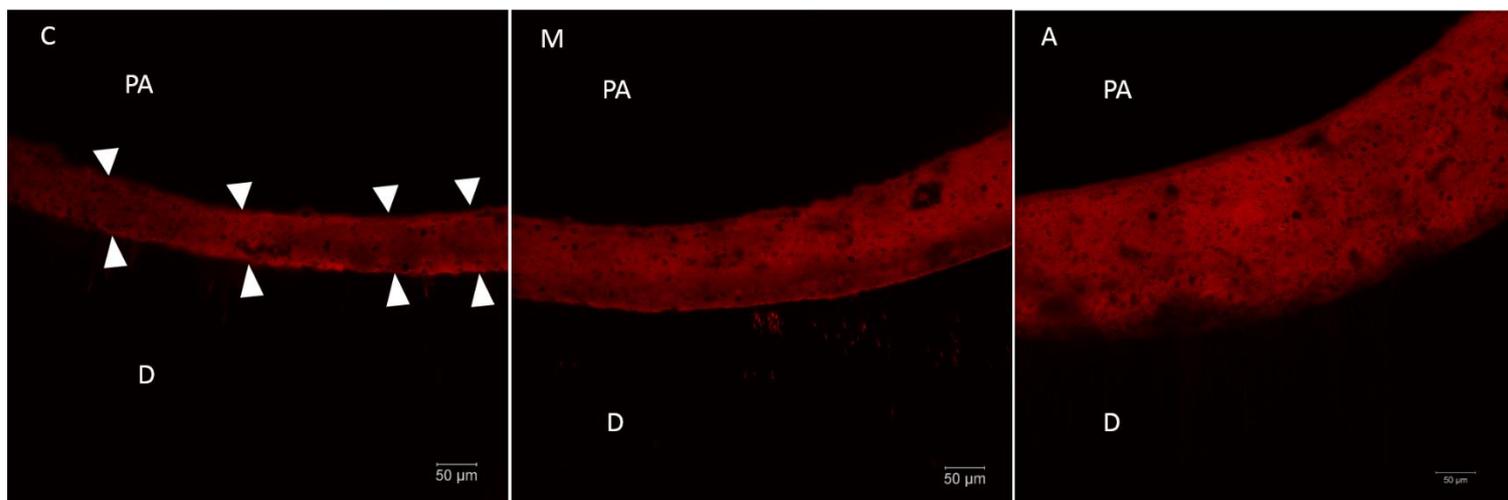


Fig 2: Imagem em MCVL da cimentação com cimento resinoso RelyX U200 (20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PA** - pino anatômico direto; **D** - Dentina. Setas indicando quatro pontos onde a espessura de cimento resinoso foi medida.

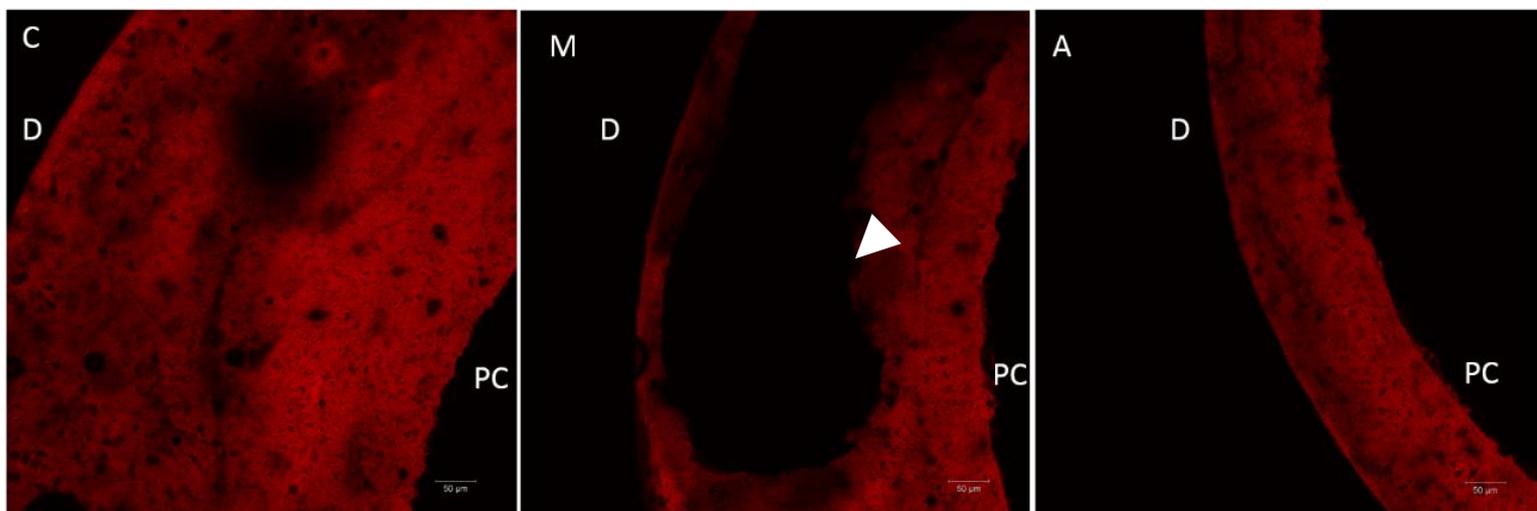


Fig 3: Imagem em MCVL da cimentação com cimento resinoso RelyX U200 e pino de fibra de vidro n.3 (20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PC** - pino de fibra de vidro n.3; **D** - Dentina. Setas indicando as bolhas apresentadas no cimento no terço médio.

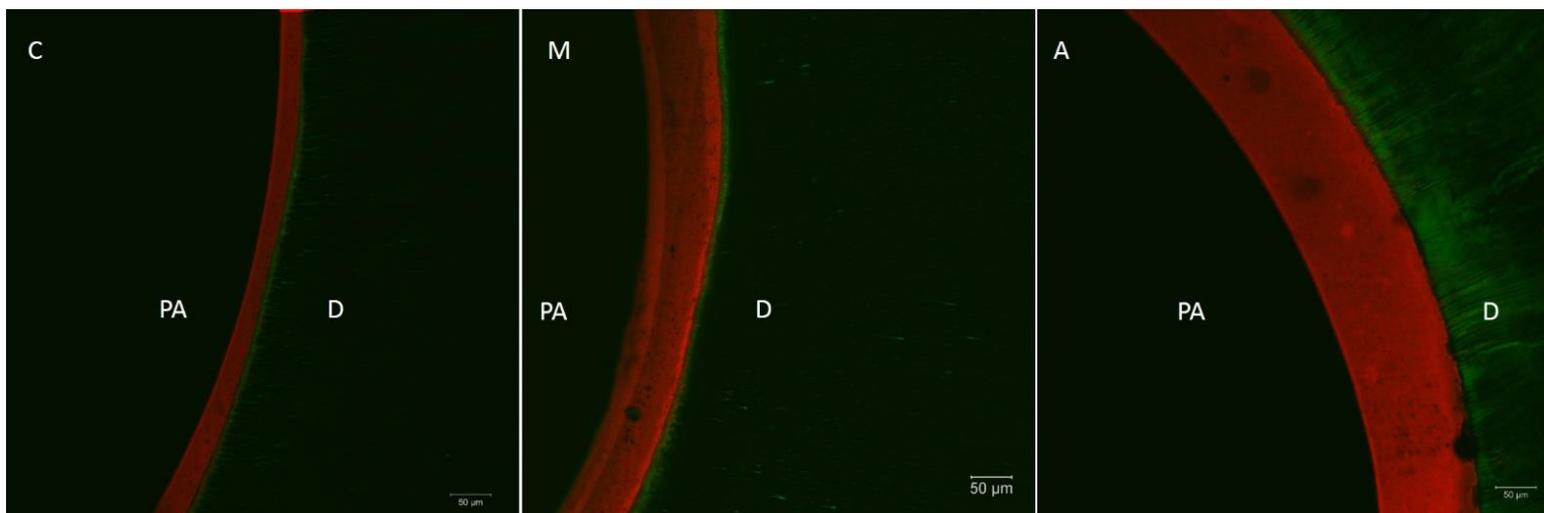


Fig 4: Imagem em MCVL com fluorescência dual da cimentação com cimento resinoso RelyX ARC e pino anatômico direto(20x) - **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PA** - pino anatômico Direto; **D** – Dentina.

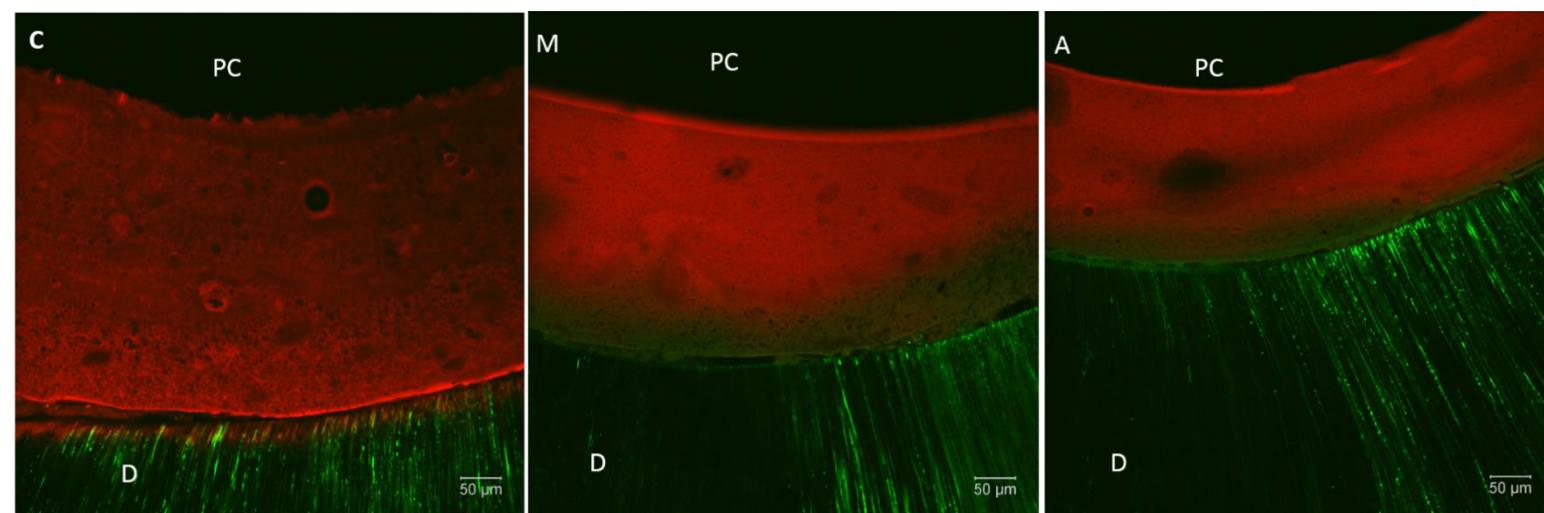


Fig 5: Imagem em MCVL com fluorescência dual da cimentação com cimento resinoso RelyX ARC e pino de fibra de vidro n.3 (20). **C** - Terço cervical; **M** - Terço médio; **A** - Terço apical; **PC** - pino de fibra de vidro n.3; **D** – Dentina. **PC** - pino de fibra de vidro n.3; **D** – Dentina.

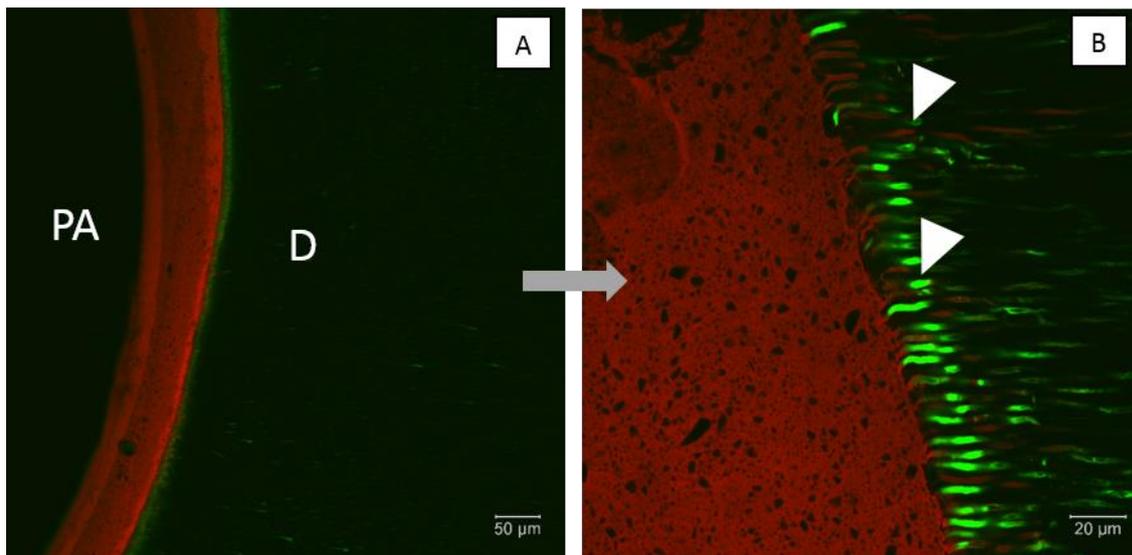


Fig 6. Imagem em MCVL do Grupo RelyX ARC + PA no terço médio. **A** 20x; **B** 63x. Observa-se a formação de tags tanto do sistema adesivo (ativador, *primer* e catalisador **Adper™ Scotchbond Multi-Usó Plus** - verde) e cimento resinoso (**Rely X ARC** - vermelho); penetração nos túbulos dentinários é claramente identificada (Setas)

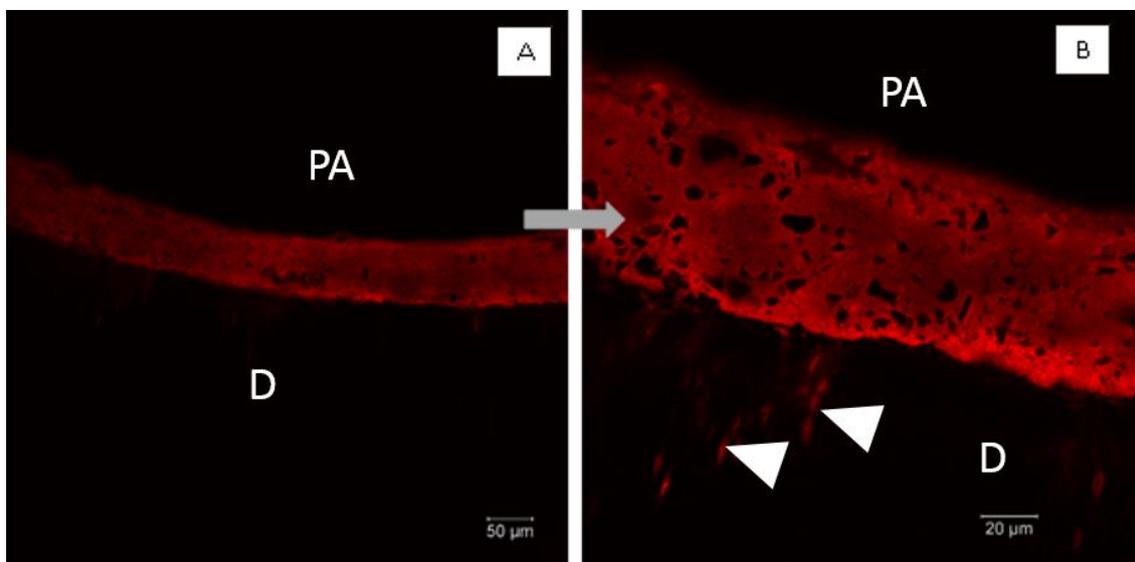


Fig 7: Imagem em MCVL do Grupo RelyX U200 + PA no terço cervical. **A**: 20x; **B**: 63x. Evidencia-se a formação de tags de cimento resinoso e penetração nos túbulos dentinários (Setas).

Discussão

Pesquisa clínica prospectiva realizada por Ferrari et al.¹⁹ demonstrou que o deslocamento dos pinos reforçados por fibra ocorreu na presença de uma espessura de cimento aumentada. Embora não haja nenhuma evidência científica de que a espessura de cimento mais fina possa melhorar a qualidade da cimentação, menor espessura de cimento foi evidente em todos os corpos de prova com PA, rejeitando a primeira hipótese nula. Neste estudo, a espessura de cimento resinoso foi significativamente menor nos grupos com PA do que nos grupos com PC (pinos pré-fabricados de fibra de vidro Reforpost n.3), exceto no terço apical do canal, onde não houve diferença estatisticamente significativa. Foi verificado que a espessura de cimento em raízes humanas previamente fragilizadas apresentou comportamento oposto quando avaliado diferentes pinos intrarradiculares PA e PC. A avaliação dos terços radiculares quando utilizado PC evidenciou as maiores espessuras, independente do cimento, nos terços cervical e médio, favorecendo a formação de bolhas (Figs. 3 e 5). Verifica-se que restaurações de dentes com quantidade de estrutura dental coronal e radicular reduzida ainda são desafiadoras. Nesses casos, pinos intrarradiculares de fibra de vidro estão sendo indicados por possuírem propriedades mecânicas mais próximas ao do remanescente dentário,²⁰ permitindo melhor distribuição da tensão pela estrutura dental, minimizando o risco de fraturas dentais.²¹

No entanto, em casos de raízes fragilizadas é observada a desadaptação do pino pré-fabricado às paredes do canal radicular mesmo utilizando a opção mais calibrosa destes sistemas, gerando linhas de

cimentação espessas conforme verificado neste estudo. Segundo Grandini et al.,⁹ cimentação mais espessa predispõe à formação de bolhas e falhas, prejudicando a resistência de união. O efeito da espessura de cimento resinoso na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro foi também estudado por D'Arcangelo et al.²² Estes autores utilizaram o cimento resinoso de dupla ativação Panavia F 21 para a cimentação dos pinos e observaram que, quando a espessura do cimento era demasiadamente grande, a resistência de união era significativamente reduzida.

Visando minimizar a espessura de cimento resinoso quando do uso de pinos pré-fabricados, tem sido proposta a técnica do pino reembasado com resina composta (pino anatômico direto), na qual se cria um pino individualizado. No presente estudo, a espessura de cimento resinoso foi significativamente mais fina e uniforme nos terços cervical e médio da raiz quando utilizado pinos anatômicos, exceto no terço apical do canal. Nossos achados foram semelhantes aos resultados obtidos no trabalho de Grandini et al.⁹, os quais avaliaram a espessura do cimento resinoso por MEV após cimentação de PA e de PC em preparos de canais radiculares padronizados. Os autores verificaram que a formação de bolhas ou espaços vazios, que representam áreas de fraqueza dentro do material, é menos provável numa camada fina e uniforme do cimento. Além disso, os autores afirmaram que a tensão de polimerização, desenvolvida em uma película relativamente fina de cimento, seria mínima.⁹ Estudos similares^{23,24} têm relatado que a espessura de cimento resinoso formada, quando utilizados pinos anatômicos, influencia significativamente na adesão, porque uma camada excessivamente grossa de cimento resinoso está relacionada com uma maior frequência da perda de

adesão do pino. Para resolver este problema, vários estudos ^{9,12,25} têm recomendado utilizar uma camada de cimento resinoso fina para aumentar a resistência de união. Com isso a adaptação do pino às paredes do canal radicular é melhorada, resultando em melhor retenção micromecânica.

A maioria dos estudos morfológicos ^{26,27,28} têm utilizado MEV para a avaliar camada híbrida e as estruturas vizinhas. No entanto, há a possibilidade de artefatos de técnica durante a obtenção dos espécimes.^{29 30} Já a MVCL possibilita visualizar diferentes componentes por meio do uso de corantes, como observado pela adição de Rodamina B por meio da visualização de extensões de penetração do cimento, e pela adição de Fluoresceína para observar o sistema adesivo. No presente estudo, estes dois fluoróforos foram utilizados por apresentarem características distintas.^{16,31,32} A Rodamina B é uma molécula indissociável em água e solúvel em componentes orgânicos como primers, cimentos e agentes silanizadores,³³ e a Fluoresceína (isotiocianato) é solúvel em água, sendo adicionada aos componentes do sistema adesivo (ativador, primer e catalisador).¹⁷ As mesmas proporções (0,1%) foram utilizadas para os dois fluoróforos. Estudo realizado por Bitter et al.¹⁵ evidenciou que a Fluoresceína inserida no adesivo mostrou-se sem difusão para o vermelho evidenciado pela Rodamina B nos cimentos resinosos, ocorrendo uma distinção clara entre os corantes. Além disso, medições da camada híbrida usando MVCL e MEV mostraram resultados semelhantes, validando o método para MVCL.¹⁷ O efeito dos corantes na polimerização foi discutido em pesquisa anterior por D'Alpino et al.¹³ Embora os corantes fluorescentes apresentem potencial de redução da conversão do monômero e diminuição da resistência de união de materiais ao substrato, estudos ^{13, 31}

evidenciaram que a concentração de 0,1% de Rodamina B, como foi utilizado nesta pesquisa, não influencia na resistência adesiva nem na redução da polimerização.

No presente estudo, quando a cimentação foi realizada com cimento RelyX ARC, que necessita do condicionamento prévio da dentina, foi utilizado um sistema do Scotchbond Multi Uso Plus (3M-ESPE). Os fabricantes indicam, para cimentação de retentores pré-fabricados, o condicionamento com ácido fosfórico seguido da aplicação do Ativador, Primer e Catalisador. Estas instruções foram utilizadas neste estudo para que não ocorresse a incompatibilidade entre o sistema adesivo utilizado e o cimento RelyX ARC. Pelo fato de existirem vários passos operatórios para utilização deste sistema, há uma maior sensibilidade de técnica, o que dificulta o trabalho pelos Cirurgiões-Dentistas, que devem estar familiarizados com os procedimentos para realizá-los adequadamente. Para melhorar este inconveniente, muitos fabricantes têm inserido os cimentos resinosos autoadesivos no mercado, os quais dispensam o preparo prévio do substrato.

A hipótese nula de que o uso de cimentos resinosos convencional e autoadesivo não influenciam na espessura da película de cimento resinoso foi rejeitada. Verifica-se que a espessura do cimento resinoso autoadesivo foi maior que o cimento resinoso convencional em PC, sendo estatisticamente significante apenas quando avaliado o terço cervical. Este resultado pode ser justificado devido a maior viscosidade dos cimentos resinosos autoadesivos³⁴ e por tratar-se de raiz fragilizada. Mesmo com a realização de pressão digital durante a cimentação,³⁵ esta não foi suficiente para melhorar a adaptação às paredes da cavidade, favorecendo à formação de bolhas (Figs. 3 e 5). Nos

grupos com PA não houve diferença estatística nos três terços analisados para os dois cimentos. Além disso, este tipo de tratamento exerce pressão de assentamento sobre o cimento contra as paredes dentinárias, fazendo com que estes penetrem mais no substrato (Figs. 6 e 7).

Dentro das limitações intrínsecas aos testes laboratoriais, o achado mais notável deste estudo foi que, quando utilizado PA e cimento resinoso autoadesivo RelyX U200, foi possível identificar *tags* de cimento resinoso nos terços cervical e médio (Fig.7). Devido à propriedade tixotrópica do RelyX U200, a pressão exercida pelo PA nas paredes do canal, além de diminuir a viscosidade do material, otimizou as interações físicas (Forças de Vander Waals, Ponte de hidrogênio), favorecendo à retenção micromecânica dentro dos túbulos dentinários por meio de *tags* de cimento resinoso.³⁶ Já no grupo dos PC ocorreu a presença de bolhas e, conseqüentemente, a descontinuidade estrutural na película de cimento resinoso.

Conclusões

Dentro das limitações deste estudo, pode-se concluir que:

- A espessura de cimento resinoso foi significativamente menor para os pinos anatômicos do que para (pinos pré-fabricados de fibra de vidro), exceto no terço apical do canal, onde não houve diferença estatisticamente significativa;
- A espessura de cimento resinoso diminuiu do terço apical para o terço cervical com o pino anatômico, ocorrendo o oposto para o pino convencional.
- Os cimentos resinosos apresentaram espessura semelhante entre si nos terços médio e apical. Houve diferença na espessura apenas no terço cervical, sendo o RelyX U200 mais espesso com o uso do pino convencional.
- Houve formação de *tags* de cimento resinoso nos terços cervical e médio quando utilizados pinos anatômicos e cimento resinoso autoadesivo RelyX U200.

Referências

1. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2000;13:9b-13b.
2. Prisco D, De Santis R, Mollica F, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Fiber Post adhesion to resin luting cements in the restoration of endodontically-treated teeth. *Oper Dent* 2003; 28:515-521.
3. Le Bell AM, Tanner J, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallitu P. Bonding of composite resin luting cement to fiber-reinforced composite root canal posts. *J Adhes Dent* 2004; 6:319-325.
4. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2003;16:593-6.
5. Naumann M, Koelpin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: A prospective observational clinical study. *J Endod* 2012; 38: 432-435.
6. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater* 2001; 17:422-429.
7. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod* 2005; 31:584-589.
8. Valandro LF, Filho OD, Valera MC, de Araujo MA. The effect of adhesive systems on the pullout strength of a fiberglass-reinforced composite post system in bovine teeth. *J Adhes Dent* 2005;7:331-336.
9. Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent* 2005;7:235-240.
10. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater* 2008;24:967-977.
11. Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent* 2003;5:243-247.
12. Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins RM. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *J Endod* 2010; 36:1543-1546.

13. D'Alpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *J Adhes Dent* 2006; 8:285–292.
14. Pioch T, Stotz S, Staehle HJ, Duschner H. Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Adv Dent Res* 1997;11:453–461.
15. Bitter K, Mueller J, Neumann K, Kielbassa AM. Correlation of scanning electron and confocal laser scanning microscopic analyses for visualization of dentin-adhesive interfaces of the root canal. *J Adhes Dent* 2009; 11: 7–14.
16. Arrais CA, Miyake K, Rueggeberg FA, Pashley DH, Giannini M. Micromorphology of resin/dentin interfaces using 4th and 5^h generation dual-curing adhesive/cement systems: a confocal laser scanning microscope analysis. *J Adhes Dent* 2009; 11:15–26.
17. Aguiar TR, Andre CB, Arrais CAG, Bedran-Russo AK, Giannini M., Micromorphology of resin–dentin interfaces using self-adhesive and conventional resin cements: A confocal laser and scanning electron microscope analysis. *Int J Adhes Adhes* 2012; 38: 69–74.
18. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005;30:627-635.
19. Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000;13:15B-8B.
20. Zogheib LV, Saavedra Gde S, Cardoso PE, Valera MC, Araújo MA. Resistance to compression of weakened roots subjected to different root reconstruction protocols. *J Appl Oral Sci* 2011;19:648-654.
21. Belli S, Eraslan Ö, Eraslan O, Eskitaşcıoğlu G. Effect of restoration technique on stress distribution in roots with flared canals: an FEA study. *J Adhes Dent* 2014;16:185-191.
22. D'Arcangelo C, D'Amario M, Vadini M, Zazzeroni S, De Angelis F, Caputo S. An evaluation of luting agent application technique effect on fibre post retention. *J Dent* 2008; 36:235–240.
23. Özcan E, Çetin AR, Tunçdemir AR, Ülker M. The effect of luting cement thicknesses on the push-out bond strength of the fiber posts. *Acta Odontol Scand* 2013; 71:703-709.
24. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Influence of cement thickness on the bond strength of tooth-colored posts to root dentin after thermal cycling. *Acta Odontol Scand* 2013; 71:175-182.

25. Clavijo VGR, JMSN Reis, Kabbach W, Silva ALF, Oliveira Júnior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with diferente intraradicular posts. *J Appl Oral Sci* 2009;17:574–578.
26. Wang Y, Spencer P. Exploring the nature of acid-resistant hybrid layer with wet bonding. *Oper Dent* 2004;29:650-655.
27. Abou-Id LR, Morgan LFSA, Silva GAB, Poletto LTA, Lanza LD. Ultrastructural evaluation of the hybrid layer after cementation of fiber posts using adhesive systems with different curing modes. *Braz Dent J* 2012, 23: 116-121.
28. Soares CJ, Pereira JC, Valdivia ADCM, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J* 2012; 45:136–145.
29. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. Microscopy investigations. Techniques, results, limitations. *Am J Dent* 2000;13:3D-18D.
30. Pereira CNB, Daleprane B, Barbosa PF, Moreira AN, Magalhães CS. Qualitative Evaluation of Scanning Electron Microscopy Methods in a Study of the Resin Cement/Dentine Adhesive Interface. *Microsc Anal* 2014; 20, 268–275.
31. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa A M. Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *Eur J Oral Sci.* 2009; 117:326-333
32. Bitter K, Gläser C, Neumann K, Blunck U, Frankenberger R. Analysis of Resin-Dentin Interface Morphology and Bond Strength Evaluation of Core Materials for One Stage Post-Endodontic Restorations. *Plos One* 2014; 9: e86294. doi:10.1371/journal.pone.0086294
33. Pioch T, D'Souza PD, Staehle HJ, Duschner H. Resin–dentin interface studied by SEM & CLSM. *Microsc Anal* 1996; 42:15–16.
34. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004; 20: 963–971.
35. Perdigão J, Gomes G, Augusto V. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. *J Prosthodont* 2007; 16: 154-164.
36. Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different sealing forces. *J Adhes Dent* 2006;8:327-335.

DISCUSSÃO GERAL

Os pinos pré-fabricados possuem tamanhos padronizados e sua geometria muitas vezes não corresponde com o formato do canal alargado ou da raiz fragilizada, e isto resulta em desadaptação (Ferrari et al., 2000; Silva et al., 2011). Dessa forma, para que ocorra selamento entre pino e dentina radicular, a espessura do cimento é aumentada, podendo comprometer o prognóstico do tratamento (Chieffi et al., 2007; Faria e Silva et al., 2009). Nestes casos são indicados pinos de fibra de vidro reembasados com resina composta, pois há obtenção de um retentor individualizado, melhorando assim sua adaptação e preservando a estrutura dentária, pois adapta o pino ao canal e não o contrário (Grandini et al., 2003; Clavijo et al., 2006). Somado a isto, tem-se como consequência melhor retenção mecânica e menor linha de cimentação devido à justaposição com a superfície dentinária (Faria e Silva et al., 2009; Fonseca et al., 2011). Esta justaposição também pressiona o cimento contra as paredes do canal, promovendo maior retenção mecânica e, conseqüentemente, maior resistência de união (Chieffi et al., 2007; Gomes et al., 2014).

No presente trabalho, a primeira pesquisa avaliou o efeito da ciclagem mecânica sobre a resistência de união de pinos cimentados a uma profundidade de 5 e 10 mm empregando dois cimentos resinosos. Os pinos de fibra do presente estudo foram reembasados com resina composta antes da cimentação para padronizar a espessura de cimento resinoso (Grandini et al., 2005). A relevância clínica do teste realizado, a resistência à tração pelo ensaio de *pull out*, é baseado no fato de o descolamento ser a falha mais habitual dos pinos pré-fabricados de fibra de vidro (Bitter et al., 2008). Nos resultados foi

verificado que a profundidade de cimentação não influenciou na resistência de união, corroborando com outros estudos (Faria e Silva et al., 2007; Macedo et al., 2010). No entanto, a interação profundidade de cimentação e ciclagem mecânica foi considerada determinante para a longevidade do tratamento restaurador. Vários estudos têm demonstrado que as forças de adesão entre cimento resinoso e canais radiculares são mais eficazes no terço cervical, com adesão diminuída para o terço apical (Ozcan et al., 2009; Calixto et al., 2012). Porém, apesar da baixa força de união em regiões mais apicais, a maior profundidade de cimentação pode aumentar a área de contato entre o cimento e a dentina. Também tem sido demonstrado que o atrito de deslizamento contribui significativamente para a retenção do pino de fibra ao canal radicular, e acredita-se que o atrito de deslizamento é diretamente proporcional à área de contato (Goracci et al., 2005).

Ao analisar os cimentos resinosos convencional RelyX ARC e autoadesivo RelyX U200, destaca-se que o cimento convencional de multi-passos RelyX ARC foi utilizado com o Scotchbond Multi-Usado (3M/ESPE) por meio de polimerização dual com o uso de primer, catalisador e ativador (Arrais et al., 2009). No entanto, atualmente questiona-se as técnicas envolvendo mais etapas de cimentação, uma vez que há uma tendência geral de técnicas adesivas simplificadas com cimentos autoadesivos, ganhando este cada vez mais popularidade (Ferracane et al., 2012). Além de estratégias de cimentação, estes cimentos resinosos apresentam diferenças em relação à composição que pode ajudar a explicar os resultados observados no presente estudo, pois pinos anatômicos diretos cimentados em profundidade de 10 mm obtiveram os melhores resultados quando utilizado o cimento resinoso RelyX U200,

independente da ciclagem mecânica. Ao contrário do cimento resinoso convencional, os cimentos autoadesivos promovem uma adesão química à dentina, que pode melhorar a estabilidade hidrolítica da interface de adesão (Inoue et al., 2005).

O aumento da popularidade do uso de pinos de fibra para restaurar dentes tratados endodonticamente vem modificando os procedimentos de fixação destes. Desta forma, Grandini et al., em 2005, verificaram a efetividade da técnica de reembasamento de pinos de fibra de vidro com resina composta (pinos anatômicos diretos) para uniformizar e diminuir a linha de cimentação, comparando-os por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV) com os mesmos pinos apenas cimentados. Os autores verificaram que a técnica de reembasamento mostra-se efetiva na diminuição da linha de cimentação, em todos os espécimes, nos terços cervical e médio, excetuando-se o terço apical, que não apresentou diferença estatística com a mesma região do grupo controle. Relatou, também, que a técnica utilizada aumenta em muito pouco o tempo clínico, sendo de fácil execução.

Com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a técnica de cimentação de pinos anatômicos, justificou-se a realização da segunda pesquisa em que foi avaliada a espessura e a qualidade de dois diferentes cimentos resinosos na cimentação de pinos de fibra de vidro convencional e pinos anatômicos diretos em raízes humanas fragilizadas, sendo empregada a Microscopia de Varredura Confocal a Laser (MVCL). Uma investigação publicada recentemente revelou resultados comparáveis para as medições da camada híbrida obtidas por MEV e MCVL em amostras idênticas após cimentação de pinos de fibra em canal radicular (Bitter et al., 2009). Porém, o

método MCVL forneceu informações mais detalhadas sobre a penetração e distribuição de cimento resinoso e adesivo do que MEV. No presente estudo, foi verificado se o pino, o cimento e os terços radiculares influenciaram na espessura do cimento resinoso. A espessura de cimento resinoso foi significativamente menor nos grupos com pinos anatômicos do que nos grupos com pinos convencionais, exceto no terço apical do canal. Este resultado foi semelhante ao resultado obtido por Grandini et al., em 2005. Ainda, não foi observada diferença estatística significativa entre os cimentos quando avaliados isoladamente para pinos anatômicos, sendo que, para os grupos com pinos convencionais, apenas o terço cervical apresentou diferença estatística significativa entre RelyX U200 e RelyX ARC. Este achado pode ser explicado provavelmente devido à ausência de pressão de assentamento do pino sobre o cimento contra as paredes dentinárias. Já no grupo de pinos anatômicos, foi possível identificar *tags* de cimento resinoso nos terços cervical e médio com o cimento autoadesivo RelyX U200. Possivelmente isto ocorreu devido à propriedade tixotrópica do cimento resinoso, em que a pressão exercida pelo pino anatômico nas paredes do canal causa diminuição da viscosidade do material, favorecendo à retenção micromecânica dentro dos túbulos dentinários por meio de *tags* de cimento resinoso.

Apesar do elevado número de estudos laboratoriais relativos às características dos pinos anatômicos diretos (Grandini et al., 2005; Faria e Silva et al., 2009; Macedo et al., 2010; Clavijo et al., 2011; Schetini et al., 2014), os estudos clínicos para avaliar as taxas de sucesso a longo prazo são bastante limitados. Estudos clínicos longitudinais serão úteis para apoiar ainda mais os dados já existentes sobre os sistemas de pinos anatômicos diretos, que

parecem ser uma alternativa favorável aos tradicionais pinos metálicos para raízes fragilizadas, especificamente devido às características de falhas recuperáveis associados a estes sistemas (Belli et al.,2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Introdução geral e Discussão geral)

1. Arrais CA, 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; 37:219-227.
2. Belli S, Eraslan Ö, Eraslan O, Eskitaşcıoğlu G. Effect of restoration technique on stress distribution in roots with flared canals: an FEA study. *J Adhes Dent* 2014;16:185-191.
3. Bitter K, Neumann K, Kielbassa AM. Effects of pretreatment and thermocycling on bond strength of resin core materials to various fiber-reinforced composite posts. *J Adhes Dent* 2008;10:481–489.
4. Bitter K, Mueller J, Neumann K, Kielbassa AM. Correlation of scanning electron and confocal laser scanning microscopic analyses for visualization of dentin-adhesive interfaces of the root canal. *J Adhes Dent* 2009; 11: 7–14.
5. 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; 19:199–205.
6. Calixto LR, Bande´ca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LF, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent* 2012;37: 80-86.
7. Chieffi N, Chersoni S, Papacchini F, Vano M, Goracci C, Davidson CL, Tay FR, Ferrari M. The effect of application sustained seating pressure on adhesive luting procedure. *Dent Mater* 2007; 23:159-164.
8. Clavijo VGR, Reis JMSN, Kabbach W, Silva A L F, Oliveira Júnior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with diferente intraradicular posts. *J Appl Oral Sci* 2009; 17:574–578.
9. Clavijo VGR, Souza NC, Ferrarezi MA, Susin AH. Pinos anatômicos: uma nova perspectiva clínica. *Rev Dental Press Estet* 2006; 3:110-130.

10. Faria-e-Silva AL, Pedrosa-Filho C de F, Menezes M de S, Silveira DM, Martins LR. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J Appl Oral Sci* 2009; 17:600-4.
11. Ferracane JL, Stansbury JW, & Burke FJ. Selfadhesive resin cements— Chemistry, properties and clinical considerations *J Oral Rehabil* 2011;38:295-314.
12. Ferrari M, Vichi A, Garcia Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and core. *Am J Dent* 2000; 13:15B-18B.
13. Fonseca RB, Branco CA, Kasuya AVB, Favarão IN, Carlo HL, Coelho TMK. Anatomic fiber posts, clinical technique and mechanical benefits – a case report. *Dental Press Endod* 2011; 1:71-78.
14. Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent* 2014; 16:71–78.
15. 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; 31:608-612.
16. Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent* 2005; 7:235-240.
17. Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent* 2003; 5:243-247.
18. Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, Sano H, & Van Meerbeek B. Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2005, 84:1160-1164.
19. Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins RM. Effect of Cement Type, Relineing Procedure, and Length of Cementation on Pull-out Bond Strength of Fiber Posts. *J Endod* 2010; 36:1543–1546.
20. Nauman M, Koelpi M, Beuer F, & Meyer-Luckel H. 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: A prospective observation clinical study. *J Endod* 2012; 38:432-435.

21. Ozcan M, & Valandro F. Fracture strength of endodontically-treated teeth restored with post and cores and composite cores only. *Oper Dent* 2009; 34:429- 436.
22. Schetini DFF, Ferreira FJR, Amaral FLB, Miranda ME, Turssi C P. Root canal flare: Effect on push-out strength of relined posts. *Int J Adhes Adhes* 2014:139–144.
23. Silva GR, Santos-Filho PC, Simamoto-Júnior PC, Martins LR, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the train and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J* 2011; 22:230-237.
24. Stewardson, DA . Non- metal post systems. *Dent Update* 2001; 28: 326-336.
25. Tanoue N, Nagano K, Shioto H, Matsumura H. Application of a pre-impregnated fiber-reinforced composite in the fabrication of an indirect dowelcore. *J Oral Sci* 2007; 49:179-182.
26. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: A hypothetical or a Tangible goal. *J Endod* 2007; 33:4-391-398.

ANEXO A- Aprovação do protocolo de pesquisa CEP



*Comissão Científica e de Ética
Faculdade da Odontologia da PUCRS*

Porto Alegre 08 de agosto de 2012

O Projeto de: Tese

Protocolado sob nº: 0037/12
Intitulado: Pinos anatômicos cimentados com agentes resinosos em diferentes comprimentos radiculares: estudo da interface e da resistência de união.
Pesquisador Responsável: Profa. Dra. Ana Maria Spohr
Pesquisadores Associados: Nicélli Caetano de Souza
Nível: Tese / Doutorado

Foi **aprovado** pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em *08 de agosto de 2012*.

Este projeto deverá ser imediatamente encaminhado ao CEP/PUCRS.

Profa. Dra. Luciane Macedo de Menezes
Coordenadora da Comissão Científica e de Ética da
Faculdade de Odontologia da PUCRS

ANEXO B- Termo de consentimento livre e esclarecido

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS**

A pesquisa *"Pinos anatômicos cimentados com agentes resinosos em diferentes comprimentos radiculares: Estudo da interface e da resistência de união"* tem o objetivo de verificar qual é o melhor comprimento de cimentação de um pino no canal do dente em relação à resistência necessária para remover este pino de dentro do canal. Este estudo será realizado em laboratório com dentes extraídos. Em uma das etapas do estudo, será necessário utilizar dentes humanos com apenas 1 raiz, como o canino, para utilizar uma metodologia que analisa a interface de união entre o material de cimentação utilizado para fixar o pino no canal e a dentina da raiz. O senhor(a) está sendo atendido na Clínica de Cirurgia da Faculdade de Odontologia da PUCRS, e tem indicação de extração do seu dente canino por razões terapêuticas. Desta forma, convidamos você a doar seu dente para este estudo.

Como esta pesquisa será realizada em dentes extraídos por indicação terapêutica, não existem riscos a sua saúde.

No decorrer da pesquisa e na publicação dos resultados sua identidade será mantida em sigilo absoluto através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

O prazo máximo de armazenamento deste material biológico será de 10 anos. Caso queira, o sujeito da pesquisa, ou seu representante legal, a qualquer tempo e sem quaisquer ônus ou prejuízos, pode retirar o consentimento de guarda e utilização do material biológico, valendo a desistência a partir da data dessa formalização.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Instituição Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul-PUCRS, podendo ser publicados posteriormente. Os dentes utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador e após a conclusão da pesquisa serão descartados conforme as normas de descarte de materiais biológicos da Faculdade de Odontologia da PUCRS.

Ressaltamos também que a não concordância em doar os dentes para este estudo não implica em qualquer modificação no tratamento estabelecido.

Caso tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, ou aos seus resultados, poderá entrar em contato com os pesquisadores a Profa. Dra. Ana Maria Spohr, responsável pela pesquisa, pelo telefone (51)9995-0465, ou com a aluna de doutorado Niéli Caetano de Souza pelo telefone (51)85491119, ou ligar para o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS (CEP-PUCRS) pelo telefone (51)3320-3345 para qualquer esclarecimento, o qual funciona de segunda a sexta-feira, das 8h30min às 12h e das 13h30min às 17h.

Eu, _____, CPF nº _____, autorizo a coleta, o depósito, o armazenamento e a utilização do(s) meu(s) dente(s) canino(s), extraído(s) por indicação terapêutica, conforme consta em meu prontuário clínico, para a pesquisa citada acima.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o sujeito da pesquisa.

Declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, e concordo em doar meus dentes, conforme os dados acima.

Porto Alegre, ___ de _____ de _____

Assinatura do doador

Assinatura do Pesquisador Responsável

Testemunha

ANEXO C- Aprovação do projeto de pesquisa CEP

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Pinos anatômicos cimentados com agentes resinosos em diferentes comprimentos radiculares: Estudo da interface e da resistência de união

Pesquisador: Ana Maria Spohr

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 30904114.4.0000.5338

Instituição Proponente: UNIAO BRASILEIRA DE EDUCACAO E ASSISTENCIA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 723.125

Data da Relatoria: 11/08/2014

Apresentação do Projeto:

O Projeto de Pesquisa é parte dos requisitos obrigatórios da aluna Niéli Caetano de Souza para a obtenção do título de Doutora em Odontologia, no Programa de Pós-graduação em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. A realização do projeto acontecerá no Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal da pesquisa é "avaliar a interface e a resistência de união de pinos anatômicos fixados com cimento resinoso". Os objetivos secundários são "avaliar a resistência de união de pinos anatômicos fixados nas profundidades de 5 mm, e 10 mm, sem e com ciclagem mecânica, utilizando o cimento resinoso RelyX U 200 e Rely X ARC por meio do teste do pull out em dentes bovinos" e "avaliar as características morfológicas, por meio da microscopia eletrônica confocal a laser, da interface resina-dentina humana dos cimentos resinosos RelyX ARC e RelyX U 100 em relação à espessura da camada híbrida e o número de tags de resina nos diferentes tercos radiculares de pinos anatômicos".

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os ensaios serão realizados com dentes já extraídos de bovinos e seres humanos, portanto não

Endereço: Av. Ipiranga, 6681, prédio 40, sala 505
 Bairro: Partenon CEP: 90.619-900
 UF: RS Município: PORTO ALEGRE
 Telefone: (51)3320-3345 Fax: (51)3320-3345 E-mail: cep@puocs.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DO RIO GRANDE
DO SUL - PUC/RS



Continuação do Parecer: 723.125

apresentam riscos. Existe risco para a pesquisa caso não existam os dentes bovinos ou humanos suficientes para a pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto está bem apresentado com desenho da pesquisa claro e etapas bem definidas. Serão utilizados 80 dentes bovinos e 20 dentes caninos humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados e estão adequados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Favorável e sem lista de inadequações.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

PORTO ALEGRE, 19 de Julho de 2014

Assinado por:
Rodolfo Herberto Schneider
(Coordenador)

Endereço: Av. Ipiranga, 8881, prédio 40, sala 505
Bairro: Partenon CEP: 91.819-900
UF: RS Município: PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3320-3345 Fax: (51)3320-3345 E-mail: cep@pucrs.br