

**Fernando Molinari Gomes Gilson**

**INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO  
SUPERFICIAL, DOS TRATAMENTOS DE  
SUPERFÍCIE E DE SISTEMAS ADESIVOS NA  
RESISTÊNCIA ADESIVA DE PINOS DE FIBRAS  
DE VIDRO: estudo *in vitro***

**BELO HORIZONTE  
UFMG  
2006**

Fernando Molinari Gomes Gilson

**INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO SUPERFICIAL, DOS  
DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE E DE  
SISTEMAS ADESIVOS NA RESISTÊNCIA ADESIVA DE  
PINOS DE FIBRAS DE VIDRO: estudo *in vitro***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da  
Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de  
Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de  
Mestre em Dentística

Área de concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Castro Albuquerque

Belo Horizonte  
Faculdade de Odontologia da UFMG  
2006

# *Dedicatória*

*À minha mãe, personificação de amor incondicional, educação, cultura, caráter, dedicação, garra, e tantas outras virtudes que não cabem aqui e que são impossíveis de expressar com simples palavras.*

*À minha Tia Altamira e minha avó Dilce, exemplos sublimes de amor. Agradeço a Deus todos os dias por ter me colocado ao lado de tão belas pessoas, que com suas palavras de sabedoria e carinho sempre me ajudaram ao longo da vida.*

*À minha madrinha, tia Zezé, pelo amor, carinho, zelo e por estar sempre torcendo por mim.*

*Aos meus tios, tias, primos e primas, partes de um núcleo fundamental na vida de qualquer pessoa. Enfim, toda minha família, meu amparo, meu porto seguro.*

# *Agradecimentos*

*Aos professores Luiz Thadeu de Abreu Poletto, Rodrigo de Castro Albuquerque e Lincoln Dias Lanza, pelos ensinamentos, dedicação, amizade; por me ensinar que o amor pela profissão é fundamental, reflete nas pessoas ao redor e contagia; por me oferecerem a oportunidade de realização de um sonho e por dividirem comigo sabedoria e lições para a vida.*

*Á Juliana, companheira de batalha, cúmplice nos bons e maus momentos. Batalhamos, aprendemos e crescemos muito juntos. Ninguém vence sozinho. Você é parte fundamental dessa conquista.*

*Aos colegas do doutorado Herbert e Rogéli, companheiros também nesta luta diária. Novas amizades conquistadas que irão perdurar.*

*Ao Colegiado de Pós-Graduação, pela oportunidade a mim concedida, pelo apoio e profissionalismo sempre presentes.*

*Ao CDTN (Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear), na pessoa de Nirlando Antônio Rocha, pela realização dos ensaios experimentais deste estudo.*

*Ás secretárias do Colegiado de Pós-Graduação, pela atenção sempre dispensada a minha pessoa.*

*Aos alunos de graduação por mim auxiliados. Se pude contribuir para o seu aprendizado, saibam que vocês foram muito importantes na minha formação também.*

*Á Ângelus, nas pessoas de Patrícia Quintão e Lígia Kranz, pela contribuição a este trabalho e pela confiança em mim depositada.*

*Á Ivoclar/Vivadent, na pessoa de Themístocles Duarte, colaborando com a pesquisa e apoiando minha iniciativa.*

*À VOCO, nas pessoas de Roseli e Michel Klymus, pela contribuição e confiança no trabalho executado.*

*À SDI, na pessoa de Helena Oliveira, pela contribuição ao trabalho.*

*À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo auxílio-bolsa.*

*Aos pacientes atendidos na clínica da Pós-Graduação, pela compreensão da importância do atendimento criterioso e muitas vezes demorado, pela paciência nesse momento do aprendizado e crescimento profissional.*

*Aos professores e amigos Ricardo Vaz e Lauro Lúcio Mendes, que me incentivaram desde o início de tudo, anos atrás, me oferecendo oportunidades e abrindo portas para que eu pudesse chegar aonde cheguei.*

*Aos meus amigos (você sabem quem são), pelo simples fato de existirem e estarem sempre ao meu lado, me apoiando incondicionalmente. Tenho a plena convicção de que não seria o que sou hoje sem vocês na minha vida.*

*À Ivana, por viver comigo essa linda história, o amor, pela vontade de fazer dar certo, pela amizade, carinho, cumplicidade. Simplesmente por estar ao meu lado.*

*Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram, torceram ou rezaram por mim.*

## RESUMO

A idéia de se usar os condutos radiculares como pontos de retenção em dentes tratados endodonticamente não é nova. A função do pino é de prover retenção e suporte para os materiais restauradores. A cimentação adesiva de pinos de fibras de vidro e a conseqüente reconstrução do dente debilitado são procedimentos críticos, tanto pelas variáveis envolvidas como pela enorme gama de materiais disponíveis no mercado e seus diversos protocolos de utilização. O presente trabalho avaliou a influência de diferentes configurações superficiais, tratamentos de superfície e sistemas adesivos na retenção de pinos de fibras de vidro em canais artificiais de resina composta. O adesivo de presa dual Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo e o adesivo quimicamente ativado LOK<sup>®</sup> foram testados. Os tratamentos dados aos pinos foram: silanização e jateamento com óxido de alumínio de 50µm, e as configurações de superfície foram os pinos lisos ou serrilhados. Os espécimes, após cimentação em canais artificiais de resina composta e armazenados em água destilada a 37°C durante 5 dias, foram submetidos a testes de tração para medição da força de tração. Além disso, ainda foram feitas observações em microscópio óptico com aumento de 15x para se determinar os tipos de falha (adesiva na interface pino/cimento; adesiva na interface canal/cimento ou coesiva da resina do canal). Foi encontrado que o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo foi superior na resistência adesiva. E que sob observação em microscópio óptico, pôde-se perceber uma melhor performance do jateamento e da superfície serrilhada sobre a silanização.

# **INFLUENCE OF SURFACE TEXTURE, SURFACE TREATMENTS AND 2 ADHESIVE SYSTEMS ON RETENTION OF GLASS FIBER POSTS: AN *IN VITRO* STUDY**

## **ABSTRACT**

The Idea of using root canals as retention places in endodontically treated teeth is not new. The post's function is to provide retention and support to restorative materials. Adhesive cementation of glass fiber posts and the consequent core build up of a weakened tooth is a critical procedure, because of the several concerns involved and the great amount of materials available on the market and its different protocol instructions. This study evaluated the influence of different post configurations, post surface treatments and adhesive systems on retention of glass fiber posts on artificial root canals made of composite resin. The dual cure adhesive Excite DSC Soft Touch Endo<sup>®</sup> and the chemically activated adhesive LOK<sup>®</sup> were tested. Silane coupling agent and sandblasting with alumina oxide at 50µm were the different surface treatments tested. The different post configurations were serrated posts or smooth posts. After cementation, the specimen were stored in distilled water at 37°C for 5 days and then submitted to push-out tests. Also the type of failure was recorded. The adhesive Excite DSC Soft Touch Endo<sup>®</sup> was the most retentive. And, after microscopical observation it was concluded that sandblasting and serrated posts exhibited better performance than silane coupling agent on retention of the posts.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	valor percentual
®	Marca registrada
°	Graus
°C	Graus Celsius
4-META	4-metacriloxietil trimetílico anidro
ANOVA	Análise de variância
BisGMA	Bisfenol A Glicidil Metacrilato
CDTN	Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
cm/min	Centímetro por minuto
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
EDTA	Ácido etilenodiaminotetra acético
Fig.	Figura
Gpa	Giga Pascal
GPS	Glicidoxipropiltrimetoxi-silano
h	Hora
Kg	Kilograma
Kgf	Kilograma força
MEK	Metil etil cetona
mm	Milímetro
mm/min	Milímetro por minuto
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
MPa	Mega Pascal
MPS	3-rimetoxisililpropilmetacrilato

mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro quadrado
N	Newton
N°	número
Ni-Cr	Níquel-crômio
PMMA	Polimetil metacrilato
s	Segundos
TBBO	Óxido-tri-N-butilborano
TEGDMA	Trietilenoglicol metacrilato
µm	Micrômetro
µm/min	Micrômetro por minuto

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz acrílica e conduto .....	76
Figura 2 - Vista superior do bloco de resina acrílica e conduto em resina composta .....	76
Figura 3 - Resina composta quimicamente ativável .....	77
Figura 4 - Tubo de resina, ponta e seringa aplicadora auto-mistura .....	77
Figura 5 - Dispositivo para auto-mistura.....	78
Figura 6 - Pinos lisos e serrilhados .....	79
Figura 7 - Agente de ligação silano .....	80
Figura 8 - Uso de Microbrush Superfine® para aplicação do silano.....	80
Figura 9 - Aplicação do silano no pino .....	81
Figura 10 - Superfície do pino após aplicação do silano antes da secagem.....	81
Figura 11 - Microjato Removedor de óxido de alumínio de 50µm .....	82
Figura 12 - Detalhe da ponta aplicadora do Microjato Removedor .....	82
Figura 13 - Efeito do jateamento no pino (Observar a área opaca na margem direita) .....	83
Figura 14 - Sistema adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo .....	84
Figura 15 - Sistema adesivo LOK® .....	84
Figura 16 - Embalagem individual do adesivo.....	85
Figura 17 - Detalhe da ponta aplicadora .....	86
Figura 18 - Ponta aplicadora fina e cartucho.....	86

Figura 19 - Detalhe da ponta aplicadora onde está o agente iniciador da reação química.....	87
Figura 20 - Aplicação do adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo nos canais de resina .....	87
Figura 21 - Aplicação do adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo em um pino liso..	88
Figura 22 - Fotoativação do adesivo no conduto.....	88
Figura 23 - Fotoativação do adesivo no pino .....	89
Figura 24 - Aparelho fotoativador Optilux 550® .....	89
Figura 25 - Radiômetro analógico Demetron® .....	90
Figura 26 - Base e catalisador do adesivo LOK® .....	91
Figura 27 - Proporcionamento do catalisador.....	91
Figura 28 - Porporcionamento da base .....	92
Figura 29 - Homogeneização do adesivo .....	92
Figura 30 - Aplicação do adesivo nos canais .....	93
Figura 31 - Aplicação do adesivo em um pino liso .....	93
Figura 32 - Cimento C&B® .....	95
Figura 33 - Seringas do cimento C&B® .....	95
Figura 34 - Proporcionamento do cimento em placa de vidro .....	96
Figura 35 - Espatulação do cimento.....	96
Figura 36 - Uso de ponta Lentulo para inserção .....	97
Figura 37 - Inserção do cimento no canal do cimento.....	97
Figura 38 - Aplicação de cimento no pino .....	98
Figura 39 - Inserção do pino em um canal .....	98
Figura 40 - Encaixe do outro canal de resina.....	99
Figura 41 - Remoção dos excessos de cimento.....	99

Figura 42 - Máquina de testes Universal Instron TTDML® do CDTN/UFMG .....	101
Figura 43 - Detalhe da garra para preensão dos corpos de prova .....	101
Figura 44 - Encaixe de um corpo de prova a uma garra da máquina de testes universal.....	102
Figura 45 - Corpo de prova preso às duas garras da máquina de testes universal .....	102
Figura 46 - Detalhe do encaixe do corpo de prova.....	103
Figura 47 - Ensaio de tração em andamento à garra .....	103
Figura 48 - Detalhe do ensaio de tração .....	104
Figura 49 – Corpo de prova após falha .....	104

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Testes para verificar normalidade e homogeneidade de variâncias ....	107
TABELA 2 Análise de variância da resistência adesiva entre os grupos experimentais realizada em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG.....	107
(FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variância; ns: não-significativo - $p>0,05$ ). .....	108
TABELA 3 Médias e desvios padrão da força de resistência de grupos experimentais no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG .....	108
TABELA 4 Médias de falhas ocorridas nos grupos experimentais no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG .....	109
TABELA 5 Distribuição de freqüência de falhas em relação aos pinos no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG .....	110
TABELA 6 Distribuição de freqüência de falhas em relação ao adesivo no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG .....	111

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	
2.1 Propriedades físicas e análise da retenção de pinos pré-fabricados.....	21
2.2 Propriedades físicas dos cimentos resinosos de presa dual.....	32
2.3 Método dos elementos finitos com pinos de fibras x pinos metálicos.....	40
2.4 Testes de flexão e efeito da termociclagem na performance de pinos.....	41
2.5 Influência do sistema adesivo na performance de pinos de fibras.....	48
2.6 Testes das propriedades mecânicas dos sistemas adesivos.....	55
2.7 Influência do silano.....	59
2.8 Influência dos tratamentos de superfície.....	64
<b>3 PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>75</b>
4.1 Confeção dos condutos artificiais em resina composta.....	75
4.2 Tratamento superficial dos pinos de fibras de vidro .....	78
4.3 Aplicação do sistema adesivo .....	83
4.4 Cimentação dos pinos .....	94
4.5 Ensaio de tração .....	100
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>106</b>
5.1 Resultados da análise .....	107
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>112</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>122</b>
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>123</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dentes submetidos a tratamento endodôntico têm sua resistência diminuída devido à perda e/ou comprometimento de estruturas dentais, seja por cárie ou mesmo pelo próprio preparo do dente para se efetuar o tratamento adequado.

Quando da reconstrução de um dente que foi submetido a tratamento endodôntico, observa-se a necessidade de retenção para o trabalho protético a ser realizado. Normalmente o dente que apresenta grande destruição coronária precisa ser mais rapidamente reconstruído e, para isto, há geralmente necessidade de utilizar o conduto radicular, devidamente tratado, como local de escolha para a fixação de pinos pré-fabricados ou núcleos metálicos fundidos com a finalidade de obter retenção para o material de reconstrução. Por outro lado, observa-se que os pinos intra-radulares são muitas vezes usados no intuito de se fortalecer o remanescente dentário. Entretanto, durante a preparação do conduto radicular, dentina sadia é removida, e a perda na resistência à fratura pode não compensar outros ganhos. Logo, os pinos não reforçam a estrutura remanescente, e sim atuam como retentores para as reconstruções coronárias (MARTINEZ-INSUA et al.; 1998 e CAPUTO & STANLEY, 1976).

Basicamente, há duas opções de sistemas de pinos: os pinos feitos em laboratórios e os pinos pré-fabricados (EL-MOWAFI & MILENKOVIC, 1994).

Dentro destas duas categorias, temos: os núcleos metálicos fundidos; os pinos pré-fabricados metálicos (de titânio ou aço inoxidável); os pinos também pré-fabricados cerâmicos, de fibras de vidro, fibras de quartzo e os de fibras de carbono, respectivamente.

Em meio a tantos materiais, os mais usados são os pinos metálicos. Porém, Duret et al. (1990) afirmaram que o material ideal para restaurações de dentes tratados endodonticamente deveria ter formato idêntico ao do canal, às mesmas propriedades mecânicas da dentina e adesão efetiva ao dente. Desta forma, desenvolveram os pinos do sistema Composipost<sup>®</sup>, baseado em fibras de carbono embebidas em uma matriz de resina epóxica, cimentados adesivamente a dentina radicular.

Os grandes avanços da Odontologia adesiva trouxeram os pinos constituídos de resina, cerâmica, fibras, e tais materiais têm ganhado espaço na escolha de qual pino a se usar nas reabilitações de dentes altamente debilitados. Dentre as qualidades destes materiais pode-se citar o módulo de elasticidade mais próximo ao da dentina, em comparação com os pinos metálicos.

No entanto, apesar das qualidades destes materiais e das facilidades trazidas com o advento das técnicas adesivas, existe ainda a necessidade de estudos, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, para se saber mais a respeito da adesão, que ainda representa um desafio. Purton & Payne (1996) relataram menores valores de retenção da resina aos pinos de fibras de carbono quando comparados com pinos metálicos pré-fabricados devido, provavelmente, à falta de qualquer modificação na superfície dos pinos que provesse maior retenção mecânica, juntamente com a adesão.

Com as exigências estéticas aumentando a cada dia, percebeu-se a necessidade de um material que tivesse cor semelhante à da estrutura dental, e que não interferisse na transmissão de luz, de modo a tornar o trabalho final ainda mais imperceptível. Dessa forma, foram desenvolvidos os pinos de fibras de vidro, fibras de quartzo, e os pinos de dióxido de zircônia (cerâmicos). Dentre estes tipos

de pinos, os de fibras de vidro têm demonstrado ótima performance, tanto pela estética quanto pelas propriedades mecânicas. Quando analisado juntamente com os núcleos metálicos fundidos em ouro e os pinos de fibras de carbono através do método dos elementos finitos, os pinos de fibras de vidro apresentaram a melhor performance na distribuição de cargas funcionais e para-funcionais (PEGORETTI et al., 2002)

A busca por uma união durável entre materiais estéticos tem sido a preocupação de vários pesquisadores. Chen & Brauer (1982) já atestavam que o tratamento com agentes silanizadores aumentava a força de união entre as cargas inorgânicas dos compósitos à matriz resinosa, e ainda aumentava a resistência à degradação pela umidade. Estudos já comprovaram que quanto maior a força de união na interface matriz resinosa / carga inorgânica, maiores são as propriedades de resistência ao desgaste, impacto e fadiga (MOHSEN & CRAIG, 1995; WANG & PLOEHN, 1996; ZAO & TAKEDA, 2000; KESSLER & BLEDDZKI, 2000 e KEUSCH et al., 1998 ; DEBNATH et al, 2003). Os agentes de ligação trialcóxissilano (silanos) são compostos híbridos orgânico-inorgânico que possuem ao menos um átomo de silicone na sua composição e funcionam como mediadores promovendo adesão entre materiais diferentes através de sua dupla reatividade (MATINLINNA et al, 2004). Sua porção orgânica se liga quimicamente à matriz orgânica dos materiais, enquanto que os grupos alcoxi (parte inorgânica) reagem com o substrato inorgânico, formando ligações covalentes em ambos os casos. Sabe-se que o conteúdo inorgânico dos compósitos é, em grande parte dos produtos comercializados, formado pela sílica. Uma característica comum aos pinos de fibras de vidro, fibras de quartzo, e os pinos de dióxido de zircônia é justamente a presença de sílica na sua composição. Logo, isso os torna passíveis de tratamento

com o silano (McDONOUGH et al., 2001; ELLAKWA et al., 2002; GORACCI et al., 2005). Seria, portanto, um tratamento químico na superfície dos pinos.

Outro artifício utilizado no aumento da retenção dos pinos cimentados adesivamente seria a confecção de sulcos ou ranhuras ao longo dos pinos, de modo a aumentar a área superficial e promover retenção mecânica. Alguns pinos já são confeccionados com tal configuração superficial.

Há ainda um outro tipo de tratamento mecânico que pode ser realizado na superfície dos pinos para o aumento da sua retenção: a abrasão da superfície do pino com o óxido de alumínio de 50µm, criando micro-retenções mecânicas. Estudos comprovam a eficácia desse procedimento e argumentam que o ganho na retenção não prejudica a integridade do pino, ou o seu tamanho, nem o debilita (NERGIZ et al., 1997; SAHAFI et al., 2003).

Atualmente, a adesão é o maior desafio a ser vencido na odontologia estética. É o momento mais crítico de todo o processo restaurador. A cimentação adesiva, e em particular a intra-radicular, é ainda mais complexa. Vários materiais com diferentes características e propriedades distintas são utilizados ao mesmo tempo dentro dos canais radiculares, onde a visibilidade é pequena, o acesso difícil, a penetração de luz é limitada e o fator de configuração cavitária (fator C) é alto.

Estudos clínicos e laboratoriais têm demonstrado que restaurações indiretas com materiais adesivos cimentadas com cimento de fosfato de zinco ou cimento de íonômero de vidro sofrem de desadaptação marginal, fratura ou perda de retenção (HOFMANN et al, 2001). Isto porque estes agentes cimentantes não-resinosos têm seu modo de ação baseado na retenção puramente mecânica com a menor linha de cimento possível. Logo, o uso de um cimento resinoso é fundamental para que consiga a formação de um bloco único entre todos os componentes do sistema,

elevando a taxa de sucesso e longevidade desses trabalhos (MENDOZA & EAKLE, 1994; LOVE & PURTON, 1998). A mesma lógica é aplicada nos casos de cimentação intra-radicular de pinos de fibras.

Cimentos resinosos de presa dual têm a vantagem de possuírem maior tempo de trabalho e maior facilidade no manuseio (HOFMANN et al., 2001). Por outro lado, geram grandes dúvidas quanto ao grau de conversão dos monômeros alcançado nas regiões mais apicais dos canais radiculares, uma vez que não se pode mensurar a profundidade de penetração da luz (fundamental para a reação de polimerização), nem com que intensidade esta luz chega a tais regiões, podendo assim, comprometer todo o procedimento adesivo. Estudos comprovaram que somente a cura química dos cimentos de presa dual não é suficiente para assegurar um bom desempenho destes materiais (EL-BADRAWY & EL-MOWAFI 1995; HOFMANN et al., 2001) Os cimentos resinosos quimicamente ativados, por sua vez, asseguram uma polimerização uniforme em toda sua extensão, além de exibirem uma cura mais gradual, auxiliando na redução do estresse de contração de polimerização. Desta forma exibem melhor desempenho (BOUILLAGUET et al., 2003). Por isso, são preferíveis para a cimentação intra-radicular.

Outro componente imprescindível no processo de hibridização é o adesivo. Idealmente o adesivo deve penetrar em toda a extensão do canal e do pino formando uma camada fina e uniforme, e possuir tempo de trabalho longo o suficiente para a inserção do cimento e do pino sem que ocorra a polimerização durante esse período. No intuito de se simplificar a técnica e conseguir maior controle do tempo de trabalho alguns sistemas adesivos possuem cura dual, ou seja, além da polimerização química, necessitam de fotoativação. No entanto, sua utilização dentro de condutos radiculares é bastante contestável, uma vez que a

penetração de luz nos canais é limitada, não permitindo a polimerização completa do adesivo (VICHI et al, 2002). Trabalhos como os de Manocci et al., (1999), Vichi et al., (2002), Marques (2003) e Abou-Id (2005) relataram melhor performance dos adesivos quimicamente ativados sobre adesivos de presa dual na cimentação de pinos não-metálicos.

Ainda hoje se pode notar que existem muitas dúvidas e controvérsias no que diz respeito à reconstrução de dentes despolpados e quais os protocolos que devem ser adotados no intuito de se conseguir o máximo de cada componente presente no processo de hibridização e, com o avanço da Odontologia adesiva, os pinos não-metálicos se tornaram uma peça importante na resolução destes tratamentos. Portanto, torna-se o objetivo desse trabalho avaliar, *in vitro*, através de testes de tração e observação em microscópio óptico a influência da configuração superficial dos pinos de fibras de vidro (liso ou serrilhado); dos tratamentos de superfície em pinos de fibras de vidro (jateamento com óxido de alumínio 50 $\mu$ m ou aplicação de silano); e diferentes sistemas adesivos (quimicamente ativado ou de presa dual) na resistência adesiva de pinos de fibras de vidro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Propriedades físicas e análise da retenção de pinos pré-fabricados

Duret et al. (1990) realizaram um estudo a respeito das complicações e alternativas possíveis quando da reabilitação de um elemento dental altamente debilitado. O uso de metais com alta resistência ao cisalhamento, flexão e tração embora representem grande risco à fratura, apresentam grande sucesso. Alguns inconvenientes podem ser citados a respeito do uso de metais: corrosão, interfaces metal/composito, manutenção de integridade apical, dificuldades de re-intervenção endodôntica. Porém, o maior de todos os problemas é o de tirar a eficácia da raiz receptora, deixando a função de retenção para suportar quase que a totalidade de pressões ligadas a instalação de prótese. Nesse contexto insere-se o desenvolvimento de materiais com propriedades mecânicas que possibilitem transmissão de forças e atuem de maneira harmoniosa com o remanescente dental. O material ideal deveria possuir forma idêntica ao volume perdido; conferir as mesmas propriedades mecânicas que as da dentina; apresentar bastante ligação com a dentina radicular para que as solicitações não venham a desordenar os elementos. O propósito final é de se alcançar dois objetivos fundamentais: - solicitar o mínimo possível das estruturas dentárias através de união durável onde o comportamento mecânico será tal que as forças oclusais se repartirão dentro do volume corono-radicular restaurado da mesma forma que dentro de um dente são; o modo de abertura será bem conservador; as interfaces serão performáticas; a manutenção do selamento apical será mantida, e as re-intervenções endodônticas serão possíveis; - assegurar as exigências protéticas: a forma do preparo

assegurar uma boa retenção; o material deverá apresentar valores elevados de cisalhamento, tração, compressão, e módulo de elasticidade próximo ao da estrutura dental; o máximo de dentina será conservada; e caso a reconstrução seja feita a partir de dois ou mais elementos, estes devem ter propriedades mecânicas bem similares e ligações entre si efetivas. A partir destes objetivos pode-se prever que métodos indiretos de confecção são ineficientes, devido aos erros que podem ocorrer durante as várias etapas e adaptação inferior em relação aos métodos diretos. Dentro destes conceitos foi apresentado o Composit<sup>®</sup>, um sistema de reconstrução corono-radicular constituído por: - um pino intra-radicular (Composit<sup>®</sup>) cilíndrico com dois estágios diferentes, composto por feixes de fibras de carbono de 8µm de diâmetro, dispostos longitudinalmente ao longo do pino, correspondendo a 64% do peso do pino, e uma matriz de resina epóxica (34% do peso). Suas propriedades mecânicas são: resistência ao cisalhamento - 170 MPa, proporcionando resistência à fratura; resistência à compressão - 440 MPa, ligeiramente acima das estruturas dentais; módulo de elasticidade - material anisotrópico que permite diferentes valores dependendo do ângulo de cargas aplicado (força perpendicular: 8 GPa, força a 20°: 34 GPa, força a 45°: 21 GPa, muito próximo da dentina, que é de 18 GPa). O pino não é radiopaco e os tratamentos endodônticos são possíveis através da remoção do pino. - um material de reconstrução coronária (Silipost<sup>®</sup>), constituído de uma resina poliuretano-acrílica autopolimerizável carregada de fibras de vidro curtas dispostas de maneira aleatória, com módulo de elasticidade muito baixo (0,3 GPa), conferindo propriedades de resiliência e amortecimento, e resistência a compressão próxima à da dentina (cerca de 20 MPa), sendo quimicamente compatível com o material do pino, estabelecendo forte ligação.- um agente de união (Boston Post<sup>®</sup>), composto

de uma resina BIS-GMA sem carga, de baixa viscosidade.

Standlee & Caputo (1992) estudaram a retenção de três sistemas de cimentação resinosos em pinos metálicos. Foram utilizados 30 dentes anteriores recém-extraídos, divididos aleatoriamente em 30 grupos de 10 dentes cada. Estes tiveram suas coroas removidas na junção cimento-esmalte e seus canais foram tratados e obturados com cimento contendo eugenol (CRCS Cement<sup>®</sup>, The Hygienic Corp., USA). Os espécimes foram armazenados por 1 semana antes do estudo. Os canais foram preparados com 8mm de profundidade para receber os pinos Para Post<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA), cimentados passivamente. Os canais foram então tratados com 3 sistemas adesivos diferentes: Boston Post<sup>®</sup> (Roydent Dental Products, USA), após aplicação de etilenodiaminotetracetato (EDTA) a 17% por 1 minuto, seguido de hipoclorito de sódio a 5,25% por 1 minuto; Unity Post<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA), após aplicação de ácido poliacrílico a 10% por 20s., seguido de lavagem com água. Os canais foram secos com pontas de papel absorvente a aplicado o agente de secagem metil etil cetona (MEK) por 10s.; C&B Metabond<sup>®</sup> (Parkell, USA), após a aplicação de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3% (solução 10:3) por 10s., seguido de lavagem com água por 20s. Os canais também foram secos com pontas de papel absorvente. Foram utilizados os cimentos respectivos de cada sistema adesivo: o do grupo do sistema Boston era à base de BisGMA sem carga e trietilenoglicol (TEGDMA), onde base e catalisador foram manipulados por 5s, o cimento levado aos canais com auxílio de uma ponta Lentulo e deixados por 5 minutos para a presa inicial. O cimento do sistema Unity era também à base de BisGMA, porém com carga. Base e catalisador foram manipulados por 20s e levados aos canais com auxílio de uma ponta Lentulo e deixados por 5 minutos para a presa inicial. Já o cimento do sistema C&B

Metabond era à base de polimetil metacrilato (PMMA), 4-meacriloxietil trimetílico anidro (4-META) e um iniciador de superfície óxido-tri-N-butilborano (TBBO), que reage com o cloreto férrico. O cimento foi manipulado, levado ao canal com ponta Lentulo e pincelado no pino e deixado em repouso por 30 minutos. Os espécimes foram armazenados em solução salina a 0,9% a 37°C por 1 semana antes dos testes. Foi utilizada uma máquina de testes universal Instron<sup>®</sup> (Instron Corp., USA) e as falhas foram analisadas com um microscópio binocular com aumento de 10 vezes. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste T. Os valores encontrados para o grupo do sistema Boston foram 54,7±11,1N, e as falhas foram na interface dentina-resina. No grupo do sistema Unity os valores foram de 5,4±4,4N, com falhas coesivas no cimento. Já para o grupo do sistema C&B Metabond encontraram-se valores de 77,4±14,2N, com falhas coesivas da resina, acompanhadas de fraturas na dentina em 80% dos espécimes. A exposição do cimento endodôntico ao agente MEK pode ter sido a causa de falhas prematuras. Então, outros espécimes foram preparados sem a utilização do agente MEK. Neste grupo os valores subiram para 18,7±5,8N, com falhas na interface cimento-dentina. Pôde-se concluir que a cimentação adesiva pode ser extremamente retentiva. O sistema Unity com o agente de secagem MEK é ineficiente e seu uso é questionável. O sistema C&B Metabond foi o mais retentivo; o sistema Boston foi mais eficaz que o sistema Unity; e que pôde-se perceber neste estudo que a cimentação passiva com agentes resinosos pode ser similar à cimentação ativa.

Mendoza & Eakle (1994) realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de se comparar a retenção de pinos pré-fabricados de titânio (Parapost<sup>®</sup>, Whaledent, USA) cimentados com diferentes cimentos resinosos e um cimento de ionômero de

vidro. Foram utilizados 60 caninos superiores, que foram tratados endodonticamente e tiveram suas coroas removidas. Os canais foram preparados com 8mm de profundidade para receber os pinos Unity<sup>®</sup> n°5 (Whaledent, USA). Os dentes foram divididos aleatoriamente em 4 grupos de 15 dentes cada um, de acordo com o cimento utilizado: no grupo 1 foi usado o cimento ionomérico Ketac-Cem<sup>®</sup> (ESPE-Premier, USA); no grupo 2 foi usado o cimento Panavia<sup>®</sup> (Kuraray, Japão); no grupo 3 foi usado o cimento C&B Metabond<sup>®</sup> (Parkell, USA); e no grupo 4 foi usado o cimento All Bond 2<sup>®</sup> (Bisco, USA). Após 5 semanas, os espécimes foram montados em blocos de resina acrílica e levados a uma máquina de testes universal Instron 1122<sup>®</sup> (Instron Corp., USA), onde foram aplicadas cargas de tração a uma velocidade de 0,5mm/min. até o momento da ruptura do conjunto e os valores anotados e submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Student-Newman-Keuls com nível de significância de 0,05. Alguns espécimes foram excluídos da análise dos resultados, pois no grupo 1 houve 1 fratura radicular; no grupo 4, houve 1 fratura radicular e em 2 espécimes não foi possível a inserção no comprimento total do canal, devido a presa rápida do cimento All Bond 2<sup>®</sup>. Os resultados mostraram que o cimento mais retentivo foi o C&B<sup>®</sup> (41,3Kg). Os cimentos Panavia<sup>®</sup> e Ketac-Cem<sup>®</sup> exibiram valores estatisticamente semelhantes (30,2Kg e 24,4Kg, respectivamente). Já o cimento All Bond 2<sup>®</sup> foi o menos retentivo (18,5Kg). Todos os pinos falharam na interface dentina/cimento. E concluiu-se que, apesar de não haver um método prático de simular as condições orais, o estudo pode indicar as propriedades retentivas dos cimentos.

Love & Purton (1998) investigaram a retenção de pinos de aço inoxidável serrilhados cimentados com vários materiais. Foram utilizados 50 dentes humanos hígidos uni-radiculares seccionados transversalmente 1mm acima da junção

cimento/esmalte, que tiveram seus canais tratados endodonticamente e obturados com cimento livre de eugenol (Sealer AH26<sup>®</sup>, Dentsply, Reino Unido). Os dentes foram então montados em blocos de acrílico. Os orifícios dos pinos foram preparados com brocas do kit de pinos Parapost<sup>®</sup>, de 1,5mm de diâmetro, com 10mm de profundidade. Os canais foram irrigados e secos com cone de papel e divididos aleatoriamente em 5 grupos para a cimentação com um dos 5 cimentos: Ketac-Cem<sup>®</sup> (ESPE, Alemanha), um cimento de ionômero de vidro usado como controle; B- Vitremer<sup>®</sup> (3M, USA), um cimento de ionômero de vidro modificado por resina; C- Fuji DUET<sup>®</sup> (GC Corp., Japão), um cimento reforçado de ionômero de vidro; D- Scotchbond Resin Cement<sup>®</sup> (3M, USA), um cimento resinoso à base de metacrilato; E- Panavia 21<sup>®</sup> (Kuraray, Japão), um cimento resinoso de cura química. Em todos os espécimes os materiais foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes. Os cimentos foram pincelados nos pinos e levados em posição dentro dos canais e mantidos com pressão dos dedos durante 15 minutos, e então armazenados. Os corpos de prova foram levados a uma máquina de testes universal Instron<sup>®</sup> (Instron Corp., Reino Unido), a uma velocidade de 5mm/min., até o momento da remoção dos pinos de dentro dos canais. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e aos testes T de Student e U Mann-Whitney, com intervalo de confiança de 99%. Além disso, os tipos de falha foram analisados visualmente em um estéreo-microscópio com aumento de 12 vezes. Os resultados encontrados revelaram que o cimento Scotchbond Resin Cement<sup>®</sup> exibiu os maiores valores de retenção (340,06N), significativamente maior que o Ketac-Cem<sup>®</sup> (286,16N) e o Panavia 21<sup>®</sup> (212,56N) que, por sua vez, foram superiores ao Vitremer<sup>®</sup> (53,90N) e Fuji DUET<sup>®</sup> (25,97N). A análise visual revelou que os pinos cimentados com o cimento Scotchbond Resin Cement<sup>®</sup> exibiram falhas na interface

cimento-pino. O Ketac-Cem<sup>®</sup> também exibiu comportamento semelhante somado a falhas coesivas do cimento. Os pinos cimentados com o cimento Panavia 21<sup>®</sup> exibiram falhas na interface cimento-dentina, enquanto que os pinos cimentados com os cimentos Vitremer<sup>®</sup> e Fuji DUET<sup>®</sup> exibiram falhar coesivas do cimento. Pode-se confirmar com este trabalho que o fator limítrofe para a performance dos cimentos de ionômero de vidro é sua força coesiva, e que a performance dos cimentos resinosos Scotchbond Resin Cement<sup>®</sup> e Panavia 21<sup>®</sup> poderia ser melhor (assim como os tipos de falha), caso tivesse sido feito o condicionamento ácido dos canais e os processos adesivos. Ainda, os baixos valores dos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina podem ter sido resultado de procedimentos de manipulação, apesar de pouco provável, ou de uma concentração pó / líquido muito baixa usada para permitir uma boa cimentação mas que, por outro lado, causou perda nas propriedades mecânicas. Concluiu-se dizendo que os cimentos resinosos foram os que obtiveram melhores resultados.

Cohen et al. (1998) realizaram um trabalho com o objetivo de se avaliar a retenção dos pinos pré-fabricados de aço inoxidável Flexi-Post<sup>®</sup> (Essential Dental Systems, USA) de 1,65mm de diâmetro, Access Post<sup>®</sup> (Essential Dental Systems, USA) de 1,35mm de diâmetro e Para Post<sup>®</sup> (Whaledent / Coltene, Alemanha) de 1,25mm de diâmetro, quando cimentados com cimento resinoso Flexi-Flow<sup>®</sup> ou Flexi-Flow Natural<sup>®</sup> (Essential Dental Systems, USA), cimento de ionômero de vidro Ketac-Cem<sup>®</sup> (ESPE, USA), dois cimento de ionômero de vidro modificados por resina (Duet<sup>®</sup>, GC Corp., Japão e Advance<sup>®</sup>, LD Caulk, USA) e de um cimento de fosfato de zinco (Fleck's Cement<sup>®</sup>, USA). Foram utilizados 160 dentes humanos unirradiculares hígidos recém extraídos que foram divididos aleatoriamente em 16 grupos de 10 dentes cada um, de acordo com o pino e o cimento utilizado. A

profundidade do preparo nos condutos foi de 10mm para o pino Access Post<sup>®</sup> e de 11mm para os outros dois pinos. Somente o grupo do Para Post<sup>®</sup> cimentado com o cimento resinoso Flexi-Flow<sup>®</sup> recebeu condicionamento ácido a 37,5% por 30s. Nos dentes do grupo do Access Post<sup>®</sup> cimentado com Flexi-Flow<sup>®</sup> utilizou-se uma broca especial para criação de sulcos e ranhuras nos canais. Os demais grupos não receberam nenhum tipo de tratamento. Após a cimentação, os espécimes foram deixados em repouso por 1h antes de serem colocados em blocos de acrílico e armazenados em ambiente com 100% de umidade e temperatura ambiente, para então serem realizados os testes. Foi utilizada uma máquina de testes universal (810 MTS Testing Machine<sup>®</sup>, Material Testing System Corp., USA) a uma velocidade de 0,638cm/min. até o momento da fratura. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste comparativo múltiplo de Newman-Keuls, com nível de significância 0,05. Os resultados indicaram que, mesmo sem a hibridização dentinária, o cimento resinoso Flexi-Flow<sup>®</sup> exibiu os maiores valores de retenção, seguido pelo cimento de fosfato de zinco, e o cimento de ionômero de vidro modificado por resina Advance<sup>®</sup>, o cimento de ionômero de vidro Ketac-Cem<sup>®</sup> e o outro cimento de ionômero de vidro modificado por resina Duet<sup>®</sup>. O cimento resinoso foi significativamente mais retentivo que o cimento de fosfato de zinco que, por sua vez, foi estatisticamente superior aos demais. Em relação aos pinos, o pino Flexi-Post<sup>®</sup> foi mais retentivo (303,91 libras) do que os pinos Access Post<sup>®</sup> e Para Post<sup>®</sup> (96,2 libras e 56,2 libras, respectivamente). Tal achado está diretamente relacionado ao fato de que o pino Flexi-Post<sup>®</sup> possui sulcos e ranhuras superficiais, o que aumenta a retenção mecânica, além de possuir fendas que auxiliam na adaptação a e minimizam o stress de inserção. Já os pinos Access Post<sup>®</sup> e Para Post<sup>®</sup> são pinos passivos e não travam ativamente

na dentina, dependendo exclusivamente do cimento para a retenção. O pino Access Post<sup>®</sup> obteve melhor resultado devido à sua configuração superficial com sulcos e com a parede oca, que proporciona melhor escoamento do cimento. Portanto, as configurações macro-mecânicas foram fundamentais na performance dos pinos. Pôde-se concluir então que o pino Flexi-Post<sup>®</sup> e o cimento resinoso Flexi-Flow<sup>®</sup> foram os materiais que exibiram melhor performance.

Purton & Payne (1996) realizaram um estudo com o objetivo de se identificar a resistência flexural dos pinos de fibras de carbono (C-Post<sup>®</sup>) e dos pinos de aço inoxidável (Parapost<sup>®</sup>), além de comparar a retenção dos núcleos de resina aos pinos de fibras de carbono e aos de aço. Para o teste de resistência flexural, 10 pinos de fibras e 10 pinos de aço foram testados sob cisalhamento, com uma carga aplicada em ângulo de 90° em relação ao longo eixo dos pinos. Os pinos foram colocados em uma máquina de testes universal (Instron<sup>®</sup>, Instron Corp., USA), a uma velocidade de 10mm/min e a carga aplicada até o limite elástico. Os valores obtidos foram analisados e calculados os módulos de elasticidade dos pinos. Para o teste de força de união, núcleos de resina foram confeccionados em moldes de silicona e os pinos foram colocados na resina, e o conjunto removido do molde após o tempo determinado pelo fabricante. O conjunto foi colocado em uma máquina de testes a uma velocidade de 10mm/min até a fratura. Os resultados obtidos para os módulos de elasticidade dos pinos de aço: 213 GPa, e para os pinos de fibra de carbono: 319 GPa. Nos testes de retenção dos núcleos de resina, houve diferença significativa entre os pinos de aço, com valores bem maiores em relação aos pinos de fibras de carbono. A configuração dos pinos afetou significativamente a retenção dos núcleos de resina e o módulo de fratura com cargas de tensão. O diâmetro dos pinos não influenciou a retenção dos núcleos. Os

autores concluíram dizendo que os pinos de fibra de carbono têm potencial para substituir pinos metálicos em várias situações clínicas. Têm grande rigidez, o que permite que se usem pinos de menor diâmetro, tornando o tratamento mais conservador. Porém, ressaltam que seriam interessantes alterações para melhorar a retenção dos núcleos, tais como tratamento da superfície dos pinos, serrilhas. Ainda citam como desvantagem o fato de os pinos serem radiolúcidos.

Manocci et al. (2001) realizaram um estudo com o objetivo de analisar a infiltração associada a 3 diferentes sistemas adesivos usados em pinos de fibras e reconstruídos com compósitos em dentes tratados ou não com cimentos obturadores e temporários contendo eugenol. Microscopia confocal foi usada para examinar a penetração de corante fluorescente. 72 pré-molares inferiores unirradiculares foram divididos em 6 grupos de 12 dentes cada. Em cada grupo, 1 dente servia de controle negativo e 1 de controle positivo. Nos grupos 1, 3, 5 foi feito tratamento endodôntico e curativos utilizando cimentos livres de eugenol. Nos grupos 2, 4, 6 usou-se cimento obturador e cimentos temporários à base de eugenol. Nos grupos 1, 2, 6 foram usados pinos de fibras de carbono revestido por quartzo (Aestheti-Post®, RTD, França), e nos grupos 3, 4, 5 foram usados pinos de fibras de carbono (Tech 2000®, Carbotech, USA). Nos grupos 1e 2 foi feito condicionamento ácido, aplicação de adesivo quimicamente ativado (All Bond 2®, Bisco, USA), cimentação do pino de fibras de carbono revestido por quartzo (Aestheti-Post®, RTD, França) com cimento quimicamente ativado (C&B®, Bisco, USA), e reconstrução com resina quimicamente ativada (Bis-Core®, Bisco, USA). Nos grupos 3 e 4 o condicionamento foi feito usando-se sistema auto-condicionante (Panavia 21®, Kuraray, Japão) por 60s, cimentação do pino de fibras de carbono (Tech 2000®) com cimento de presa dual, porém sem fotoativação (Panavia 21

Fluoro Cement<sup>®</sup>, Kuraray, Japão), e reconstrução com resina fotoativável (Clearfil Photocore<sup>®</sup>, Kuraray, Japão). O grupo 5 teve o mesmo protocolo dos grupos 3 e 4, exceto pela fotoativação do cimento de presa dual (Panavia 21 Fluoro Cement<sup>®</sup>). No grupo 6 não houve condicionamento da dentina. Os pinos de fibras de carbono foram cimentados com cimento de fosfato de zinco e a reconstrução foi feita com resina quimicamente ativada sem técnica adesiva. Após isso, os espécimes foram inseridos em blocos de resina acrílica, com fina camada de resina Z100<sup>®</sup> (3M, USA) e silicona ao redor da raiz para simular o ligamento periodontal, e foram submetidos a 300.000 ciclos de carga de 125N, em uma inclinação de 45°, por vestibular. Os dentes foram pintados com esmalte de unha a 5mm ao redor da interface das restaurações, e imersos em solução de Rodamina B. O controle negativo foi tratado como os outros, e o controle positivo não recebeu o esmalte de unha. Nos resultados, todos os grupos demonstraram infiltração. Os grupos 1 e 2 infiltraram mais que 3, 4, 5. Todos os grupos com cimento resinoso infiltraram significativamente menos que o grupo do cimento de fosfato de zinco. Não houve diferença significativa entre os grupos que usaram ou não materiais à base de eugenol. A interface pino-cimento resinoso não mostrou infiltração. A interface pino-fosfato de zinco mostrou infiltração. Pôde-se observar que os grupos 1 e 2 (All Bond 2<sup>®</sup>+C&B<sup>®</sup>) exibiram os menores graus de infiltração, e que não houve diferenças entre os grupos tratados com e sem eugenol. Foi concluído que: o selamento coronário obtido com o sistema de condicionamento convencional (All Bond 2<sup>®</sup>) obteve menos infiltração que o sistema auto-condicionante (Panavia 21<sup>®</sup> e Panavia Fluoro Cement<sup>®</sup>); o cimento resinoso de presa dual (Panavia Fluoro Cement<sup>®</sup>) mostrou menos infiltração que o seu predecessor (Panavia 21<sup>®</sup>); não houve diferença significativa de infiltração entre os grupos que usaram e os que

não usaram materiais à base de eugenol.

## 2.2 Propriedades físicas dos cimentos resinosos de presa dual

El-Badrawy & El-Mowafi (1995) realizaram um estudo com o objetivo de se analisar o efeito da fotoativação na dureza superficial de um grupo de cimentos resinosos de presa dual, além de investigar o efeito que diferentes espessuras de inlays cerâmicas e de resina tem na cura dual destes cimentos. Foram testados 7 cimentos: Dicor MGC Cement<sup>®</sup> (Caulk-Dentsply, USA), Dual Cement<sup>®</sup> (Vivadent, Liechtenstein), Duo Cement<sup>®</sup> (Coltene AG, Suíça), Indirect Porcelain System<sup>®</sup> (3M, USA), Porcelite Dual Cure<sup>®</sup> (Kerr, USA), Sono-Cem<sup>®</sup> (ESPE, Alemanha) e Twin-Look<sup>®</sup> (Heraeus Kulzer, Alemanha). Para cada cimento foram feitos 4 blocos de 2,5mm de espessura e 6mm de diâmetro, que foram manipulados conforme instruções dos fabricantes. Os blocos foram armazenados em ambiente escuro a 37°C sem fotoativação. Foram feitos outros 4 blocos de cada cimento e fotoativados por 60s. Uma máquina de teste de micro-dureza Tukon 300<sup>®</sup> (Acco Ind., USA) com endentação Knoop e carga da 30mg foi usada para determinar a micro-dureza superficial em períodos de 1h, 24h, e 1 semana após a preparação dos espécimes. Foram feitas 5 leituras para cada espécime. A segunda parte do estudo foi feita para analisar a influência de diferentes espessuras de inlays cerâmicas e de resina na cura dos cimentos. Foram utilizados espaçadores de cerâmica e de resina com espessuras de 1, 2, 3, 4, 5 e 6mm. Para cada cimento foram fabricados 24 corpos de prova que, para a fotoativação, tinham suas superfícies cobertas por um dos espaçadores. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5%. Os resultados

mostraram que todas as amostras exibiram diminuição da dureza de forma significativa ao comparar as amostras de cura química com as de cura dual. Os cimentos Sono-Cem<sup>®</sup> e Dual Cement<sup>®</sup>, Porcelite Dual Cure<sup>®</sup> e Duo Cement<sup>®</sup>, e Dicor MGC Cement<sup>®</sup> e Twin-look<sup>®</sup> foram semelhantes entre si. O maior valor após 1 semana foi do cimento Indirect Porcelain System<sup>®</sup>. Em relação a fotoativação através dos espaçadores, todos os cimentos exibiram uma tendência a diminuir a dureza à medida que aumentava a espessura do espaçador. Nos testes realizados após um dia, reduções significativas ocorriam quando a fotoativação era feita através de espaçadores de 1mm. Já após 1 semana, as reduções ocorriam quando os espécimes eram fotoativados a partir de 2mm de espessura. Pôde se observar que os cimentos Dicor MGC Cement<sup>®</sup>, Twin-look<sup>®</sup>, Dual Cement<sup>®</sup>, Porcelite Dual Cure<sup>®</sup> e Duo Cement<sup>®</sup> polimerizados apenas quimicamente exibiram grau relativamente altos de dureza, com redução de 2 a 6% após uma semana, em relação aos mesmos cimentos com presa dual. Para os demais cimentos esta redução foi muito maior, chegando a 25% ou mais dos valores dos mesmos materiais com presa dual após uma semana. O mesmo padrão pôde ser observado quando analisada a influência dos espaçadores. O grupo composto pelos cimentos Sono-Cem<sup>®</sup>, Dual Cement<sup>®</sup> e Indirect Porcelain System<sup>®</sup> exibiu redução de 19 a 29% com espaçador de 6mm de cerâmica e 24 a 56% para espaçador de 6mm de resina. Os demais cimentos exibiram redução de 64 a 100% na dureza. Concluiu-se que três dos cimentos exibiram valores de dureza muito menores (chegando a 25% do valor com presa dual) quando utilizada somente a cura química, mesmo após uma semana; reduções significativas na dureza foram encontradas quando se fotoativavam os cimentos através de espessuras a partir de 3 mm, independente do material da inlay.

Hofmann et al. (2001) estudaram a hipótese de que a cura química dos cimentos resinosos de presa dual é efetiva na polimerização destes materiais, e que o efeito da cura química destes materiais pode ser comparado tanto à fotoativação da pasta base do cimento dual como à própria presa dual. Ainda, analisaram a influência da fotoativação através de espessuras diferentes de porcelana, medindo propriedades de resistência flexural, módulo de elasticidade e dureza superficial. Foram selecionados para o trabalho 4 cimentos de presa dual (Variolink II<sup>®</sup>, Vivadent, Liechtenstein; Cerec Vita Duo Cement<sup>®</sup>, Coltene, Suíça; Sono-Cem<sup>®</sup>, ESPE, Alemanha; Nexus<sup>®</sup>, Kerr, USA) e um cimento quimicamente ativado (Panavia 21<sup>®</sup>, Kuraray, Japão). Os espécimes dos materiais de presa dual foram preparados de 5 modos diferentes: cura química – quantidades equivalentes de base e catalisador foram manipulados por 30s, injetados em um molde com auxílio de seringas descartáveis e protegidos da luz; cura dual – após a manipulação, os materiais foram irradiados por 40s em ambos os lados com auxílio de 4 lâmpadas halógenas simultaneamente com potência de 950mW/cm<sup>2</sup>; cura dual através da porcelana – durante a irradiação, foram colocadas entre a luz e o cimento restaurações em porcelana vítrea reforçada com leucita (IPS Empress<sup>®</sup>, Ivoclar, Liechtenstein) com espessura de 2-5mm; fotoativados - a pasta base dos cimentos foi inserida nos moldes e fotoativada como nos outros grupos; fotoativados através da porcelana - a pasta base foi fotoativada com a restauração cerâmica entre a luz e o cimento. Os espécimes do cimento Panavia 21<sup>®</sup> (controle) foram manipulados de acordo com as instruções do fabricante. As medidas dos espécimes para os testes de resistência flexural e módulo de elasticidade foram padronizadas em 2 x 2 x 25mm, e os testes foram realizados 24h após o preparo dos espécimes. Foi utilizada uma máquina de testes universal (Zwick, Alemanha) para o teste de dobramento, a uma velocidade de

0,75mm/min. Para a avaliação da dureza superficial, espécimes de 5x5mm foram preparados nos moldes com 2mm de altura. Foram armazenados em água desmineralizada a 37°C por 24h antes dos testes. Foi aplicada uma força de 4,905N por 30s e em cada espécime foram realizadas 3 endentações. Os resultados foram analisados pelo teste múltiplo pareado de Mann-Whitney com nível de significância 0,05. As comparações foram feitas entre as diversas formas de ativação para cada cimento, e entre o Panavia 21<sup>®</sup> (controle) e a cura química de cada cimento. Para todos os cimentos de presa dual, a cura dual foi superior nas 3 propriedades analisadas quando comparada à fotoativação (com ou sem a porcelana). As únicas exceções foram para a dureza superficial do Variolink II<sup>®</sup> e DuoCem<sup>®</sup> que não foram estatisticamente diferentes da cura dual dos mesmos. A interposição da porcelana na fotoativação diminuiu sensivelmente todas as propriedades analisadas para o DuoCem<sup>®</sup> e SonoCem<sup>®</sup>, o módulo de elasticidade do cimento Nexus<sup>®</sup> e a dureza superficial do Variolink II<sup>®</sup>. Já a interposição da porcelana onde houve a cura dual não interferiu na resistência flexural de nenhum material. Mas reduziu o módulo de elasticidade do cimento Nexus<sup>®</sup> e resultou nos menores valores de dureza superficial para o DuoCem<sup>®</sup>, SonoCem<sup>®</sup> e Nexus<sup>®</sup>. A cura química do Variolink II<sup>®</sup> produziu menor dureza superficial, resistência flexural e módulo de elasticidade do que a cura dual ou fotoativação. Para o cimento Nexus<sup>®</sup> a cura química foi igual à fotoativação, à exceção do módulo de elasticidade que foi maior com a fotoativação. Para o SonoCem<sup>®</sup> a cura química foi mais eficiente que a fotoativação e equivalente à cura dual. Comparando ao grupo controle, pôde se observar que a resistência flexural do Panavia 21<sup>®</sup> foi equivalente a da cura química do Variolink II<sup>®</sup>, DuoCem<sup>®</sup> e Nexus<sup>®</sup> e menor que o SonoCem<sup>®</sup>. O módulo de elasticidade foi menor que o SonoCem<sup>®</sup>, equivalente ao Nexus<sup>®</sup> e maior que os demais E a dureza superficial foi equivalente

ao SonoCem<sup>®</sup> e superior aos demais. Tais achados podem ser explicados baseado na quantidade de carga inorgânica presente em cada cimento, que é inerente ao material e não é alterada pelo tipo de cura. O cimento SonoCem<sup>®</sup> é o que possui maior quantidade de carga, e por isso exibiu as melhores propriedades mecânicas entre os cimentos de presa dual. O cimento Panavia 21<sup>®</sup> possui quantidade semelhante de carga e por isso demonstrou resultados equivalentes. Concluiu-se que a presença da reação química nos materiais de cura dual é fundamental na performance dos mesmos, uma vez que a cura dual produziu propriedades mecânicas superiores às da fotoativação somente. E que a cura dual compensou a irradiação através da porcelana.

Martinez-Insua et al. (1998) realizaram um estudo com o objetivo de se comparar a resistência à fratura de pré-molares extraídos restaurados com pinos de fibras de carbono e preenchimento com compósitos ou núcleos em ouro tipo III. Foram usados 44 pré-molares recém extraídos que foram tratados endodonticamente e suas coroas foram removidas a 2mm de junção cimento - esmalte. Foi feito também um chanfrado de 1mm de profundidade ao redor do dente, assim como um contra-bisel de 1mm, como fêrula. O canal foi preparado com as fresas do sistema C-Post<sup>®</sup> na profundidade de 10 mm. Os dentes foram divididos aleatoriamente no grupo 1 (C-Post<sup>®</sup> + resina) e no grupo 2 (núcleo e reconstrução em ouro). No grupo 1, foram cimentados os pinos C-Post<sup>®</sup> usando um cimento resinoso (Panavia 21<sup>®</sup>, Kuraray, Japão), e o adesivo correspondente (RTD<sup>®</sup>, Meylan, França). A reconstrução foi feita em resina quimicamente ativada (Cavex Clearfill Core<sup>®</sup>) na altura de 3mm, com o auxílio de uma matriz de aço. Os dentes do grupo 2 foram preparados como no grupo 1, e o núcleo foi modelado em resina acrílica (Duralay<sup>®</sup>), e o núcleo foi fundido em ouro tipo III. Os núcleos foram

jateados com óxido de alumínio e cimentados da mesma forma do grupo 1. O preparo dos dentes foi refinado para receber a coroa metálica em Ni-Cr, que foi cimentada com cimento de ionômero de vidro. Todos os espécimes foram colocados em uma máquina de testes universal (Instron<sup>®</sup>, Instron Corp.; USA), em um ângulo de 45° em relação ao longo eixo do dente para se medir a resistência à fratura. Como resultado, foram encontrados valores médios para os grupos 1 e 2, respectivamente: 103,7 Kg e 202,7 Kg. Além disso, foram anotados os tipos de fratura. No grupo 1, 59% das falhas aconteceram na interface pino / reconstrução, em 18% houve a mesma falha, mas o pino permaneceu intacto e houve fratura na reconstrução em 18% dos espécimes. Somente em 5% houve fratura do dente. No grupo 2, houve fratura na região cervical dos dentes em 91% dos dentes (59% dessas sendo fratura real e 32% somente fissuras). Deslocamento do pino ocorreu em 9% dos espécimes. Os autores concluem dizendo que: valores significativamente mais altos foram obtidos no grupo 2 (núcleo em ouro); dentes restaurados com pinos de fibras de carbono e reconstrução em resina exibiram falhas na interface pino / reconstrução antes da fratura dos dentes; em contraste, dentes restaurados com núcleos metálicos exibiram com mais frequência fratura dos dentes, sob cargas que raramente ocorrem in vivo.

### 2.3 Método dos elementos finitos com pinos de fibras x pinos metálicos

Pegoretti et al. (2002) utilizaram o método dos elementos finitos para analisar o comportamento de um dente tratado endodonticamente e restaurado com diferentes tipos de pinos intra-radulares. O método dos elementos finitos é baseado em um modelo matemático que se aproxima da geometria e das

condições de um dente despolpado restaurado com pinos submetido a forças. As deformações, assim como as regiões de stress são evidenciadas neste modelo. Um pino de fibras de vidro foi fabricado com 60% em volume correspondente às fibras de vidro unidirecionais embebidas em uma matriz de BisGMA. Uma secção vertical de um incisivo central superior foi modelada bidimensionalmente. As forças aplicadas sobre o modelo foram: 100N verticalmente, aplicada no topo da coroa, simulando bruxismo; 50N obliquamente a 45° por lingual, simulando forças mastigatórias sobre incisivos inferiores e caninos; e 10N horizontalmente, simulando forças traumáticas externas. Foram criados 4 modelos: A - dente natural, com a diferença que, ao invés de um canal vazio, foi restaurado com um material ideal com comportamento mecânico igual ao esmalte e dentina; B - dente despolpado restaurado com núcleo metálico fundido a ouro e uma coroa cerâmica; C - dente despolpado restaurado com pino de fibras de carbono (C-Post<sup>®</sup>), uma reconstrução coronária em resina e uma coroa cerâmica; D - dente despolpado restaurado com pino de fibras de vidro, uma reconstrução em resina e coroa cerâmica. Os diâmetros dos pinos foram iguais. No grupo B não foi incluído o cimento de fosfato de zinco, devido à sua pequena espessura (média de 30µm). Nos grupos C e D foi considerada uma camada de 200µm de cimento. Além disso, estes grupos utilizaram 5 diferentes propriedades elásticas, devido à anisotropia dos pinos. Os modelos A e B possuíam 3800 “nós” e 3700 elementos, enquanto que os modelos C e D possuíam 4500 “nós” e 4400 elementos. A grande maioria dos “nós” era quadrada, com algumas triangulares por razões geométricas. Todas as simulações foram realizadas pela estação Silicon Graphics. Os resultados das simulações com cargas verticais indicaram concentração de tensões dentro dos pinos e na interface, particularmente no terço médio da raiz, sendo que o modelo D

foi o que demonstrou os menores valores entre os pinos. Nos modelos C e D houve também concentração de forças nas margens cervicais das coroas, o que pode ser relacionado ao baixo módulo de elasticidade da resina de reconstrução comparado aos materiais ao seu redor. No caso do pino de fibras de carbono também houve concentração de força no ponto onde o pino tem uma constrição e diminui o diâmetro. Sob forças oblíquas houve grande concentração de stress na superfície do pino nas porções coronária e média, pela face labial. Forças médias de 80MPa para os modelos B e C e 45MPa para o modelo D. Para os modelos A e D o ponto crítico (60MPa) foi na dentina próxima ao pino. O comportamento sob forças horizontais foi semelhante ao exibido sob forças oblíquas, mas em menor intensidade devido à menor carga. Os modelos B e C exibiram os maiores valores de stress (20MPa), localizados na região labial. Além disso, há concentração de tensões na margem cervical da coroa quando um pino flexível foi usado. No modelo B houve grande stress na região apical. Concluiu-se que os pinos reagem diferentemente às forças e que o núcleo metálico de ouro produziu as maiores concentrações de stress na interface pino-dentina. Por outro lado, pinos de fibras apresentam stress na região cervical, devido à flexibilidade e ao material de reconstrução menos rígido. O pino de fibras de vidro foi o que apresentou menores valores devido a sua rigidez similar a da dentina e, excetuando a concentração de forças na região cervical, o padrão apresentado é similar ao do dente natural não restaurado.

O estudo de Lanza et al. (2005) objetivou avaliar a performance de diferentes pinos e cimentos em um incisivo central superior usando o método dos elementos finitos tridimensional sob cargas mastigatórias normais. Um modelo tridimensional foi construído usando dados de literatura para morfologia, propriedades de dentina

e esmalte e formato anatômico externo. A geometria e volume da camada de cimento também foi gerada nesse estágio. Foi utilizado o programa ANSYS rel. 5.3 FEM, resultando em um modelo de 13.272 elementos e 15.152 nós. Considerou-se que os pinos de fibras de carbono e de vidro eram formados por fibras longas embebidas em uma matriz polimérica, e possuíam propriedades ortotrópicas, ou seja, exibiam diferentes propriedades mecânicas ao longo das fibras. Foi considerada uma profundidade de inserção do pino de 10mm, com um diâmetro da ponta dos pinos de 1mm, e uma conicidade de 6° nos pinos. Uma força mastigatória estática de 10N foi aplicada a uma angulação de 125° em relação ao longo eixo do dente, aplicada na superfície palatina do dente. Considerou-se que a adesão foi completa entre pino e cimento, e que a dentina era um material isotrópico. Quando se comparou a distribuição de stress entre pinos de aço cimentados com cimento de fosfato de zinco e pinos de fibras de carbono cimentados com cimento resinoso macio ou com cimento resinoso com rigidez semelhante à da dentina pôde-se observar que em todos os casos a maior concentração de stress ocorria na face vestibular, na interface pino-cimento, e que aumentava uniformemente do ápice para seu valor máximo localizado entre a metade e 2/3 da inserção óssea. Valores máximos de stress fora de 7,5MPa para os pinos de aço, e de 3,6 e 5,4MPa para os pinos de fibras de carbono com cimentos resinosos macios e similares à dentina, respectivamente. Uma distribuição mais favorável do stress ocorreu quando se utilizou pinos de fibras de vidro. Valores máximos de stress atingiram 2,2Mpa, independentemente do tipo de cimento resinoso utilizado. Observou-se que quanto mais flexível era o pino, menos relevante era a rigidez do cimento utilizado e que, apesar da distribuição de stress ser diferente dependendo dos materiais utilizados, em nenhum caso os valores

atingiram os limites de falha dos materiais. Concluiu-se que a colocação de pinos cria uma estrutura não-natural, uma vez que o canal é preenchido com materiais com rigidez diferente da polpa. Portanto, não é possível recriar a distribuição natural do stress dentro do dente. Pinos metálicos são os mais perigosos. Mesmo com cimentos macios, auxiliando na distribuição do stress, os pinos são rígidos demais, e sua cimentação não é adesiva. Os pinos de fibras de carbono influenciam significativamente na capacidade de distribuição de carga do sistema. E os pinos de fibras de vidro proporcionam a distribuição de stress mais benigna, a ponto de não sofrer influência da rigidez do cimento.

#### 2.4 Testes de flexão e efeito da termociclagem na performance de pinos

O estudo de Lassila et al (2004) foi realizado com o objetivo de se investigar as propriedades flexurais e valores de resistência à fratura de pinos pré-fabricados de fibras, assim como a influência da termociclagem nas suas propriedades flexurais. Dezesete pinos de composição e tamanhos diferentes foram testados: pinos de fibras de sílica-zircônia (SnowPost<sup>®</sup>), pinos de fibras de carbono (C-Post<sup>®</sup> liso e serrilhado, e Carbopost<sup>®</sup>), pinos de fibras de vidro (Parapost FiberWhite<sup>®</sup>), além dos materiais produzidos como controle (compósito de fibras de vidro). Para cada tipo diferente de pino, 5 espécimes foram testados secos e 5 foram testados após 12.000 ciclos de termociclagem (por 30s., entre 5°C e 55°C). Todos os pinos foram submetidos a testes de flexão em uma máquina de testes universal (LRX<sup>®</sup>, Lloyd Instruments), a uma velocidade de 1mm/min, de modo a se medir a resistência flexural e o modo de elasticidade de cada um dos pinos. Como grupo controle, foi usado um compósito de fibras de vidro unidirecional (Everstick<sup>®</sup>)

manufaturado na forma de um pino de 1,55mm de diâmetro. Ainda, 2 pinos de cada grupo foram embebidos em PMMA, preparados e cortados para se observar sua estrutura através de cortes transversais. Os testes revelaram que a termociclagem, a composição e o diâmetro dos pinos influenciaram nos valores encontrados. Os maiores valores de resistência flexural foram obtidos no grupo controle. De maneira geral, a termociclagem reduziu o módulo de elasticidade em cerca de 10%. Já a resistência à fratura diminuiu em cerca de 18%. Porém, o pino SnowPost<sup>®</sup> (pino cerâmico, de sílica-zircônia) apresentou uma perda de 40% em suas propriedades após a termociclagem. Análise de microscopia eletrônica de varredura demonstrou mais porosidades nos pinos SnowPost<sup>®</sup>, em comparação com os demais. Os pinos de maior diâmetro apresentaram menores valores de resistência flexural, porém maiores valores de resistência à fratura. Os autores relatam que diferenças na relação comprimento/diâmetro dos pinos influenciam diretamente no comportamento das propriedades mecânicas dos pinos. Uma maior relação deveria ser usada de modo a diminuir o efeito de cisalhamento no corpo dos pinos, resultando em melhores propriedades mecânicas. Outro fator relatado é a diferença do coeficiente de expansão térmico-linear entre os diferentes materiais que compõem os pinos que afeta diretamente as propriedades mecânicas quando da termociclagem. Quanto maior esta diferença, maior será o prejuízo pela termociclagem (no caso deste estudo, o Snow Post<sup>®</sup>). Os autores concluem dizendo que vários são os fatores que influenciam na longevidade de trabalhos restauradores com pinos pré-fabricados não metálicos, entre eles: desenho, comprimento, espessura dos pinos, efeito férula, a cimentação. A vantagem de se ter módulo de elasticidade próximo ao da dentina é só um fator a ser considerado. Há também outros fatores, tais como o diâmetro dos pinos, como demonstrado

neste estudo.

Le Bell et al. (2005) avaliaram as propriedades adesivas de dois tipos de pinos de fibras em canais radiculares. Foram utilizados terceiros molares hígidos, cujas coroas foram removidas na junção cimento - esmalte. Brocas do sistema Parapost<sup>®</sup> de 1,5mm foram utilizadas no preparo dos condutos na raiz mais volumosa de cada dente. Foram utilizados 3 tipos de pinos: pino pré-fabricado de titânio Parapost XP<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA); pinos de fibras de carbono C-Post<sup>®</sup> (Bisco, USA); e um sistema de fibras de vidro unidirecionais de reforço pré-impregnadas Everstick<sup>®</sup> (Stick Tech, Finlândia), individualmente moldadas no formato do canal. Os condutos foram condicionados por 15s com ácido fosfórico a 35%, lavados e secos com leve jato de ar. Foi utilizado o sistema adesivo EBS Multi Primer<sup>®</sup> e EBS Multi Bond<sup>®</sup> (ESPE, Alemanha) de acordo com as instruções do fabricante. Todos os pinos foram tratados com uma resina de BISGMA e TEGDMA (Stick Resin) durante 3 minutos na ausência de luz. Após esse período os pinos foram secos com leves jatos de ar e foram fotoativados por 40s com o aparelho Optilux 501<sup>®</sup> (Optilux, USA), com potência de 780mW/cm<sup>2</sup>. Os pinos foram cimentados com um cimento resinoso dual (Compolute Caps Cement<sup>®</sup>, ESPE, Alemanha). O cimento foi fotoativado por 40s e os corpos de prova foram deixados em repouso por 30 minutos antes de serem armazenados em água por 26 dias. Então foram termociclados (6000 ciclos, 5/55°C, tempo de imersão de 30s). Antes dos testes de tração os espécimes foram cortados em discos de 1, 2 e 4mm (12 discos para cada espessura e para cada tipo de pino) e armazenados em água por 3-5 dias. Os testes de tração foram realizados em uma máquina de testes universal (Lloyd LRX<sup>®</sup>, Lloyd Instruments Ltd., Reino Unido) a uma velocidade de 1mm/min. A força de ruptura (N) foi observada e anotada para todos os corpos de prova.

Também foi analisado tipo de falha através de um estéreo - microscópio: 1-falha adesiva entre o pino e o cimento; 2-falha coesiva do pino; 3-falha adesiva entre o cimento e a dentina. Microscopia eletrônica de varredura foi utilizada nas superfícies das fraturas de cada pino e fotografias foram tiradas para análise visual. Os dados foram submetidos a testes de variância (ANOVA) e teste de Dunnett T3 Post Hoc com nível de significância de 0,05. Os resultados mostraram que tanto o tipo de pino quanto a altura dos discos tiveram efeito significativo ( $p=0,03$  e  $p<0,05$ , respectivamente). A resistência à tração aumentou com o aumento da altura dos discos. Os pinos de fibras de vidro individualmente moldados exibiram os maiores valores para tração nos discos de 4mm e a diferença para os pinos de titânio foi estatisticamente significativa. ( $p<0,01$ ). As diferenças entre os outros pinos não foram significantes. Na análise estereoscópica foi encontrado que nenhum pino de fibras de vidro exibiu falha adesiva entre o pino e o cimento, enquanto que nos pinos de fibras de carbono houve uma taxa de 55% e nos pinos de titânio de 70% de falhas (parcial ou total). Os pinos de fibras de vidro falharam mais coesivamente (56%), ou adesivamente na interface cimento-dentina (30%), ou em ambos (14%). Nos discos de 4mm nem os pinos de fibras de carbono nem os pinos de titânio falharam coesivamente como falharam os pinos de fibras de vidro individualmente moldados. A análise de microscopia eletrônica de varredura confirmou tais achados. Observou-se que a composição do sistema de fibras de vidro, com polímeros de ligações simples e cruzadas que permitem a inter-difusão da resina de BisGMA e TEGDMA influenciou decisivamente no melhor comportamento deste material. Por outro lado o mesmo procedimento pode ter prejudicado a performance dos pinos de titânio, impedindo uma melhor retenção mecânica entre cimento e pino. Pôde-se concluir então que não houve diferenças significativas entre os

grupos, a não ser para os discos de pinos de fibras de vidro de 4mm, que exibiram maiores valores de resistência adesiva. E não houve falha adesiva (pino-cimento) nos pinos de fibras de vidro, sugerindo uma melhor adesão do cimento à esses pinos.

Mannocci et al. (1999) estudaram através de microscopia confocal e microscopia eletrônica de varredura a estrutura dos pinos de fibras, além de comparar as interfaces pino/resina/dentina quando usados pinos de fibras e pinos de titânio e dois sistemas diferentes de cimentação. 42 pré-molares inferiores unirradiculares extraídos por razões periodontais foram selecionados para este estudo. Após suas coroas serem removidas, deixando um comprimento final de 20mm. , os dentes foram divididos em 7 grupos de 6 dentes cada: (1) pinos de fibras de carbono (C-Post<sup>®</sup>, RTD, França) cimentados com adesivo All Bond 2<sup>®</sup> (BISCO, USA) e cimento C&B<sup>®</sup> (BISCO, USA); (2) pinos de fibras de carbono (Spad<sup>®</sup>) cimentados com adesivo All Bond 2<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>; (3) pinos experimentais de fibras de quartzo (Aestheti Plus<sup>®</sup>) cimentados com adesivo All Bond 2<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>; (4) pinos experimentais de fibras de carbono revestidos por quartzo (Aestheti Post<sup>®</sup>) cimentados com adesivo All Bond 2<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>; (5) pinos de titânio Parapost<sup>®</sup> (Whaledent) cimentados com adesivo All Bond 2<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>; (6) pinos de fibras de carbono (C-Post<sup>®</sup>) cimentados com Panavia 21<sup>®</sup> (Kuraray, Japão); (7) pinos de fibras de carbono (Tech 2000<sup>®</sup>) cimentados com Panavia 21<sup>®</sup>. Os canais foram tratados usando cimento obturador livre de eugenol (AH26 Sealer<sup>®</sup>, Dentsply, USA), e 9mm de material obturador foram removidos. Nos grupos 1, 2, 3, 4 e 5, os canais foram preparados e a cimentação dos diferentes pinos foi realizada da seguinte forma: os canais foram preparados com as fresas do sistema de pinos na profundidade de 9mm, ao canais foram

condicionados com ácido fosfórico a 37% por 30s., e secos. Primer B foi aplicado com Rodamina B (em 1 dente de cada grupo não foi aplicado para servir de controle) Primer A e B foram misturados e aplicados no canal. O Pre-Bond foi aplicado no canal, e uma camada de Primer B foi aplicada no pino, e cimento foi manipulado e aplicado no canal e no pino, e foi efetuada a cimentação. Foi realizada a reconstrução em resina BisCore® (Bisco, USA) na altura de 4mm, de formato cilíndrico e de acordo com o formato da porção radicular dos dentes. Nos grupos 6 e 7 ao canais foram tratados com Primer condicionante do Panavia 21® (em um dente de cada grupo não foi aplicado para servir de controle). O cimento Panavia 21® foi aplicado no canal e no pino e a cimentação foi efetuada. Uma camada de resina BisCore® foi aplicada na entrada do canal para permitir a reação anaeróbica de presa do cimento. A reconstrução foi realizada da mesma forma. O diâmetro dos pinos é de 1,4mm, na porção coronal. Os dentes foram armazenados em solução salina por três semanas. Após esse período, os dentes foram seccionados paralelamente ao seu longo eixo, e três locais foram selecionados para exame (2, 5 e 8mm apicalmente a junção dentina / reconstrução). Metade do dente seccionado foi examinada com microscopia confocal, e a outra metade com microscopia eletrônica de varredura. Os seguintes aspectos foram examinados: 1- diâmetro e orientação das fibras e o aspecto da matriz resinosa dos diferentes pinos; 2- formação de camada híbrida dos agentes adesivos; 3- presença ou ausência de fendas (gaps): (a) dentro da camada adesiva; (b) entre a o adesivo e o cimento; (c) dentro da camada de cimento; (d) entre o adesivo e a reconstrução; (e) dentro da reconstrução; (f) entre o adesivo e o pino; (g) dentro da estrutura do pino. Os resultados não apresentaram diferenças entre os grupos controle (com Rodamina B) e os demais grupos. Logo se concluiu que a aplicação de Rodamina

B na interfere com a capacidade de penetração de adesivo na dentina. O comprimento da camada híbrida, assim como da interface dente/camada adesiva foi maior no grupo tratado com adesivo All Bond 2<sup>®</sup>. Os “tags” de resina encontrados nos grupos tratados com All Bond 2<sup>®</sup> foram maiores do que no grupo tratado com Panavia 21<sup>®</sup>, assim como as áreas de interdifusão resina / dentina, causado provavelmente pelo fato de se usar um primer condicionante no sistema do Panavia 21<sup>®</sup>. Fendas foram encontradas em todos os grupos. Vazios também foram encontrados nas camadas de cimento de todos os grupos. Em todos os grupos, nas regiões mais apicais de vários espécimes, foi encontrado somente adesivo, sem presença de cimento. Foram encontradas fraturas na camada de cimento em alguns espécimes dos grupos dos pinos de titânio. Não houve fenda na interface adesivo / cimento, assim como na resina. Todos os pinos de fibras demonstraram fendas na sua estrutura. Foi concluído que um procedimento adesivo produzindo uma camada híbrida efetiva é essencial para um bom selamento nessas restaurações; e a presença de um bom selamento é fundamental para se evitar penetração bacteriana, cáries recorrentes, deslocamento do pino e fratura radicular. Finalmente, os autores recomendam o uso de sistemas adesivos de 3 passos para se obter uma boa ligação entre o cimento, resina e as paredes do canal radicular.

## 2.5 Influência do sistema adesivo na performance de pinos de fibras

O trabalho de Vichi et al. (2002) objetivou comparar o mecanismo de adesão de três sistemas adesivos de passo único e de um sistema adesivo de três passos (controle) em canais radiculares quando usados com seus respectivos cimentos

resinosos, além de se observar a presença de espaços vazios / bolhas dentro da camada adesiva. Foram utilizados 50 dentes unirradiculares indicados para extração. Os dentes foram tratados endodonticamente e obturados com cimento livre de eugenol. Os condutos foram preparados com 9mm de comprimento e com diâmetro compatível com o volume de cada canal, para receberem pinos de fibras de quartzo (Aestheti-Pus<sup>®</sup>, RTD, França). Os dentes foram então divididos aleatoriamente em 5 grupos de 10 dentes cada um: grupo 1- All Bond 2<sup>®</sup> + C&B<sup>®</sup> (Bisco, USA); grupo 2- Scotchbond Multipurpose Plus<sup>®</sup> + Opal Luting Cement<sup>®</sup> (3M, USA); grupo 3- Scotchbond 1<sup>®</sup> + Rely ARC-X<sup>®</sup> (3M, USA), com fotoativação do adesivo e do cimento por 20s; grupo 4- One Step<sup>®</sup> + C&B<sup>®</sup> (Bisco, USA), com fotoativação do adesivo por 10s; grupo 5- All Bond Experimental + Post Cement Hi-X<sup>®</sup> (Bisco, USA), com fotoativação do adesivo por 10s. Todos os materiais foram utilizados seguindo rigorosamente as recomendações dos fabricantes. Após a cimentação foi feita a reconstrução coronária com a resina Z 250<sup>®</sup> (3M, USA) e todos os casos foram feitos com isolamento absoluto. Os dentes foram extraídos após 1 semana, embebidos em resina epóxica e seccionados longitudinalmente. Uma metade de cada dente foi preparada para observação da camada híbrida em microscópio eletrônico de varredura (Philips 515<sup>®</sup>, Philips Co., Holanda), com aumento de 503x e 2000x, onde os seguintes aspectos foram avaliados: a formação e uniformidade da camada híbrida ao longo de toda a interface; presença ou ausência de “gaps”: (a) dentro da camada adesiva, (b) entre o adesivo e o cimento, (c) dentro da camada de cimento, (d) entre o adesivo e o pino. Os resultados foram analisados pelos testes do qui-quadrado e Kruskal-Wallis, com nível de significância 0,05. A outra metade de cada um dos dentes foi preparada para avaliação da formação de “tags” de resina em microscópio eletrônico de varredura (Philips 515<sup>®</sup>, Philips Co., Holanda), com

aumento de 500x nas profundidades de 1mm, 4,5mm e 8mm. A densidade e morfologia dos “tags” foram graduadas em scores de 0 a 3: 0- nenhum “tag” detectado; 1- poucos “tags” e curtos; 2- formação uniforme sem ramificações laterais; 3- “tags” longos e com ramificações laterais uniformes. Os resultados foram analisados pelo teste de Scheffer e Fischer com nível de significância 0,05. Os resultados mostraram presença de bolhas / espaços vazios em todos os grupos. Nos grupos 1, 3 e 4 houveram bolhas / espaços vazios dentro do cimento em 30% dos espécimes, enquanto que nos grupos 5 e 6 esses valores subiram para 50 e 60%, respectivamente. A interface adesivo-cimento não exibiu espaços vazios, à exceção de um espécime do grupo 2 e outro do grupo 5. A interface cimento-pino exibiu espaços vazios em apenas um espécime (grupo 2). A observação da camada híbrida revelou que somente o grupo 4 apresentou uma diferença estatisticamente significativa no comprimento da camada híbrida em relação ao comprimento total observado. Quando comparado aos dois sistemas adesivos de três passos (All Bond 2<sup>®</sup> e Scotchbond Multipurpose Plus<sup>®</sup>), o One Step<sup>®</sup> apresentou valores inferiores. Em todas as amostras a formação de camada híbrida foi evidente, e uniforme nos 2/3 coronários das raízes, mas menos evidente na porção apical. Quanto à densidade e morfologia dos “tags” de resina pôde-se observar que os “tags” formados nos terços coronal e médio eram muito mais longos e em maior número, sendo estatisticamente diferentes dos “tags” das regiões apicais. O mesmo padrão foi observado para as ramificações laterais. Ainda se observou que o grupo do cimento Post Cement Hi-X<sup>®</sup> foi o que apresentou a maior quantidade de espaços vazios, talvez devido a sua alta viscosidade. Foi concluído que os sistemas adesivos de três passos foram mais efetivos no mecanismo micro-mecânico de adesão do que os sistemas adesivos de passo único. Mais estudos (clínicos e laboratoriais) são necessários para se avaliar

se os sistemas de passo único podem ser utilizados na prática para a cimentação de pinos de fibras.

Marques (2003) avaliou a resistência adesiva de sistemas adesivos de presa dual e de presa química (Excite DSC<sup>®</sup>, Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein e Alloybond<sup>®</sup>, SDI, Austrália) e de cimentos resinosos também de presa dual e de presa química (Variolink II<sup>®</sup>, Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein e C&B Cement<sup>®</sup>, Bisco, USA) na cimentação de pinos de fibras de vidro de 1,5mm de diâmetro (Reforpost<sup>®</sup>, Angelus, Brasil). Foram utilizados 40 caninos humanos hígidos recém extraídos por indicação periodontal que foram tratados endodonticamente e tiveram suas coroas removidas na junção cimento-esmalte. Os dentes foram então divididos aleatoriamente em 4 grupos de 10 dentes cada: 1- pinos cimentados com adesivo Excite DSC<sup>®</sup> e cimento Variolink II<sup>®</sup>; 2- pinos cimentados com adesivo Excite DSC<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>; 3- pinos cimentados com adesivo Alloybond<sup>®</sup> e cimento Variolink II<sup>®</sup>; 4- pinos cimentados com adesivo Alloybond<sup>®</sup> e cimento C&B<sup>®</sup>. Todos os pinos receberam aplicação do silano Monobond-S (Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein). Para a cimentação, os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37% (Total Etch<sup>®</sup>, SDI, Austrália) por 15s, seguido de lavagem com auxílio de uma seringa hipodérmica de cânula fina por 30s. Os condutos foram secos com cones de papel absorvente. Os adesivos e cimentos foram manipulados seguindo as instruções dos fabricantes. Após a cimentação os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h. Depois, foram criadas retenções nas raízes com auxílio de discos de carborundum e, com o auxílio de um paralelômetro, as raízes foram incluídas em tubos de aço inoxidável com resina acrílica ativada quimicamente. Após o período de presa da resina, outro tubo de aço foi usado para prender o pino, de forma a ficar paralelo ao primeiro tubo. Os corpos de prova foram então

armazenados em água destilada a 37°C por 24h. Foi utilizada uma máquina de testes universal Instron<sup>®</sup> (Instron Corp. USA), com uma célula de carga de 1000Kg a uma velocidade de 1mm/min. até o deslocamento do pino de dentro do canal. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade de Anderson-Darling, seguido pelo teste de Mann-Whitney. Foi encontrado que o grupo 4 foi o que apresentou os maiores valores médios de resistência adesiva (64,90Kgf) e o grupo 2 foi o que apresentou os menores valores médios (22,85Kgf). Os grupos onde foi utilizado o adesivo Excite DSC<sup>®</sup> apresentaram menores médias quando comparados aos grupos do adesivo Alloybond<sup>®</sup>, sendo estatisticamente diferentes. Já entre os cimentos não houve diferenças estatísticas. Concluiu-se com o trabalho que houve diferenças significativas entre o sistema adesivo de presa dual e o sistema adesivo quimicamente ativado; os grupos onde se utilizou o adesivo Excite DSC<sup>®</sup> apresentaram menores médias, medianas e desvios-padrão quando comparados aos grupos onde se utilizou o adesivo Alloybond<sup>®</sup>; o adesivo Alloybond<sup>®</sup> foi o que apresentou as maiores resistências adesivas, independente do cimento utilizado; e quando comparados os cimentos, não houve diferença estatisticamente significativa.

O estudo de Abou-Id (2005) foi realizado com o objetivo de avaliar, *in vitro*, através de microscopia eletrônica de varredura a interface adesiva de pinos de fibras de vidro intra-radulares após diferentes técnicas de cimentação em 48 dentes pré-molares unirradulares, extraídos por indicação ortodôntica. Após o tratamento endodôntico, os dentes foram divididos em 6 grupos para cimentação dos pinos: grupo IA - adesivo Lok<sup>®</sup> (SDI) e cimento resinoso Post-Cement Hi-X<sup>®</sup> (Bisco) ambos de cura química; IB - adesivo Excite<sup>®</sup> DSC (Ivoclar/Vivadent) de cura dual e cimento Post-Cement Hi-X<sup>®</sup> (Bisco); IC - adesivo One Step<sup>®</sup> (Bisco)

fotoativável e cimento Post-Cement Hi-X<sup>®</sup> (Bisco); IIA - adesivo Lok<sup>®</sup> (SDI) e cimento resinoso de cura dual Variolink II<sup>®</sup> (Ivoclar/Vivadent); IIB - adesivo Excite<sup>®</sup> DSC (Ivoclar/Vivadent) e cimento Variolink II<sup>®</sup> (Ivoclar/Vivadent) e IIC - adesivo One Step<sup>®</sup> (Bisco) e cimento Variolink II<sup>®</sup> (Ivoclar/Vivadent). Os dentes foram seccionados no sentido méso-distal e processados para avaliação da camada híbrida e densidade e morfologia dos prolongamentos de resina formados na superfície do pino. Após análise estatística, os melhores resultados obtidos em relação à uniformidade da camada híbrida, interface adesiva sem fendas e maior densidade de prolongamentos de resina foram obtidos com o sistema adesivo Lok<sup>®</sup> associado ao cimento resinoso Post Cement Hi-X<sup>®</sup> para os três terços avaliados, seguido dos sistemas adesivos Excite<sup>®</sup> DSC e One Step<sup>®</sup> respectivamente. O terço apical demonstrou ser o substrato mais crítico em relação aos critérios avaliados e para todos os materiais utilizados. Baseado nos resultados deste estudo, a utilização de um sistema adesivo de cura química, associado ao cimento resinoso também de cura química, apresentou-se como a melhor alternativa para o protocolo clínico de cimentação adesiva de pinos de fibras de vidro.

Bouillaguet et al. (2003) realizaram um estudo in vitro com o objetivo de verificar a influência do fator de configuração cavitária (fator C), tipo de polimerização do cimento (dual ou química) e das diferentes regiões de dentina radicular (cervical, média, apical) na resistência adesiva de pinos através de ensaios de micro-tração. Foram utilizados 48 caninos e pré-molares sem curvatura radicular que tiveram suas coroas removidas abaixo da junção amelo-cementária de modo a se obter 12mm de conduto. Estes condutos foram tratados endodonticamente e obturados com cimento livre de eugenol (AH Sealer<sup>®</sup>, Dentsply, Alemanha). Após 24h os condutos foram preparados com brocas do

sistema Parapost<sup>®</sup> (Coltene AG, Suíça) com diâmetro de 1,7mm. Os espécimes foram divididos em 2 grupos: o de raízes intactas e o de raízes seccionadas ao meio longitudinalmente, expondo meio conduto radicular. Pinos individualizados pré-fabricados com resina Z 100<sup>®</sup> (3M ESPE, USA) foram utilizados na cimentação, após aplicação de silano por 5 minutos (ESPE Sil<sup>®</sup>, 3M ESPE, USA). Foram usados os sistemas: Single Bond<sup>®</sup> + Rely X/ARC<sup>®</sup> (3M ESPE, USA) - adesivo e cimento resinoso dual; ED Primer<sup>®</sup> + Panavia F<sup>®</sup> (Kuraray, Japão) - adesivo auto-condicionante de 2 passos e cimento resinoso dual; C&B Metabond<sup>®</sup> (Parkell, USA), sistema adesivo convencional de 3 passos e cimento resinoso quimicamente ativado; e Fuji Plus<sup>®</sup> (GC, Japão), um cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Todos os sistemas foram utilizados conforme instruções dos fabricantes, tanto nas raízes intactas como nas raízes seccionadas. Uma hora após a cimentação, os espécimes foram seccionados em palitos de 6mm de espessura e foram em seguida preparados de modo a formar palitos com 1mm<sup>2</sup> de superfície adesiva. Os espécimes foram levados a uma máquina de testes universal (Vitrodyne V1000 Universal Tester<sup>®</sup>, John Chatillon and Sons, USA), a uma velocidade de 1mm/min. até a fratura. A resistência adesiva foi calculada pela razão da força aplicada na fratura dividida pela área e expressa em MPa. Cada dente forneceu vários espécimes (8-9). A resistência média de cada dente foi calculada, e a média entre os dentes também obtida. Os valores obtidos foram comparados e analisados através dos testes de análise de variância (ANOVA) e Tukey. Para se analisar o efeito das diferentes regiões da raiz na resistência adesiva foi feita uma análise linear de regressão. O grupo do Single Bond<sup>®</sup> / Rely X ARC<sup>®</sup> exibiu menores valores nos dentes de raízes intactas do que nos dentes seccionados (5,3MPa ± 6,3Mpa e 22,3MPa ± 6,5MPa, respectivamente), assim como os demais

grupos. Entre os espécimes de raízes intactas, os cimentos Rely X / ARC<sup>®</sup> e Panavia F<sup>®</sup> não foram diferentes entre si, mas obtiveram resultados estatisticamente inferiores quando comparados ao C&B Metabond<sup>®</sup> e Fuji Plus<sup>®</sup>. Dentre os espécimes cimentados com Rely X / ARC<sup>®</sup> em raízes intactas houve falha de 41% durante a preparação e antes dos testes. Nos espécimes em raízes seccionadas não houve falha. Para o cimento Panavia F<sup>®</sup> a taxa de falha foi mais alta (51%). No entanto, os valores de resistência adesiva foram similares. Nos grupos dos cimentos C&B Metabond<sup>®</sup> e Fuji Plus<sup>®</sup> as falhas em raízes intactas foram menores (10%). Observou-se uma relação entre resistência adesiva e as diferentes regiões da raiz. Para os cimentos Rely X / ARC<sup>®</sup> e Fuji Plus<sup>®</sup> houve um decréscimo nos valores à medida que se aproxima do ápice ( $p < 0,012$  e  $p < 0,0001$ ). Para os demais cimentos tal relação não foi observada, apesar de haver certa indicação de relação para o cimento C&B Metabond<sup>®</sup>. Concluiu-se com este estudo que a adesão de cimentos resinosos não é muito boa dentro dos condutos radiculares, e que falhas clínicas não são observadas quando há boa estrutura coronária. Assim sendo a restauração não é muito dependente da adesão intraradicular. Altos valores de adesão são difíceis de se obter, devido a dificuldades de acesso e stress de contração de polimerização. Numa análise simplificada o cimento de ionômero de vidro modificado por resina foi o que obteve melhores resultados.

## 2.6 Testes das propriedades mecânicas dos sistemas adesivos

Zheng et al. (2001) estudaram a relação entre a espessura da camada adesiva e a resistência a tração, através de ensaios de micro-tração. Empregou-se

no estudo 46 molares hígidos, dos quais se removeu o esmalte oclusal, deixando uma superfície de dentina plana, que foi polida com uma lixa de granulação 800. Fitas adesivas de vinil com um furo central de 6mm de diâmetro foram coladas sobre as superfícies dos dentes. A espessura da fita era de aproximadamente 0,2mm. Portanto, colando-se várias fitas umas sobre as outras, várias espessuras de adesivo eram criadas. Os dentes foram então divididos aleatoriamente em 2 grupos, de acordo com o agente adesivo a ser usado: Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> (Kuraray, Japão) e Single Bond<sup>®</sup> (3M, USA). Para o Single Bond<sup>®</sup>, os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 35% por 15s, lavados e secos com papel absorvente. Para o Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> o primer auto-condicionante foi aplicado sobre a dentina seca por 30s e secos com leves jatos de ar. Ambos os adesivos foram aplicados em 5 camadas, sem tempo de espera entre cada camada, independentemente da espessura das fitas adesivas. Para as amostras de camada mais fina, o excesso era removido com o um microbrush seco, e para as amostras mais espessas o excesso foi removido até alcançar o topo da última fita adesiva. Só depois disso os adesivos foram polimerizados (Single Bond<sup>®</sup> - 10s; Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> - 20s). Em seguida foi feita uma reconstrução em resina Clearfil AP-X<sup>®</sup> (Kuraray, Japão) com 5mm de altura, em 3 incrementos fotoativados por 20s cada um com uma lâmpada halógena com potência de 700mW/cm<sup>2</sup>. Os espécimes foram armazenados por 24h em água a 37°C antes de serem seccionados em palitos de 0,7mm de espessura, que foram preparados de modo a deixar uma superfície adesiva com área de  $1,0 \pm 0,05\text{mm}^2$ . A área adesiva foi medida através de um microscópio (Labophoto<sup>®</sup>, Nikon, Japão). Os espécimes foram então levados a uma máquina de testes universal (AG-500B<sup>®</sup>, Shimadzu, Japão), onde foram realizados os ensaios de tração a uma velocidade de 1mm/min. até o momento da

fratura. O tipo de falha foi ainda analisado em microscópio com aumento de 10x (Stereozoom<sup>®</sup>, Bausch & Lomb, USA). Os resultados foram analisados através de análise de variância (ANOVA) e teste de Fischer, com nível de significância 0,05. Parte dos espécimes ainda foi analisada em microscopia eletrônica de varredura (JXA-840<sup>®</sup>, JEOL Ltd., Japão). Os resultados indicaram que para o adesivo Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> a resistência à tração aumentou com o aumento da espessura da camada adesiva (57,1MPa na camada de 1100-1500 $\mu$ m), embora tal valor não seja diferente estatisticamente do valor com espessura de 700-870 $\mu$ m (56,8MPa). Os valores obtidos com espessuras de 300-470 $\mu$ m (45,6MPa) foram iguais aos valores de 500-580 $\mu$ m (48,7MPa). O mesmo aconteceu para os grupos de menor espessura, não diferindo estatisticamente. O contrário ocorreu com o adesivo Single Bond<sup>®</sup>, ou seja, quanto maior a espessura da camada adesiva, menores eram os valores de resistência à tração. O maior valor (34,7MPa) foi encontrado no grupo cuja espessura era de 7,5-25 $\mu$ m. Entretanto não houveram diferenças quando a espessura era menor (<7,5mm) ou quando eram de 45-50 $\mu$ m. Quando a espessura aumentou para 60-85 $\mu$ m (28,7MPa) e para 120-290 $\mu$ m (20,3MPa) o valor da resistência foi diferente estatisticamente dos primeiros grupos. Os espécimes de camada adesiva mais espessa apresentaram os menores valores (11,1MPa), sendo q o coeficiente de correlação da regressão dos valores foi moderado. Os tipos de falha para o Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> foram principalmente na interface (80%), com alguns poucos casos de falhas coesivas em dentina. Para o Single Bond<sup>®</sup>, as falhas foram em sua maioria na interface quando a espessura era menor que 100 $\mu$ m. Do contrário, as amostras falharam coesivamente na camada adesiva. Todas as amostras com espessura maior que 430 $\mu$ m falharam antes de se conseguir testar. Foi concluído que o adesivo Single Bond<sup>®</sup> exibiu pior

comportamento em grandes espessuras devido ao fato de que não ocorreu evaporação do solvente, tanto pela grande quantidade de camadas como pela ausência de tempo de espera entre as camadas. Por outro lado, a boa performance do adesivo Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup> se deveu exatamente pelo fato de não possuir solvente na sua composição.

Cho et al. (2004) realizaram um estudo com o objetivo de se avaliar a hipótese de que se variando o conteúdo de acetona nas soluções adesivas de frasco único se afeta a espessura e a micro-resistência à tração no complexo adesivo, além de estudar se a espessura tem influência na micro-resistência à tração. Foram usados cinco sistemas adesivos experimentais com diferentes conteúdos de acetona em massa (27, 37, 47, 57, 67%). Molares humanos hígidos extraídos há menos de seis meses foram divididos aleatoriamente em 5 grupos. Os dentes tiveram suas coroas cortadas perpendicularmente ao seu longo eixo, de modo a se remover todo esmalte. Os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 38% durante 15s, lavados copiosamente por mais 15s, e então secos com papel absorvente. Duas gotas do agente adesivo selecionado de cada grupo foram colocadas em um recipiente, e misturadas. Uma primeira camada foi aplicada com um microbrush embebido, e esfregado por 10s na superfície dentinária condicionada. Uma segunda camada foi aplicada da mesma forma, e seca com leve jato de ar por 10s, a 15cm de distância. Então a camada adesiva foi fotoativada por 4 ciclos de 10s cada. Para facilitar a medida da camada adesiva, foi incorporada à resina TPH<sup>®</sup> (Dentspy) um pó de prata, sem prejudicar a capacidade de polimerização pela luz. Foi então construída uma coroa em resina, em três incrementos, com 4 ciclos de 60s para a fotoativação. Os espécimes foram armazenados por 24h em água destilada, e depois recortados em forma de cubo,

com um estreitamento na região da camada adesiva. As medidas da espessura da camada adesiva foram realizadas com imagens digitalizadas com o auxílio de um microscópio óptico. Os testes de micro-resistência à tração foram realizados em uma máquina de testes universal (Instron<sup>®</sup>, Instron Corp., USA), a uma velocidade de 1mm/min. Os resultados mostraram uma relação inversa entre a espessura da camada adesiva e a quantidade de acetona. Quanto menor a quantidade de acetona, maior a espessura da camada adesiva. A mesma situação ocorreu com a micro-resistência à tração. Entretanto, análise dos dados revelou que esse aumento só ocorreu entre os grupos até 37%, sendo que o grupo de 27% de acetona apresentou valores menores. A maioria dos espécimes fraturou na camada adesiva. Os espécimes que apresentaram fraturas coesivas na resina foram excluídos do estudo. Testes de micro-resistência à tração têm vantagens sobre testes convencionais, tais como: melhoria na distribuição de stress, prevenção de falhas coesivas na dentina, habilidade de mostrar diferenças regionais e de avaliar altos valores com novos materiais. Apesar de ter havido diferenças entre as diferentes concentrações de acetona e a micro-resistência à tração, a correlação foi fraca. Ainda, concentrações baixas, como a de 27%, diminuem o poder de penetração do adesivo, pois a acetona tem, entre outras funções, a de diminuir a viscosidade dos adesivos. Assim como o conteúdo de acetona, a espessura da camada adesiva não foi previsível quanto ao aumento da micro-resistência à tração. Foi sugerido que o grupo com a menor espessura de camada adesiva (67%) não apresentou resistência suficiente ao stress de contração de polimerização da resina, formando assim, fendas entre a camada híbrida e a resina. Da mesma forma, a evaporação do solvente nesse grupo pode ter ajudado na propagação de tais falhas. Os autores concluem dizendo que a acetona influi na

espessura da camada adesiva e na micro-resistência à tração. Porém, a hipótese de que a espessura influenciaria na micro-resistência falhou. A maior probabilidade de rachaduras devido a evaporação do solvente e a pobre polimerização dos adesivos com alto conteúdo de acetona foram interpretados como fatores determinantes nos baixos valores de micro-resistência à tração. Desta forma, adesivos com menores quantidades de acetona não causaram diminuição nos valores de micro-resistência à tração, mas sim melhoraram a integridade adesão resina/dentina.

## 2.7 Influência do silano

O estudo de McDonough et al. (2001) objetivou avaliar a capacidade de testes de micro-tração em determinar a durabilidade da adesão de uma resina composta a fibras de vidro com diferentes silanizações, uma vez que as fibras de vidro tendem a degradar quando expostas à umidade. Outra hipótese testada foi a de que um silano com uma cadeia de hidrocarbonetos mais longa (MDTMS) ofereceria uma proteção maior contra umidade quando comparado a um silano de cadeia mais curta (MPTMS). Feixes de fibras de vidro (Owens Corning, USA) foram usados nesse estudo. Uma resina de Bis-GMA e TEGDMA foi confeccionada para se testar a união às fibras. Os agentes silanizadores para a ligação fibra-resina foram o MDTMS (Aldrich Chemical Company, USA) e o MPTMS (Tokayama Corp., Japão). Para a silanização das fibras foram preparadas três diferentes soluções para a imersão. Em uma solução havia o silano MDTMS, na segunda havia o silano MPTMS, e na terceira não havia nenhum silano presente. Os feixes de fibras foram imersos durante 24h a 23°. Após esse período os feixes foram colocados em pratos

para evaporação dos solventes a temperatura de 60-70° por 3h. Então os feixes foram colocados em cilindros e levados à temperatura de 110° por 1h, no vácuo. A inserção da resina foi feita em 5 feixes de fibras 16 µm de diâmetro, para cada um dos grupos (MDTMS, MPTMS, e o grupo sem silanização). Para cada feixe de fibras foram coladas três gotas de resina, separados entre si por 2,5cm. Cada gota foi fotoativada por 3min. por um aparelho fotopolimerizador (Triad 2000<sup>®</sup>, Dentsply, USA). Após a cura da resina, os feixes foram armazenados por 24h a 23°. Então cada feixe foi cortado em espécimes de 2,5cm de comprimento para os testes de micro-tração. Somente as gotas de resina com comprimento entre 150-200µm foram aproveitadas para os testes. De modo a testar a capacidade do silano resistir à umidade, metade das amostras foram mergulhadas em água destilada por 24h antes da inserção da resina. A outra metade foi mergulhada em água destilada após a inserção da resina, para se testar a capacidade da união fibra-silano-resina resistir à umidade. Os espécimes foram então levados a uma máquina para a aplicação de testes de micro-tração (Mitutoyo, Japão), a uma velocidade de 16µm/min. até o momento em que a gota de resina se solta do feixe de fibras. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 0,05, seguidos pelo teste de Turkey-Kramer. Além disso, foi utilizado um microscópio infravermelho de microespectroscopia (Nicolet Nic Plan, USA) com aumento de 32x para se analisar as superfícies das áreas onde houve a fratura nos testes. Os resultados mostraram que, quando não houve imersão em água antes inserção da resina, ambos os silanos obtiveram boa adesão à resina, com valores semelhantes de ligação (33,8MPa para o MPTMS e 33,7MPa para o MDTMS). Esses valores foram significativamente maiores do que os valores do grupo de fibras não-silanizadas (15,3MPa). Entretanto quando as fibras foram

imersas em água antes da inserção da resina, os silano MDTMS obteve o melhor resultado (31,8MPa), quando comparado ao MPTMS (15,8MPa) e o grupo sem silanização (17,5MPa), que foram iguais estatisticamente. A análise de microscopia de espectrometria mostrou uma maior absorção do silano MDTMS nas fibras do que o silano MPTMS, sendo que essa ligação é mais forte entre o silano e a matriz resinosa do que entre o silano e as fibras. Concluiu-se com esse trabalho que ambos os silanos ofereceram maior resistência adesiva quando comparados aos espécimes não silanizados, porém o silano de maior cadeia molecular, mais hidrofóbico (MDTMS), exibiu menor degradação na interface quando submetido a umidade, apresentando melhores resultados. Ainda pôde-se observar que os testes de micro-tração têm potencial para medir a eficácia do efeito da silanização, assim como se sua durabilidade.

Debnath et al. (2003) realizaram ensaios de micro-tração em compostos fabricados com fibras de vidro e resina a base de BisGMA e TEGDMA após tratamentos com 3 tipos de silanos. A resina foi fabricada com 60g de BisGMA e 40g de TEGDMA, além de fotoiniciadores e agente de redução. Os silanos MPS (3-metacriloxipropil-trimetoxisilano) e GPS (glicidoxipropiltrimetoxi-silano) foram diluídos em diferentes quantidades de acetona para se obter concentrações de 1%, 5% e 10% para o MPS e de 5% para o GPS. As fibras dos grupos do silano MPS nas três concentrações fabricadas foram silanizadas por 2h, seca à vácuo e aquecidas a 110°C por mais 2h. Para o silano GPS a silanização foi feita de 2 formas distintas: silanização com GPS conforme já explicado para os outros grupos, e aplicação de uma solução de borracha, seguida pela aplicação de solução de piridina a 1%, durante 4h, para servir de catalisador da reação entre o GPS e a solução de borracha, e então lavados e secos. A outra forma foi fazer uma

solução de GPS, solução de borracha e piridina a 1% e então embeber as fibras nesta solução por 4h. Após esse período, as fibras foram lavadas e secas. O último grupo foi o controle, onde havia somente a aplicação da solução de borracha e piridina. Assim que todas as fibras foram silanizadas, estas foram embebidas em uma resina epóxica para que se formassem vários nódulos de resina ao longo de cada fibra. Os espécimes foram levados a um forno polimerizador durante 4 minutos para a polimerização da resina e armazenados por 1 dia. As amostras foram então levadas a uma máquina de testes universal Instron 1122<sup>®</sup> (Instron Corp., USA), a uma velocidade de 1mm/min, até o momento da ruptura dos nódulos de resina dos feixes de fibras, para se determinar a resistência adesiva. Para se medir o efeito degradante de umidade na união, metade das amostras foram imersas em solução de etanol/água 50/50% por 1 mês. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e testes T individuais. Observou-se que os maiores valores de adesão foram exibidos nos grupos tratados com o silano MPS a 5% e no grupo onde as fibras foram imersas na solução de GPS, borracha e piridina. Ainda foi comprovado o efeito deletério da umidade na união fibras/resina. Os grupos do silano GPS a 5% e o controle foram os que menos foram afetados pela umidade, talvez pela falta de ligações covalentes com a matriz resinosa. Concluiu-se que há uma correlação positiva entre a quantidade de silano nas superfícies das cargas da resina e a magnitude da perda de propriedades devido à umidade.

Matinlinna et al. (2004) realizaram uma extensa revisão de literatura, desde 1958 até 2002, com o objetivo de se ter uma visão geral crítica dos agentes de ligação organo-funcionais trialcóxissilano (silanos), suas propriedades químicas, usos e algumas das suas principais experiências em Odontologia. Os silanos

formam um grande grupo de compósitos orgânicos que essencialmente possuem átomo(s) de silicone. Tais compostos são bifuncionais, ou seja, possuem dupla reatividade. A parte orgânica (ex: vinil, amina, isocianato) pode se polimerizar com uma matriz orgânica. Os grupos alcoxi (ex: metoxi, etoxi) podem reagir com substrato inorgânico e, em ambos os casos, formando ligações covalentes entre as matrizes. Os silanos têm sido usados em diferentes áreas da ciência há aproximadamente 40 anos (ex: sinterização da sílica, pré-tratamento de aço como inibidor de corrosão). Os silanos podem ser monofuncionais (um átomo de silicone e 3 grupos alcoxi), bi ou trifuncionais. Os silanos mais comumente usados em Odontologia são monofuncionais. Um tipo bastante usado é o 3-primetoxisililpropilmetacrilato (MPS), usualmente diluído a 2% de peso em solução água-etanol. Para serem reativos, os silanos precisam ser hidrolisados (ativados). A formação de uma rede polimerizada penetrando dentro da matriz orgânica e formando uma fase siloxana resistente à água é crucial para o desempenho dos silanos. Atualmente há 2 teorias a respeito do que ocorre durante a reação do silano na interface: 1-ligação ionomérica, com interpenetração e camadas rígidas e macias; 2-modificação da superfície oxidada do substrato formando uma camada de conversão. Os silanos MPS provaram ser de grande eficácia quando aplicados em fibras de vidro. O uso de silanos em cerâmicas em combinação com resinas compostas aumenta a força de adesão. No entanto, essa ligação é sensível à umidade, causando hidrólise e degradação do silano. Quando se utilizou o silano associado a tratamento mecânico de superfície na porcelana (jateamento com sílica) observou-se aumento na força de ligação. Quando usados nas partículas de carga de resinas compostas, os silanos aumentaram a força de ligação entre as partes, além de melhorarem o molhamento da resina fluida sobre as partículas

inorgânicas. Da mesma forma percebe-se a atuação dos silanos sobre fibras de vidro, e ligas metálicas. Outras aplicações ainda são discutidas para os silanos dentro da Odontologia. Estudos mostraram redução no manchamento, resistência à água e óleo em próteses totais quando aplicada uma solução contendo silano. Ainda foi reportado um aumento na resistência à corrosão de cerâmicas tratadas com silano. Desta forma, conclui-se que a maioria dos estudos clínicos é favorável ao uso do silano, apesar de alguns trabalhos excluírem a importância dos mesmos. Percebe-se a necessidade de estudos para se saber mais sobre a interação do silano aos materiais não passíveis de condicionamento por ácidos, e que os silanos têm papel fundamental no desenvolvimento de novos materiais.

## 2.8 Influência dos tratamentos de superfície

Nergiz et al. (1997) estudaram a retenção de pinos cônicos com diferentes tratamentos de superfície: pino liso, pino com sulcos, pino liso jateado e pino com sulcos e jateado, além da asperização da dentina radicular como meio de aumentar a retenção dos pinos. Para a realização do estudo foram utilizados 80 dentes anteriores unirradiculares extraídos e armazenados em solução salina até o momento do estudo. Todos os dentes tiveram suas coroas clínicas removidas. Os condutos foram preparados com as brocas do kit de pinos (ER<sup>®</sup>, Brasseler, USA). 60 dentes foram preparados para os pinos n° 3 (15mm de comprimento e 1,1mm de diâmetro na base) e 20 dentes foram preparados para os pinos n° 1 (9mm de comprimento e 0,5mm de diâmetro na base). Todos os 20 dentes do grupo dos pinos n° 1 e 20 dentes do outro grupo foram preparados com brocas adiamantadas de formato idêntico ao das brocas correspondentes dos kits para criar rugosidades na

superfície dentinária. A rugosidade superficial das paredes de dentina sem o uso das brocas adiantadas era de  $5\mu\text{m}$ , enquanto que com o uso das mesmas a rugosidade passou para  $21\mu\text{m}$ . A rugosidade superficial dos pinos lisos era, em média,  $2\mu\text{m}$  e a dos pinos jateados era  $13\mu\text{m}$ . Após o preparo dos condutos os dentes foram irrigados com hipoclorito de sódio a 1,5% e secos com pontas de papel. Cimento de fosfato de zinco foi manipulado conforme a técnica em placa de vidro resfriada a 6%. Os pinos receberam uma fina camada de cimento e foram levados ao conduto e mantidos em posição com uma pressão de a 40 a 50N durante 10min e então armazenados em solução salina a  $37^{\circ}\text{C}$ . Os testes de tração foram realizados em uma máquina de testes universal (Instron 1026<sup>®</sup>, Instron Corp., USA) a uma velocidade de 1mm/min. e foi computada a força máxima para se deslocar o pino. Os valores foram ajustados levando-se em conta as diferentes áreas superficiais dos pinos. Os pinos ainda foram observados em microscópio para se analisar o tipo de falha. Os resultados foram comparados através da análise de variância (ANOVA) e, havendo diferenças, teste T ou LSD foram realizados para se determinar onde havia as diferenças e qual a sua magnitude. O nível de significância foi de 0,025. Os resultados indicaram que os pinos lisos foram os de menor retenção (218N), sendo que o jateamento mais que dobrou esse valores (419N). A retenção dos pinos lisos e jateados foi ainda maior com a introdução de sulcos, sendo de maior efeito nos pinos jateados do que nos pinos lisos. Da mesma maneira a asperização da dentina aumentou a retenção dos pinos. Apesar de que, em valores absolutos, a retenção dos pinos n° 3 ter sido o triplo dos pinos n° 1, quando se analisou por área, não se constatou diferenças significativas entre pinos de diâmetros diferentes. Quanto ao tipo de falha, observou-se que tanto os pinos lisos quanto os pinos lisos com sulcos se soltaram do cimento, havendo, portanto, falha entre o pino e o cimento. Já para os

pinos jateados cimentados em canais lisos ocorreu o oposto. A falha ocorreu entre o canal e o cimento. Quando se analisou os pinos jateados cimentados em canais asperizados, as falhas ocorreram em ambas as interfaces. Pôde-se concluir com este estudo que o jateamento mais que dobrou a retenção dos pinos; a confecção de sulcos superficiais nos pinos e a asperização da dentina radicular também provocaram um aumento na retenção dos pinos; e que pinos jateados e com sulcos na sua superfície exibiram valores de retenção cinco vezes maiores que pinos lisos quando cimentados em canais preparados de forma convencional (sem asperização).

O trabalho de Sahafi et al. (2003) objetivou investigar a resistência adesiva de dois cimentos resinosos aos pinos de titânio, fibras de vidro e zircônia, e o efeito de diferentes tratamentos de superfícies dos pinos na resistência adesiva. Foram testados 3 pinos: Para Post HX<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA), de titânio com 1,75mm de diâmetro; Para Post Fiber White<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA), de fibras de vidro de 1,75mm de diâmetro; e Cerapost<sup>®</sup> (Gerb. Brassler, Alemanha), de dióxido de zircônia, de 1,1 a 2,3mm de diâmetro. Os cimentos usados foram o Para Post Cement<sup>®</sup> (Coltene/Whaledent, USA) e o Panavia 21<sup>®</sup> (Kuraray, Japão). Os tratamentos de superfície realizados nos pinos foram: jateamento com óxido de alumínio de 50µm por 10s a 4bar de pressão a uma distância de 20mm; condicionamento com ácido hidrófluorídrico a 9,6% por 2min.; aplicação do Cojet<sup>®</sup> (3M ESPE, Alemanha), um jato de sílica de 30µm por 10s a 4bar de pressão seguido por aplicação de silano ESPE-sil<sup>®</sup> (3M ESPE, Alemanha); aplicação do primer metálico Alloy Primer<sup>®</sup> (Kuraray, Japão); aplicação do primer metálico Metalprimer II (GC Dental, Japão); jateamento + Alloy Primer<sup>®</sup>; jateamento + Metalprimer II; condicionamento + Alloy Primer<sup>®</sup>; condicionamento + Metalprimer II;

jateamento + silano; condicionamento + silano. Os primers metálicos foram testados somente nos pinos de titânio Para Post HX<sup>®</sup>. Havia ainda os grupos controle, onde não foi realizado nenhum tratamento nos pinos. O número de espécimes por grupo variou de 9 a 14. Foram realizados testes para analisar a resistência adesiva dos cimentos aos pinos e dos cimentos e seus respectivos sistemas adesivos à dentina. Para se testar a união cimento/pino, os pinos foram embebidos em uma resina de cura química, e polidos com lixó d'água de granulação 200 até se obter uma superfície de 1,5mm de diâmetro. Os espécimes foram lavados em água deionizada por 20s e submetidos a um dos tratamentos de superfície. Um molde de teflon com uma cavidade cilíndrica de 1mm de diâmetro e 1,5mm de altura foi encaixada nos espécimes. Os cimentos foram manipulados de acordo com instruções dos fabricantes e levados à cavidade. O cimento Panavia F<sup>®</sup> (de presa dual) foi fotoativado por 20s com lâmpada halógena (XL3000<sup>®</sup>, 3M ESPE, USA). Após 15 min. os espécimes foram retirados do molde e armazenados em água a 37°C por sete dias para a realização dos testes de tração em uma máquina de testes universal (Instron, Reino Unido), a uma velocidade de 1mm/min. Para os testes de resistência adesiva dos cimentos à dentina, foram usados 20 incisivos superiores extraídos, que foram embebidos em uma resina de cura química e tiveram sua superfície lixada com uma lixa d'água de granulação 200 até se obter uma superfície dentinária plana de 1,5mm de diâmetro. Os espécimes foram lavados em água deionizada por 20s e divididos em 2 grupos de 10 espécimes cada. A dentina foi tratada com o sistema adesivo respectivo de cada cimento conforme instruções dos fabricantes e então aplicados os cimentos. Os testes de resistência adesiva foram realizados da mesma forma dos outros grupos. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de

Newman-Keuls e T de Student com nível de significância de 0,05. Para o pino Para Post HX<sup>®</sup> pôde-se observar que houve diferenças significativas entre o grupo controle e os grupos tratados. Quando usado o cimento Para Post Cement<sup>®</sup> o tratamento com Cojet<sup>®</sup> foi o mais efetivo, enquanto que o condicionamento foi o menos efetivo. Os outros tratamentos resultaram em melhoras semelhantes. Para o cimento Panavia F<sup>®</sup> 6 tratamentos não surtiram efeito. Entretanto, o jateamento, aplicação do Metalprimer II<sup>®</sup> e o jateamento seguido de aplicação de Alloy Primer<sup>®</sup> resultaram em melhoras significantes. Entre os grupos controle, o cimento Panavia F<sup>®</sup> obteve melhores resultados. E os mesmos tratamentos tiveram resultados diferentes dependendo do cimento. O Cojet<sup>®</sup> obteve bons resultados para o Para Post Cement<sup>®</sup> somente, enquanto que o jateamento, condicionamento e aplicação de Metalprimer II tiveram mais efeito com o Panavia F<sup>®</sup>. Para o pino Para Post Fiber White<sup>®</sup> pôde-se observar que 3 dos 6 tratamentos (jateamento, Cojet<sup>®</sup> e jateamento+silano) aumentaram significativamente a adesão quando usado o cimento Para Post Cement<sup>®</sup>. Já para o cimento Panavia F<sup>®</sup> somente o jateamento e jateamento+silano resultaram em melhoria significativa. Não houve diferenças entre os grupos controle para o pino Para Post Fiber White<sup>®</sup>. Os resultados obtidos para o pino Cerapost<sup>®</sup> mostraram que, com o cimento Para Post Cement<sup>®</sup>, 4 dos 6 tratamentos aumentaram a adesão. O tratamento com o Cojet<sup>®</sup> foi o mais efetivo, seguido pelo jateamento+silano. Quando usado o cimento Panavia F<sup>®</sup> dois tratamentos pioraram a performance (condicionamento com ou sem silano), e 4 tratamentos melhoraram a adesão, sendo que o jateamento e o Cojet<sup>®</sup> foram os mais efetivos. Os testes de resistência adesiva dos sistemas adesivos+cimentos à dentina revelaram que o cimento Panavia F<sup>®</sup> foi estatisticamente superior ao Para Post Cement<sup>®</sup>. O cimento Para Post Cement<sup>®</sup> foi superior na adesão ao pino Para

Post Fiber White<sup>®</sup>, quando comparado aos outros dois pinos. Já o cimento Panavia F<sup>®</sup> obteve melhores resultados em dentina do que com os pinos tratados e não houve diferenças entre os pinos. Observa-se claramente que a adesão dos cimentos aos pinos é dependente do cimento, tipo de pino e do tratamento do pino. Concluiu-se então que, dentro das limitações do estudo, o cimento Panavia F<sup>®</sup> exibiu maiores valores de adesão para o pino Para Post HX<sup>®</sup> do que o cimento Para Post Cement<sup>®</sup>; para todos os pinos, a força de adesão foi aumentado com os tratamentos de superfície dos pinos; de modo feral, o Cojet<sup>®</sup> e o jateamento com óxido de alumínio de 50µm foram os mais efetivos; condicionamento com ácido hidrófluorídrico nos pinos Para Post Fiber White<sup>®</sup> e Cerapost<sup>®</sup> não é recomendado; e que o cimento Panavia F<sup>®</sup> obteve melhores resultados que o Para Post Cement<sup>®</sup>.

Aksornmuang et al. (2004) avaliaram a resistência adesiva de uma resina de presa dual a diferentes regiões de pinos de fibras submetidos a diferentes tratamentos de superfície. 25 pinos de fibras de vidro e zircônia (Snowpost<sup>®</sup>, Carbotech, França) e 25 pinos de fibras de quartzo (Aestheti-Plus<sup>®</sup>, Bisco, USA) foram selecionados e cortados de modo a terem 12mm de comprimento. Canais artificiais foram produzidos em blocos de resina de 1x1x2 cm<sup>3</sup>. Os pinos foram limpos com álcool, conforme instruções dos fabricantes, e divididos aleatoriamente em 5 grupos de 5 pinos cada, de acordo com o tratamento de superfície utilizado: 1- sem tratamento (controle); 2- aplicação de adesivo dual (Clearfil Liner Bond 2V<sup>®</sup>, Kuraray, Japão); 3- aplicação de adesivo dual + fotoativação por 20s.; 4- aplicação de silano (Clearfil Photobond<sup>®</sup>+ Clearfil Porcelain Bond Activator<sup>®</sup> (Kuraray, Japão); 5- aplicação de silano + fotoativação por 20s. Após o tratamento dos pinos, a resina Clearfil DC Core<sup>®</sup> (Kuraray, Japão), de presa dual, foi manipulada e injetada dentro dos canais artificiais com o auxílio de uma seringa Centrix<sup>®</sup> (Centrix Inc., USA). O

restante da resina foi aplicado sobre o pino, e este foi levado em posição. Uma tira plástica foi colocada sobre o bloco e o conjunto foi coberto com uma placa de vidro para a remoção dos excessos de resina. Foi realizada a fotoativação por 60s. sobre o bloco de resina utilizando uma lâmpada halógena (Optilux 500<sup>®</sup>, Demetron, USA). Antes de cada fotoativação, a potência do aparelho foi medida com um radiômetro digital (Jetlite light tester<sup>®</sup>, J. Morita, USA), e a potência média registrada foi de 651±6mW/cm<sup>2</sup>. Os espécimes foram armazenados em água a 37°C por 24h. Após esse período cada espécime foi cortado perpendicularmente em 12 palitos de 0,6x0,6 mm<sup>2</sup>, cuja área era de 0,37 ± 0,05mm<sup>2</sup>. Uma das interfaces foi selecionada aleatoriamente para os teste de micro-tração, que foram realizados em uma máquina de testes EZ Test<sup>®</sup> (Shimadzu, Japão), com uma velocidade de 1mm/min. O tipo de falha também foi analisado através de microscopia eletrônica de varredura (JSM-5310, JEOL, Japão), e classificados como: falha coesiva do pino; falha coesiva do pino e falha adesiva; falha adesiva; falha coesiva da resina e falha adesiva; falha coesiva da resina. As análises foram realizadas em 3 regiões dos pinos (superior, médio e inferior). Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguido pelo Teste T3 de Dunnet, com nível de significância de 0,05. Os tipos de falha foram submetidos ao teste do qui-quadrado. Os resultados revelaram haver diferenças significativas em relação ao tipo de pino, região e tratamento de superfície (p<0,0001). No entanto, uma análise mais detalhada mostrou com mais clareza os diferentes comportamentos. Não levando em consideração as diferentes regiões dos pinos, não houve diferenças significativas entre os 2 tipos de pinos. Para o pino Snowpost<sup>®</sup> a aplicação do adesivo não alterou sua performance em relação ao controle, enquanto que melhorou a performance do pino Aestheti-Plus<sup>®</sup> (p<0,05). Fotoativação tanto do adesivo quanto do silano teve efeito significativo para o pino

Snowpost<sup>®</sup>. Já para o pino Aestheti-Plus<sup>®</sup> tal procedimento não surtiu efeito. Para ambos os pinos a aplicação do silano teve efeito positivo na resistência adesiva. A análise do tipo de falha revelou que a maioria dos espécimes falhou por fratura na interface pino-resina. O teste do qui-quadrado revelou não haver diferenças entre as diferentes regiões dos pinos. No grupo do Snowpost<sup>®</sup> com aplicação de silano seguido pela fotoativação, 38,3% das falhas foram coesivas do pino, sendo diferente de todos os outros grupos. A melhoria da resistência adesiva com fotoativação para o Aestheti-Plus<sup>®</sup> em comparação ao Snowpost<sup>®</sup> pode estar relacionada a melhor difusão da luz através das fibras de quartzo. O fato de não ter havido diferenças nas três regiões analisadas pode ser explicado pela propagação de radicais livres dentro da resina dual, otimizando a polimerização. Pôde-se concluir que a aplicação do silano contribuiu positivamente para a resistência adesiva da resina dual aos pinos, assim como a fotoativação do sistema adesivo dual. E que não houve diferenças significativas entre as regiões analisadas, apesar da fotoativação ter sido somente pela superfície superior do bloco de resina.

Goracci et al. (2005) realizaram um trabalho com o objetivo de se avaliar, através de testes de micro-tração, a resistência adesiva de duas resinas “flow” (Tetric Flow<sup>®</sup> Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein; e Uniflow<sup>®</sup>, GC, Japão) a dois diferentes pinos de fibras de vidro, com aplicação ou não de um agente de união (silano). Foram utilizados 28 pinos Postec<sup>®</sup> (Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein) de 2mm de diâmetro e 12 pinos Light Post<sup>®</sup> (RTD, França) de 1,8mm de diâmetro neste estudo. Destes pinos, metade foi tratada com o silano Monobond<sup>®</sup> (Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein) durante 60s, e depois seca com jato de ar antes de inserção da resina. Os grupos foram divididos da seguinte forma: 1.1: Postec<sup>®</sup> + Uniflow<sup>®</sup>; 1.2: Postec<sup>®</sup> + silano + Uniflow<sup>®</sup>; 1.3: Postec<sup>®</sup> + Tetric Flow<sup>®</sup>; 1.4: Postec<sup>®</sup>

+ silano + Tetric Flow<sup>®</sup>; 2.1: Lihgt Post<sup>®</sup> + Uniflow<sup>®</sup>; 2.2: Light Post<sup>®</sup> + silano + Uniflow<sup>®</sup>; 2.3: Light Post<sup>®</sup> + Tetric Flow<sup>®</sup>; 2.4: Light Post<sup>®</sup> + silano + Tetric Flow<sup>®</sup>.

Os pinos foram colocados em pé, com o auxílio de cera, sobre uma placa de vidro e uma matriz plástica circular de 10mm de diâmetro foi colocada ao seu redor, de modo que o pino ficasse exatamente no centro da matriz. A resina foi inserida em incrementos de 1-2mm dentro da matriz e fotoativada sempre pela extremidade superior da matriz plástica por 20s por uma lâmpada halógena (Optilux 401<sup>®</sup>, Kerr/Demetron, USA) com intensidade de 750mW/cm<sup>2</sup>. Após o último incremento da resina, o espécime foi virado ao contrário e fotoativado por mais 20s na região que estava em contato com a placa de vidro. A matriz foi então removida. Os espécimes foram então seccionados, com o auxílio de um disco adiamantado, em palitos de 1mm de espessura e colocados em uma máquina de testes universal (Controls, Italy) para se proceder aos ensaios de tração, a uma velocidade de 0,5mm/min até o momento da falha. A força foi expressa em MPa e os espécimes também foram analisados em microscópio com aumento de 30 vezes para se classificar o tipo de falha (adesiva entre o pino e a resina, coesiva para o pino ou coesiva para a resina). Foi aplicado o teste de variância (ANOVA) com nível de significância de 0,05 tendo como variáveis o tipo de pino, tipo de resina e presença ou não de silanização. Os resultados mostraram que nem o tipo de pino nem o tipo de resina tiveram influência nos testes. Somente o silano teve efeito significativo no aumento dos valores de resistência adesiva ( $p < 0,05$ ). Quanto ao tipo de falha, todos os espécimes exibiram falhas adesivas na interface pino-resina. Outro achado a respeito da vantagem do silano foi que nenhum espécime tratado com o silano falhou durante os procedimentos de corte e preparação dos palitos para os testes de micro-tração, enquanto que nos grupos onde não houve aplicação do

silano vários espécimes foram perdidos. O próprio fato de o desvio-padrão ser maior nos grupos não-silanizados indica uma adesão melhor e mais uniforme quando o silano é utilizado. Pôde-se concluir com este estudo que o silano promove melhor união adesiva entre pinos de fibras de vidro a resina composta, apesar de seu mecanismo de ação não estar completamente explicado.

### 3 PROPOSIÇÃO

Avaliar, *in vitro*, através de testes de tração e observação em microscópio óptico a influência:

- da configuração superficial dos pinos de fibras de vidro (liso ou serrilhado);
- dos tratamentos de superfície em pinos de fibras de vidro (sem tratamento, jateamento com óxido de alumínio 50 $\mu$ m ou aplicação de silano);
- diferentes sistemas adesivos (quimicamente ativado ou de presa dual) na resistência adesiva de pinos de fibras de vidro.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos o trabalho em etapas que serão descritas a seguir:

- 4.1 - Confeção dos condutos artificiais em resina composta;
- 4.2 - Tratamento superficial dos pinos de fibras de vidro;
- 4.3 - Aplicação dos sistemas adesivos;
- 4.4 - Cimentação dos pinos;
- 4.5 - Ensaio de tração

### 4.1 Confeção dos condutos artificiais em resina composta

De modo a se conseguir uma padronização dos corpos de prova e um perfeito encaixe na máquina para os ensaios de tração, foram utilizados 100 (cem) blocos de resina acrílica pré-fabricados de 20mm de altura e 15mm de diâmetro, perfurados no centro em um formato tronco-cônico invertido (piramidal) com 7mm de diâmetro na sua abertura e com conicidade de 8°. Tais cavidades foram preenchidas com resina composta quimicamente ativada (Rebilda<sup>®</sup>, VOCO, Alemanha), de automistura, com o auxílio de uma seringa aplicadora. (Fig. 1 a 3). Foi aguardado um período de 24h para a presa da resina em temperatura ambiente e sem umidade para então se proceder a preparação dos canais artificiais de resina, perpendicularmente ao longo eixo do bloco de resina acrílica em uma furadeira de bancada com brocas de aço, com 8mm de profundidade e diâmetros de 1,7 ou 1,8mm para os pinos de 1,5 e 1,6mm, respectivamente (Fig. 4 e 5). Desta forma, obteve-se uma linha de cimentação uniforme de 200µm em todos os corpos de prova. Foi aplicado ácido fosfórico a 37% durante 1 minuto em todos os canais

artificiais de resina com o intuito de promover limpeza, remoção de detritos e para desengordurar os canais.



FIGURA 1 - Resina composta quimicamente ativável  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 2 - Tubo de resina, ponta e seringa aplicadora auto-mistura  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 3 - Dispositivo para auto-mistura  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

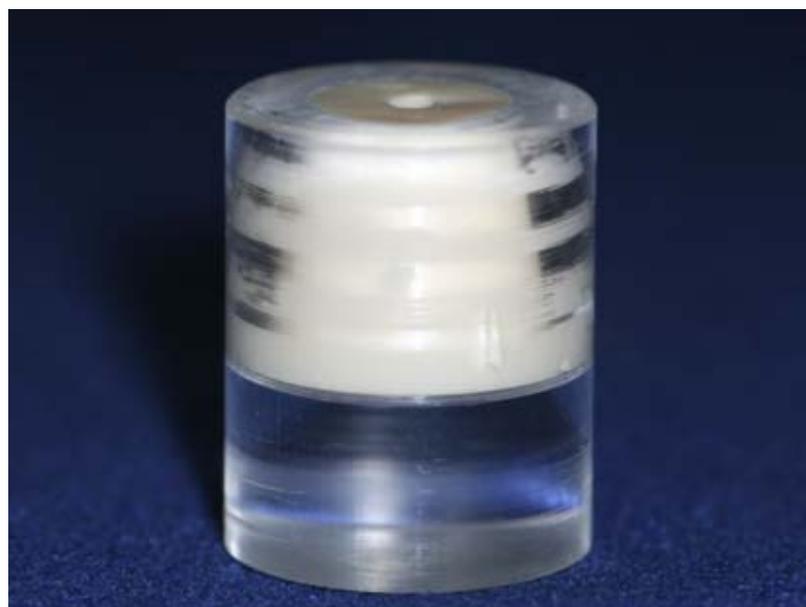


FIGURA 4 - Matriz acrílica e conduto  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

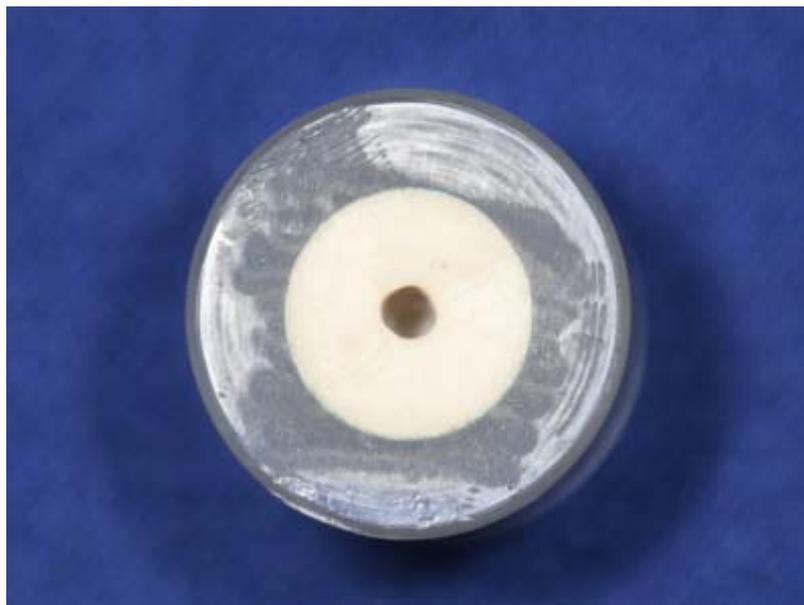


FIGURA 5 - Vista superior do bloco de resina acrílica e conduto em resina composta  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

#### 4.2 Tratamento superficial dos pinos de fibras de vidro

Foram utilizados 50 (cinquenta) pinos de fibras de vidro (Reforpost<sup>®</sup>, Ângelus, Brasil) de 20mm de comprimento, sendo 30 (trinta) pinos lisos de 1,6mm de diâmetro e 20 (vinte) pinos serrilhados de 1,5mm de diâmetro (Fig. 6). Os pinos de 1,6mm não são produzidos comercialmente. A partir da usinagem destes pinos é que são produzidos os pinos de 1,5mm. Não haveria a possibilidade de fabricação de pinos lisos de 1,5mm. Portanto os pinos lisos de 1,6mm foram feitos especialmente para este trabalho. Os pinos lisos foram divididos em 3 grupos, de acordo com o tipo de tratamento superficial: 1-sem tratamento (controle); 2-aplicação do silano (Angelus, Brasil); 3-jateamento com óxido de alumínio de 50 $\mu$ m (Microjato removedor, Bio Art, Brasil). Já os pinos serrilhados foram divididos em 2 grupos: 4-sem tratamento; 5-aplicação do silano (Angelus, Brasil).

A aplicação do silano (Fig. 7 a 10) procedeu-se conforme instruções do fabricante: primeiramente os pinos foram limpos com álcool e secos com jatos de ar; depois foi aplicada uma camada de silano com o auxílio de uma ponta aplicadora (Microbrush Superfine<sup>®</sup>, SDI, Austrália) e aguardou-se um período de 1 minuto para então efetuar a remoção dos excessos com jato de ar.



FIGURA 6 - Pinos lisos e serrilhados  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 7 - Agente de ligação silano  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

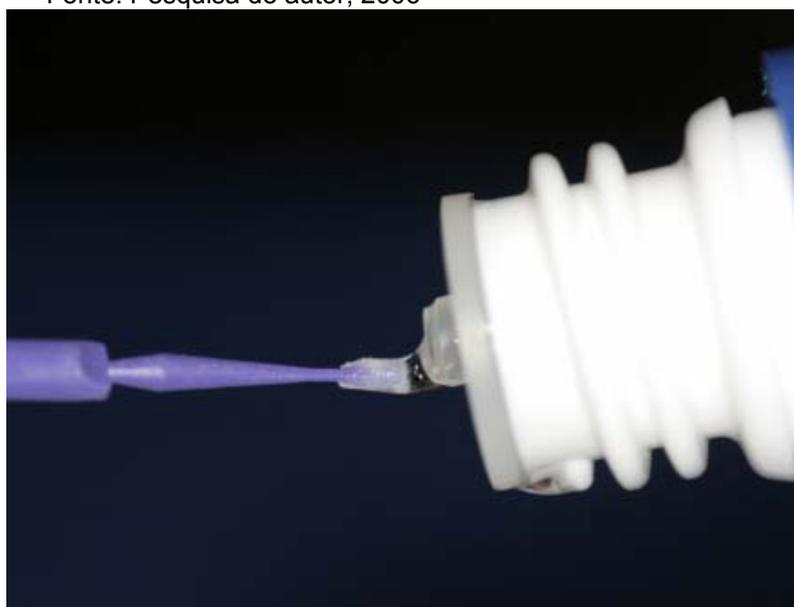


FIGURA 8 - Uso de Microbrush Superfine® para aplicação do silano  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

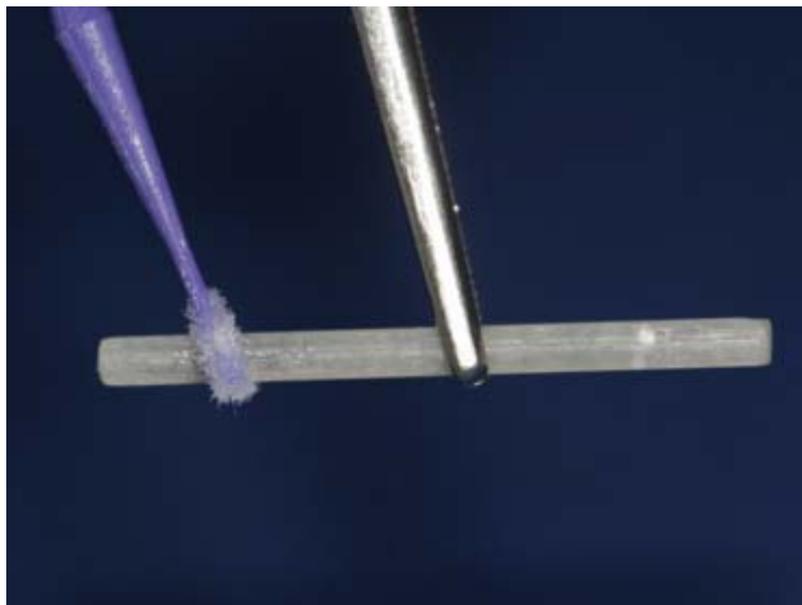


FIGURA 9 - Aplicação do silano no pino  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

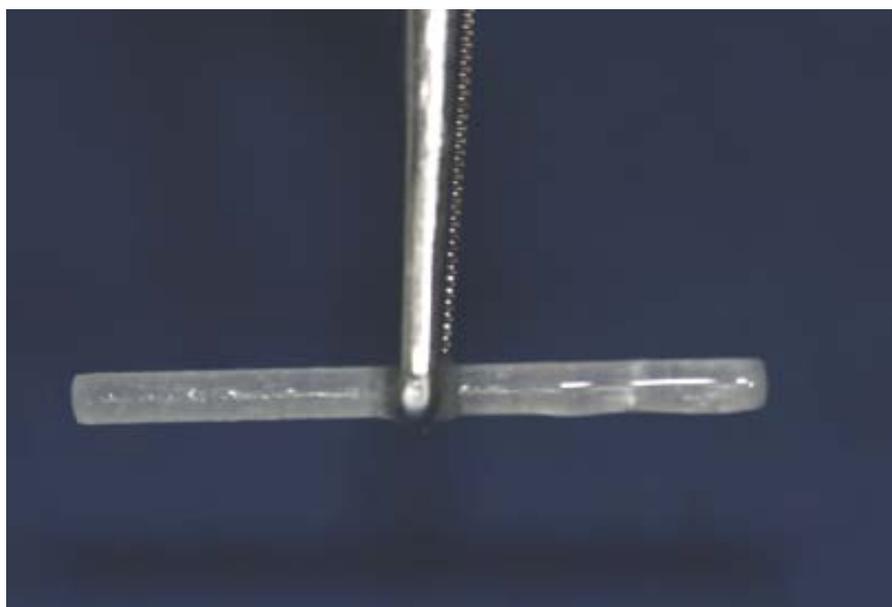


FIGURA 10 - Superfície do pino após aplicação do silano antes da secagem  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

O jateamento com óxido de alumínio a  $50\mu\text{m}$  (Microjato removedor, Bio Art, Brasil) foi feito somente nos pinos lisos, ao longo de todo o pino a uma distância de 10mm durante 3s, e repetido por 4 vezes, de modo a cobrir toda a superfície do pino

(Fig. 11 e 12). Observou-se o efeito através da mudança no aspecto visual do mesmo. Os pinos apresentam certo brilho ao serem observados sob luz forte. Após o jateamento os pinos apresentavam superfície opaca (Fig. 13).



FIGURA 11 - Microjato Removedor de óxido de alumínio de 50µm  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 12 - Detalhe da ponta aplicadora do Microjato Removedor  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 13 - Efeito do jateamento no pino (Observar a área opaca na margem direita)

Fonte: Pesquisa do autor, 2006

#### 4.3 Aplicação dos sistemas adesivos

Foram utilizados dois adesivos no trabalho: um sistema de presa dual (Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo, Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein) e um quimicamente ativado (LOK<sup>®</sup>, SDI, Austrália) (FIG. 14 e 15). A aplicação de ambos os adesivos seguiu as instruções dos fabricantes. Antes de aplicação dos adesivos, foi realizada aplicação de ácido fosfórico a 37% por 1 minuto em todos os canais artificiais de resina composta, com o objetivo de desengordurar a superfície e remover detritos e sujeiras presentes nos canais. Após 1 minuto, o ácido foi removido através de lavagem com água em abundância e foi feita secagem dos canais com jato de ar.

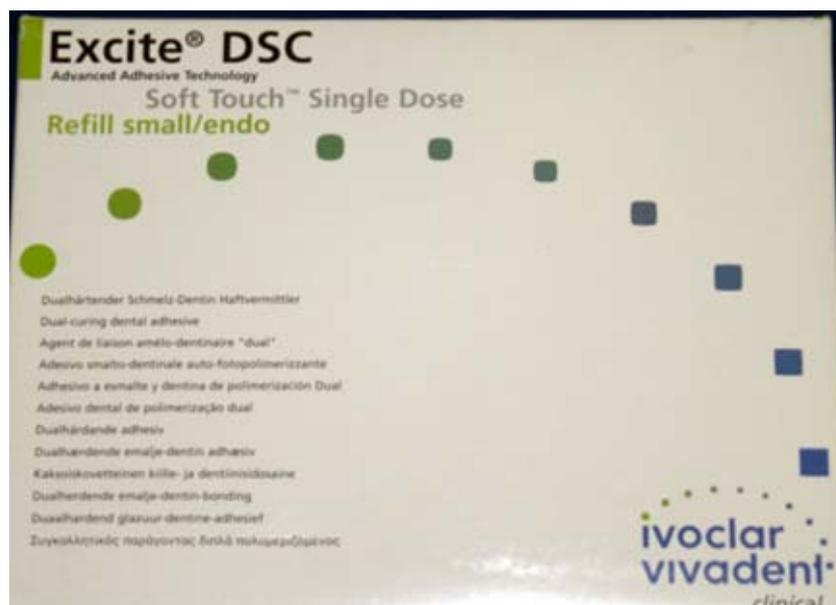


FIGURA 14 - Sistema adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 15 - Sistema adesivo LOK®  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

O adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo (Ivoclar/Vivadent, Liechtenstein), de presa dual, é um sistema de automistura, onde há uma ponta aplicadora

(microbrush) com o agente iniciador que, quando inserida no cartucho do adesivo, inicia a reação de polimerização (Fig. 16 a 19). Assim que tal procedimento foi realizado, o adesivo foi aplicado dentro dos canais artificiais de resina composta e também nos pinos. A ponta aplicadora foi seca em uma gaze e novamente inserida nos condutos para a remoção dos excessos de adesivo. O mesmo procedimento foi feito nos pinos (Fig. 20 e 21). Foi aguardado um período de 20s para a evaporação do solvente do adesivo (etanol) e então realizada a fotoativação por 20s com o auxílio de um aparelho Optilux 550<sup>®</sup> (Demetron Corp, USA). A potência do aparelho foi medida a cada novo grupo experimental através de um radiômetro analógico Demetron<sup>®</sup> (Demetron Corp, USA), e encontrou-se valores entre 520 e 550mW/cm<sup>2</sup> (Fig. 22 a 25).



FIGURA 16 - Embalagem individual do adesivo  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 17 - Detalhe da ponta aplicadora  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006



FIGURA 18 - Detalhe da ponta aplicadora onde está o agente iniciador da reação química  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 19 - Ponta aplicadora fina e cartucho  
Fonte: Pesquisa do autor, 2006

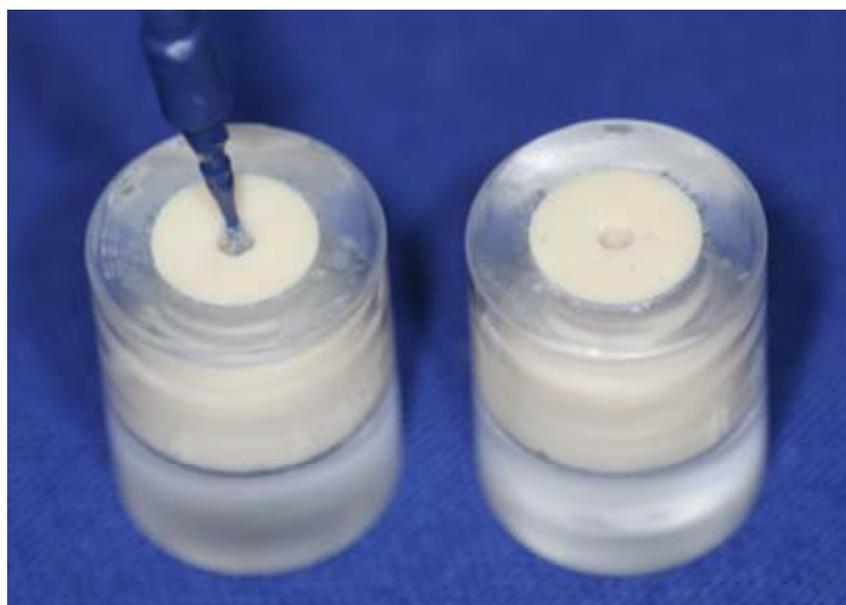


FIGURA 20 - Aplicação do adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo nos canais de resina  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

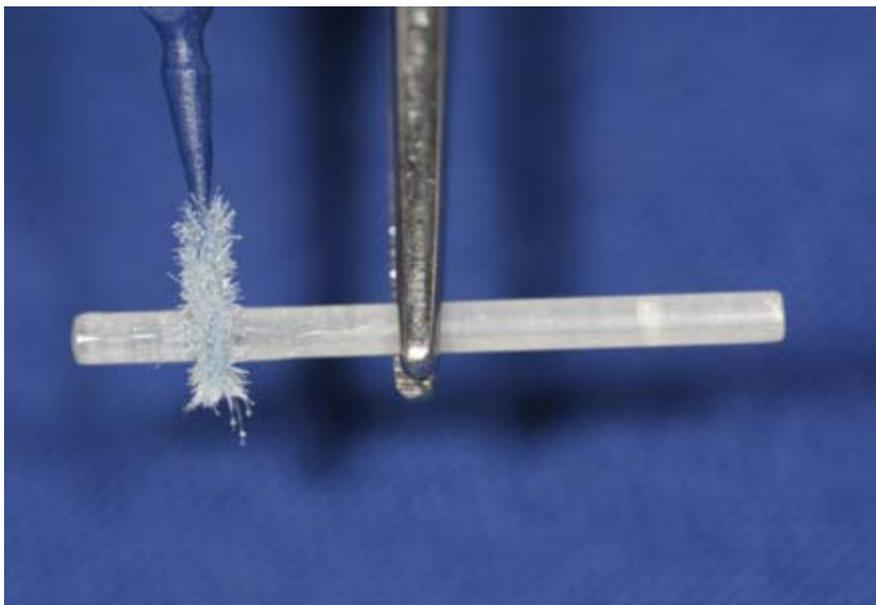


FIGURA 21 - Aplicação do adesivo Excite® DSC Soft Touch Endo em um pino liso  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 22 - Fotoativação do adesivo no conduto  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

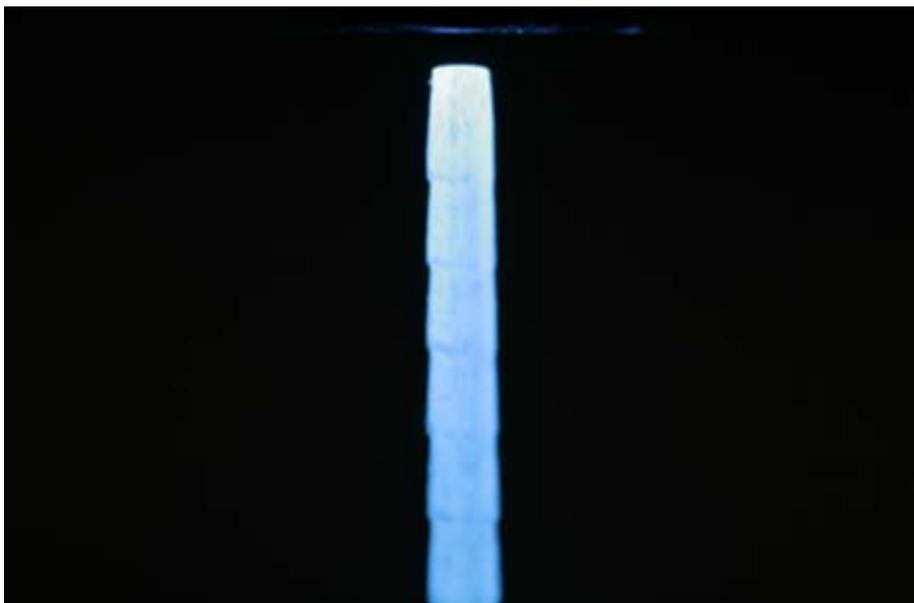


FIGURA 23 - Fotoativação do adesivo no pino  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 24 - Aparelho fotoativador  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

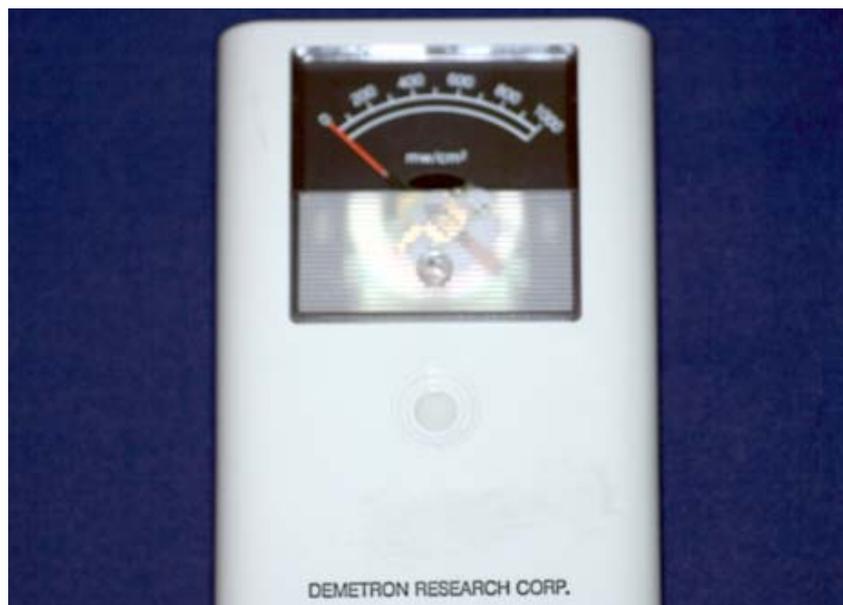


FIGURA 25 - Radiômetro analógico Demetron®  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

O sistema adesivo LOK® (SDI, Austrália) possui polimerização química. De acordo com as instruções do fabricante dos pinos de fibras de vidro, deve-se aplicar somente o adesivo sobre o pino, não utilizando, desta forma, o primer do sistema adesivo. Portanto, uma gota do frasco “base” foi misturada a uma gota do frasco “catalisador”, homogeneizada e aplicada nos condutos e nos pinos com o auxílio de uma ponta aplicadora Microbrush Superfine® (SDI, Austrália). Imediatamente após a aplicação, a ponta aplicadora foi seca em gaze e inserida novamente nos condutos para a remoção dos excessos de adesivo. Também foi feita a remoção dos excessos de adesivo nos pinos (Fig. 26 a 31).



FIGURA 26 - Base e catalisador do adesivo LOK®  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 27 - Proporcionamento do catalisador  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

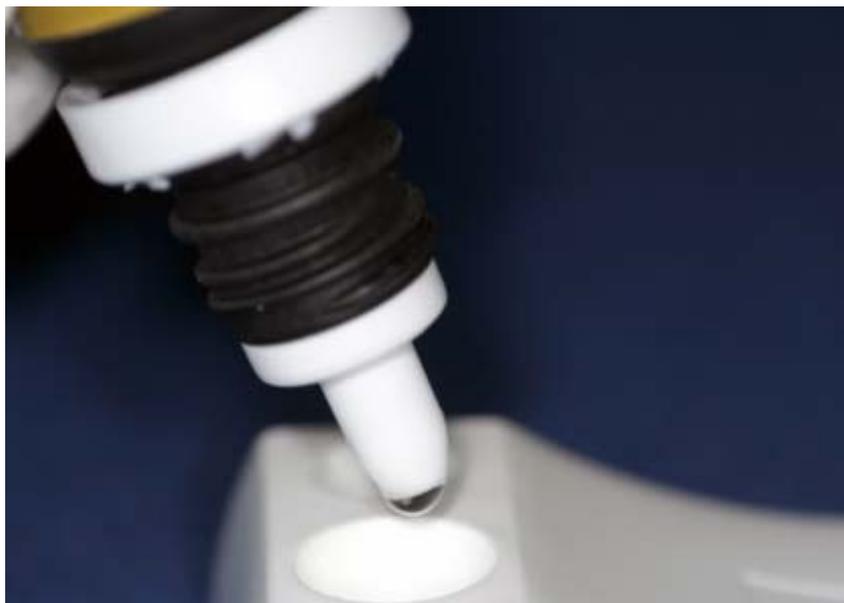


FIGURA 28 - Porporcionamento da base  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 29 - Homogeneização de base e catalisador  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

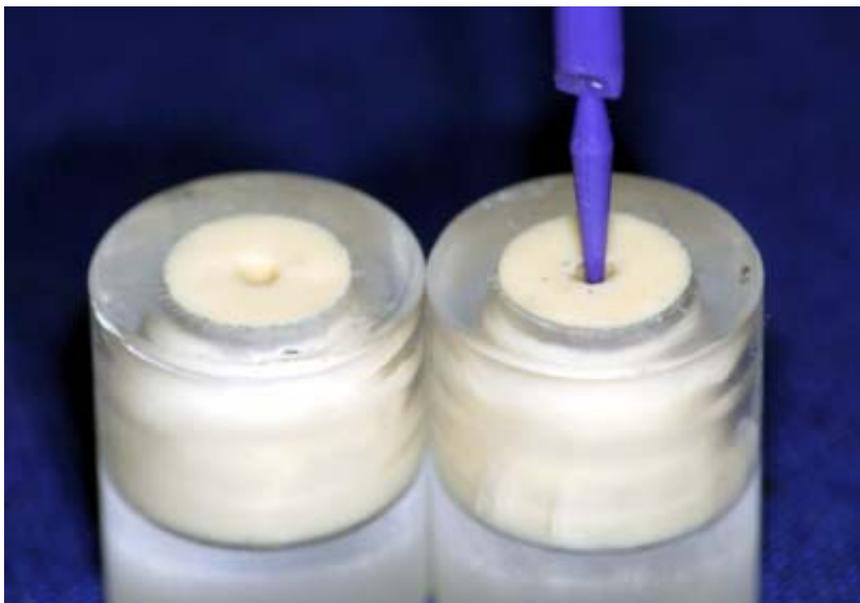


FIGURA 30 - Aplicação do adesivo nos canais  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

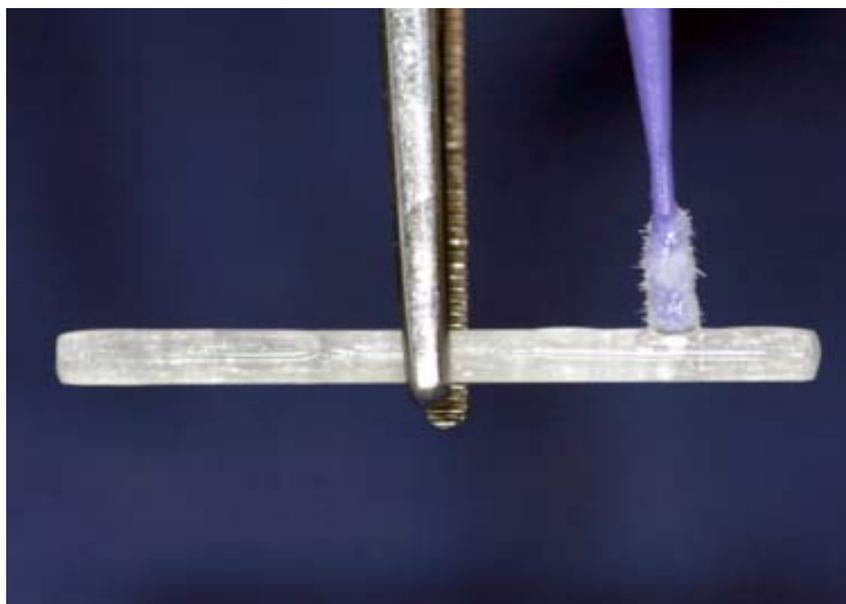


FIGURA 31 - Aplicação do adesivo em um pino liso  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

#### 4.4 Cimentação dos pinos

No intuito de se conseguir um encaixe perfeito dos corpos de prova à máquina de tração, os pinos foram cimentados simultaneamente nas suas duas extremidades em dois blocos acrílicos. Logo, todos os procedimentos adesivos e os tratamentos dos pinos foram realizados nas duas extremidades dos pinos e nos canais.

O cimento utilizado para a cimentação em todos os corpos de prova foi o cimento C&B<sup>®</sup> (Bisco, USA), quimicamente ativado (Fig. 32 e 33). Nos grupos onde se utilizou o sistema adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo, a espatulação e cimentação se deram logo após a fotoativação do adesivo. Já para os grupos do sistema adesivo LOK<sup>®</sup>, a espatulação do cimento foi simultânea à aplicação do adesivo, conforme instruções do fabricante. A espatulação foi realizada no período de trinta segundos, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante (Fig. 34 e 35). Após a manipulação, o cimento foi levado ao interior dos canais de resina com o auxílio de uma ponta Lentulo (Fig. 36 e 37). O restante do cimento foi pincelado sobre os pinos que foram então levados em posição dentro dos canais de resina (Fig. 38 a 40). Os excessos do cimento foram removidos com pontas aplicadoras microbrush Superfine<sup>®</sup> (SDI, Austrália) (Fig. 41). Os corpos de prova foram então colocados sobre uma bancada, de modo a deixar os pinos em posição horizontal, para que se evitasse torções nos blocos de resina e para que o ângulo de 90° entre os pinos e os canais fosse mantido. Foi aguardado o período de presa inicial do cimento de 7min com os espécimes mantidos em posição para evitar deslocamento do pino, e os corpos de prova foram armazenados em água destilada em temperatura ambiente por 5 dias até o momento dos testes.

Todos os procedimentos, a partir dos tratamentos dos pinos, foram realizados em um ambiente com temperatura controlada ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ).



FIGURA 32 - Cimento C&B®  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 33 - Seringas do cimento C&B®  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 34 - Proporcionamento do cimento em placa de vidro  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

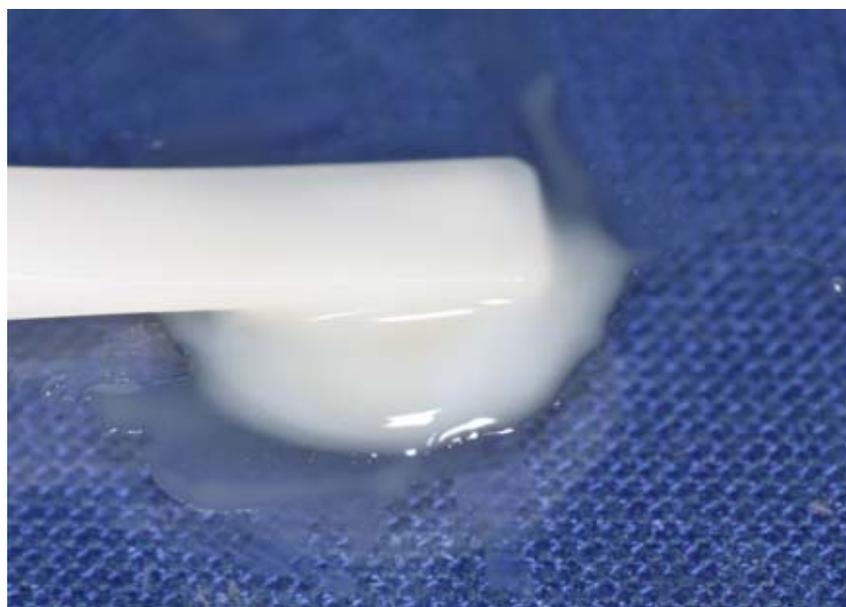


FIGURA 35 - Espatulação do cimento  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 36 - Uso de ponta Lentulo para inserção do cimento  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 37 - Inserção do cimento no canal  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

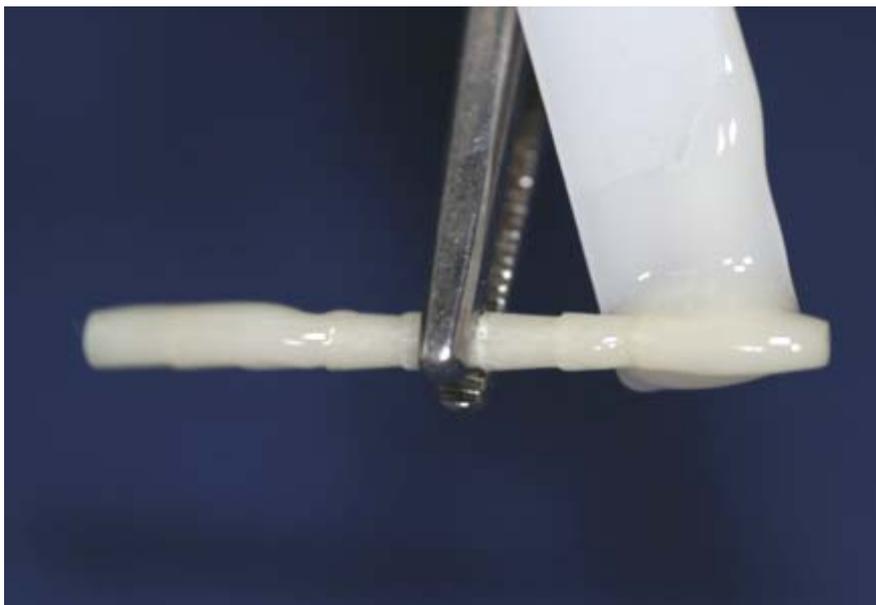


FIGURA 38 - Aplicação de cimento no pino  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 39 - Inserção do pino em um canal  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

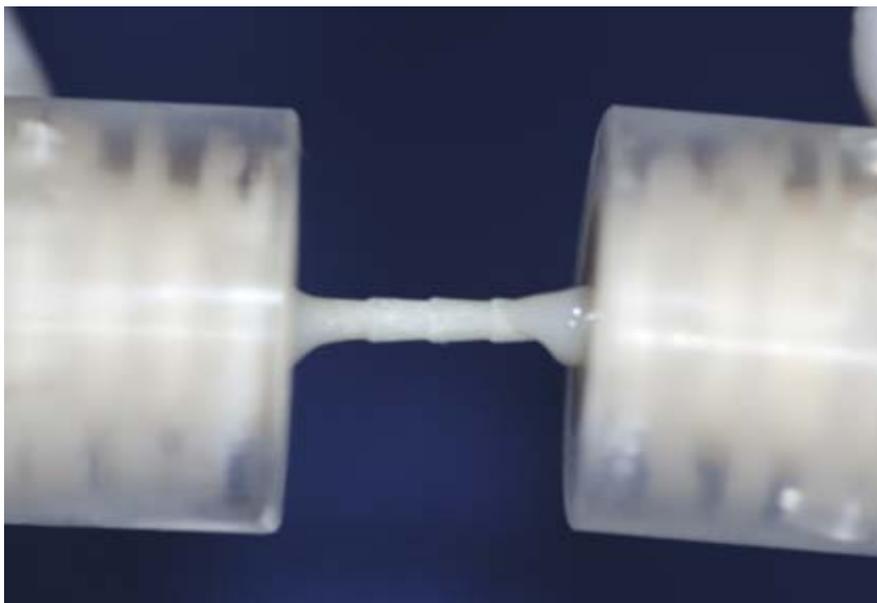


FIGURA 40 - Encaixe do outro canal de resina  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

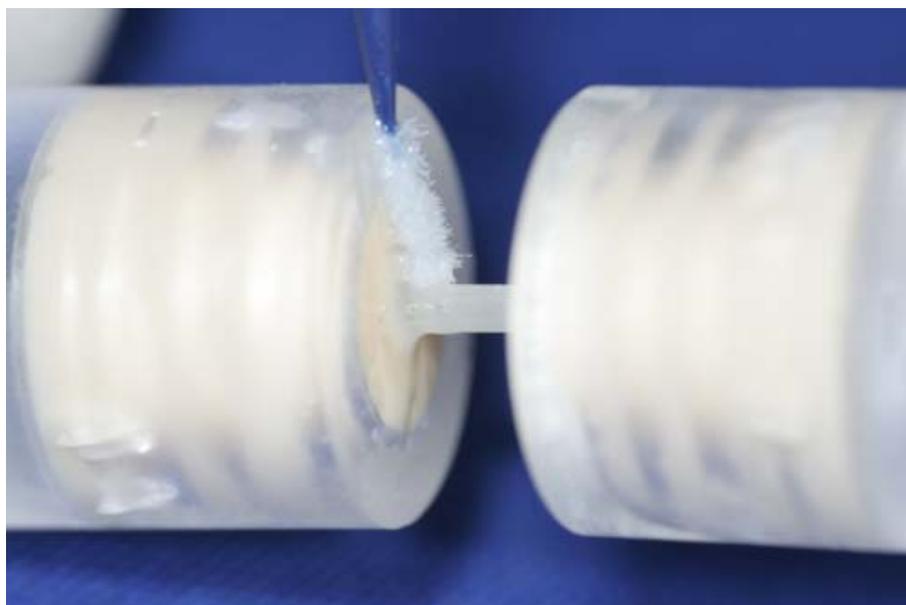


FIGURA 41 - Remoção dos excessos de cimento  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

Ao final, obteve-se 10 grupos com cinco corpos de prova em cada um, sendo eles:

**A- LOK<sup>®</sup>**

- 1- Pino liso sem tratamento
- 2- Pino liso silanizado
- 3- Pino liso jateado
- 4- Pino serrilhado sem tratamento
- 5- Pino serrilhado silanizado

**B- Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo**

- 1- Pino liso sem tratamento
- 2- Pino liso silanizado
- 3- Pino liso jateado
- 4- Pino serrilhado sem tratamento
- 5- Pino serrilhado silanizado

#### 4.5 Ensaios de tração

Após armazenagem por cinco dias, os espécimes foram submetidos a ensaios de tração para se medir sua resistência adesiva. Os testes foram executados em uma máquina de testes universal Instron TTDML<sup>®</sup>, com uma célula de carga de 100Kgf, presente no laboratório de ensaios mecânicos do Centro de Desenvolvimento de Tecnologias Nucleares (CDTN) da UFMG (Fig. 42). Os espécimes foram fixados em duas garras metálicas que prenderam os blocos de resina acrílica perpendicularmente, de modo a se obter somente cargas de tração nos corpos de prova (Fig. 43 a 45). Cargas de tração foram então executadas a uma velocidade de 1mm/min. até o momento da fratura (Fig. 46 a 49). No momento em que se observou a ruptura dos pinos de dentro dos condutos, os valores nos gráficos referentes foram anotados.



FIGURA 42 - Máquina de testes Universal Instron TTDML<sup>®</sup> do CDTN/UFMG  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 43 - Detalhe da garra para prensão dos corpos de prova  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

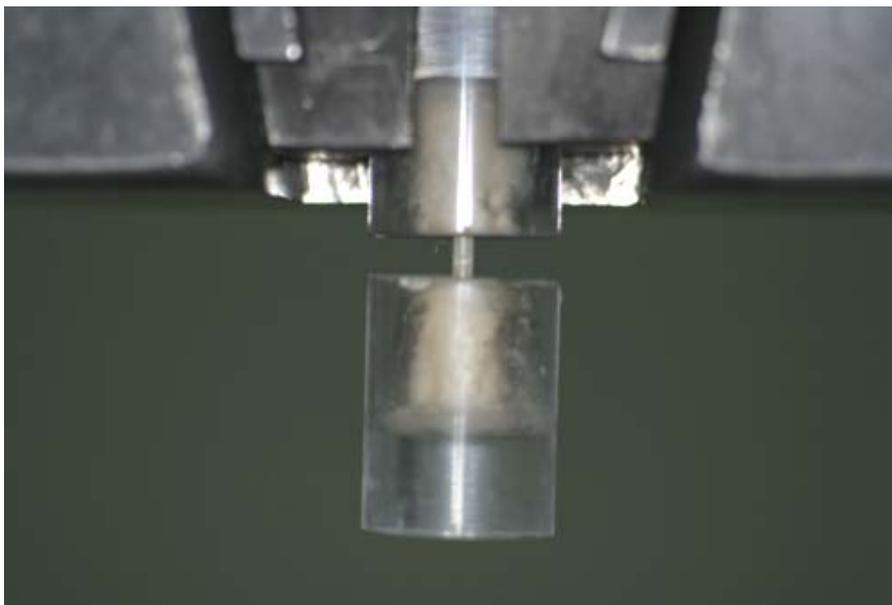


FIGURA 44 - Encaixe de um corpo de prova a uma garra da máquina de testes universal

Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 45 - Corpo de prova preso às duas garras da máquina de testes universal

Fonte: Pesquisa do autor/2006

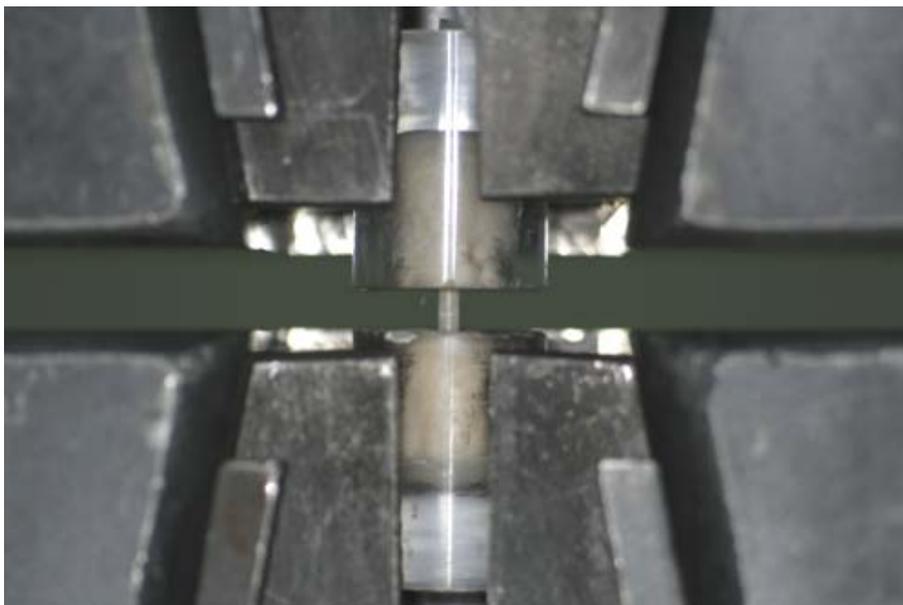


FIGURA 46 - Detalhe do encaixe do corpo de prova  
Fonte: Pesquisa do autor/2006



FIGURA 47 - Ensaio de tração em andamento  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

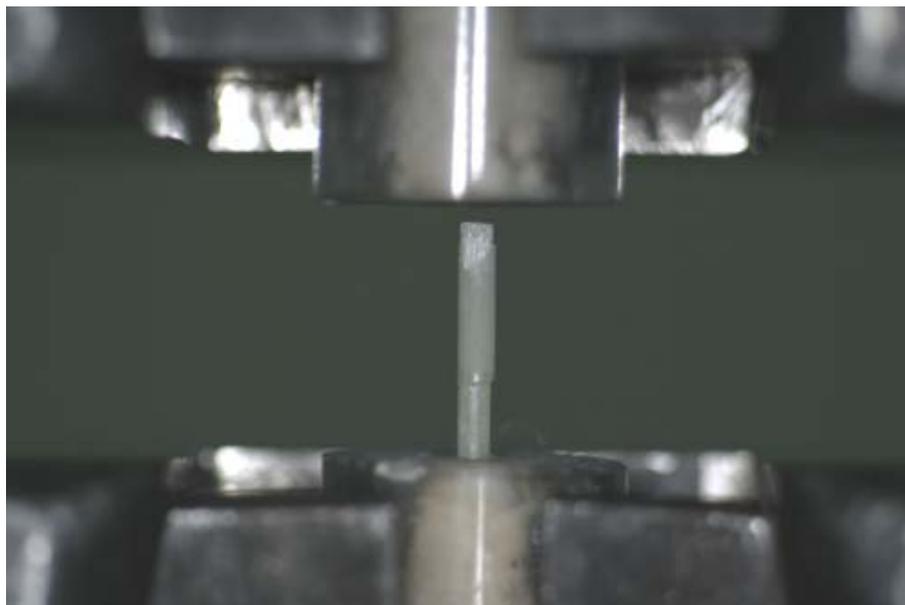


FIGURA 48 - Detalhe do ensaio de tração  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

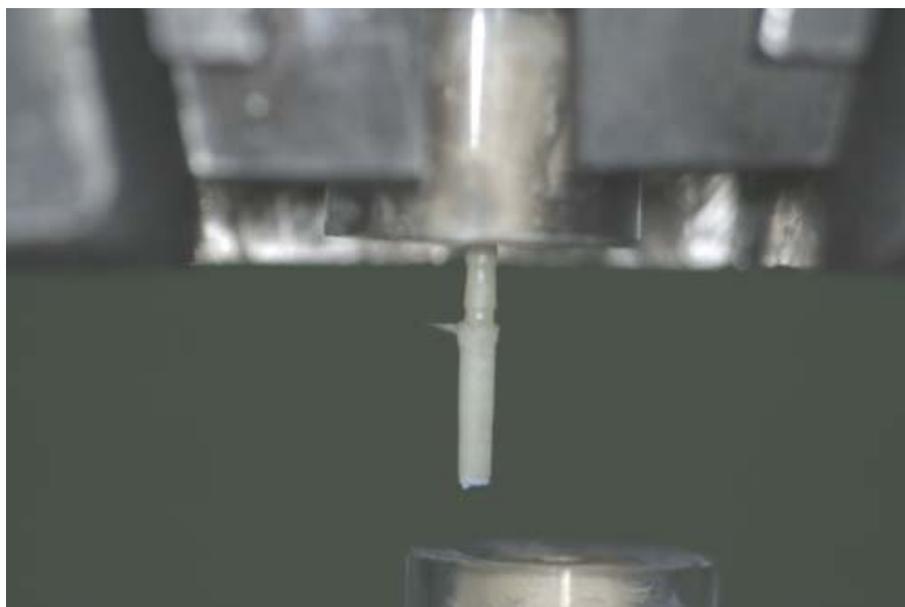


FIGURA 49 – Corpo de prova após a falha  
Fonte: Pesquisa do autor/2006

Os espécimes também foram analisados em um microscópio óptico Stani DV4<sup>®</sup> (ZEISS) com aumento de 15x para se determinar o tipo de falha encontrada.

As falhas foram categorizadas da seguinte forma: 1- falha adesiva na interface canal / cimento; 2- falha adesiva na interface pino / cimento; 3- falha coesiva do cimento; 4- falha coesiva da resina do canal; 5- falha coesiva do pino.

## 5 RESULTADOS

O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições em arranjo fatorial 5x2, sendo cinco tipos de pinos e dois sistemas adesivos. Foram avaliadas as variáveis: resistência adesiva e tipos de falhas.

Foram realizados os testes de Lilliefors e Bartlett para verificar normalidade e homogeneidade de variâncias dentro de tratamentos.

Para análise da resistência adesiva foi realizada análise de variância e teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, para comparar as médias de grupos experimentais.

Para análise dos tipos de falhas foi realizada a análise de variância não paramétrica, utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis em nível de 5% de probabilidade para comparar as médias dos grupos.

Foi realizada a distribuição de frequência absoluta de tipos de falhas em relação aos tipos de pinos e de adesivo.

A análise estatística foi realizada pelo programa SAEG (Sistema de análises estatísticas).

## 5.1 Resultados da análise

**TABELA 1**  
Testes para verificar normalidade e homogeneidade de variâncias

<b>Teste</b>	<b>Valor calculado</b>	<b>Valor (p = 0,01)</b>
Lilliefors	0,0983	0,146
Bartlett	15,7239	21,666

Verifica-se pelo teste de Lilliefors que os dados apresentam distribuição de probabilidade normal e pelo teste de Bartlett que há homogeneidade de variâncias dentro de tratamentos.

**TABELA 2**

Análise de variância da resistência adesiva entre os grupos experimentais  
realizada em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG

(FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV:  
coeficiente de variância; ns: não-significativo –  $p > 0,05$ ).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>Significância</b>
Pino	4	46,97030	ns
Adesivo	1	3301,594	0,0000
Pino*Adesivo	4	45,83630	ns
Resíduo	40	93,7202	
CV (%)	18,69		

Fonte: Pesquisa do autor, 2006.

Considera-se sempre que valores de coeficiente de variância abaixo de 30% são valores baixos, desejáveis, indicando alta precisão experimental. Verifica-se pela análise de variância que houve diferença estatística entre os adesivos ( $p < 0,001$ ) e que não houve efeito significativo de pino e da interação entre pino e adesivo.

TABELA 3

Médias e desvios padrão da força de resistência de grupos experimentais no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG

Pino	Adesivo				Média
	LOK <sup>®</sup>		Excite <sup>®</sup>		
Controle	45,67	± 6,747	57,44	± 15,402	51,55 A
Pino liso+silano	41,24	± 6,953	59,80	± 7,435	50,52 A
Pino liso+jateamento	43,72	± 4,158	62,46	± 11,793	53,09 A
Pino serrilhado	48,92	± 5,375	60,44	± 17,140	54,68 A
Pino serrilhado+silano	38,80	± 6,665	59,46	± 5,229	49,13 A
<b>Média</b>	<b>43,67 b</b>		<b>59,92 a</b>		

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Fonte: Pesquisa do autor, 2006.

Verifica-se que as médias de resistência de pinos não diferem ( $p > 0,05$ ) e que o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo foi estatisticamente superior em relação ao adesivo LOK<sup>®</sup> ( $p < 0,05$ ). A interação entre pino e adesivo não foi significativa, indicando que para qualquer um dos pinos o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo sempre foi superior ao LOK<sup>®</sup>.

TABELA 4

Médias de falhas ocorridas nos grupos experimentais no ensaio realizado em  
Dezembro/2005 no CDTN/UFMG

Pino	Adesivo		Média
	LOK <sup>®</sup>	Excite <sup>®</sup>	
Controle	1,44	2,00	1,64 A
Pino liso+silano	1,28	2,00	1,58 A
Pino liso+jateamento	1,17	2,62	2,00 A
Pino serrilhado	1,87	2,28	2,07 A
Pino serrilhado+silano	2,86	2,71	2,28 A
Média	1,54 b	2,37 a	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ )

Fonte: Pesquisa do autor, 2006.

Verifica-se nas médias de falhas dos pinos que não há diferença estatística ( $p > 0,05$ ), e que o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo foi estatisticamente maior em relação ao adesivo LOK<sup>®</sup> ( $p < 0,05$ ). Isto indica que as falhas do LOK<sup>®</sup> ocorrem mais na categoria de falhas adesivas, enquanto que para o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo ocorrem tanto falhas adesivas como falhas coesivas.

Entre pinos houve uma variação de número de falhas de 12 no pino liso + silano a 15 para pino serrilhado (TAB. 5).

Entre os adesivos a frequência de falhas foi semelhante nos dois adesivos, sendo de 37 no LOK<sup>®</sup> e 32 falhas no Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo, sendo as falhas com LOK<sup>®</sup> mais frequentes nas categorias das adesivas e do Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo tanto nas falhas adesivas quanto na coesiva (TAB. 6).

TABELA 5

Distribuição de freqüência de falhas em relação aos pinos no ensaio realizado em Dezembro/2005 no CDTN/UFMG

Pino	Freqüência de falhas			Total de Falhas
	1	2	4	
Controle	5	9	-	14
Pino liso+silano	5	7	-	12
Pino liso+jateamento	8	2	4	14
Pino serrilhado	9	1	5	15
Pino serrilhado+silano	8	-	6	14

Fonte: Pesquisa do autor, 2006.

- 1- falha adesiva na interface canal / cimento;
- 2- falha adesiva na interface pino / cimento;
- 3- falha coesiva do cimento;
- 4- falha coesiva da resina do canal;
- 5- falha coesiva do pino.

TABELA 6

Distribuição de freqüência de falhas em relação ao adesivo no ensaio realizado em  
Dezembro/2005 no CDTN/UFMG

Adesivo	Freqüência de falhas			Total de Falhas
	1	2	4	
A (LOK)	25	8	4	37
B (Excite)	10	11	11	32

**Fonte:** Pesquisa do autor, 2006.

- 1- falha adesiva na interface canal / cimento;
- 2- falha adesiva na interface pino / cimento;
- 3- falha coesiva do cimento;
- 4- falha coesiva da resina do canal;
- 5- falha coesiva do pino.

## 6 DISCUSSÃO

A adesão é, ao mesmo tempo, um dos maiores avanços da Odontologia moderna e uma grande fonte de preocupações e estudos quanto à sua eficiência e durabilidade. Embora a adesão ao esmalte condicionado pelo ácido fosfórico seja confiável e durável, a adesão à dentina tem sido bem mais desafiadora por causa da complexa rede mineral e orgânica presentes no tecido dentinário (ZHENG et al, 2001). O mecanismo adesivo na dentina descrito por Nakabayashi (1982) e nomeado pela primeira vez de *hibridização* consiste na modificação ou remoção da smear layer, com conseqüente desmineralização da dentina peri e intertubular, expondo as fibrilas colágenas e criando uma rede por onde penetram os monômeros resinosos presentes nos sistemas adesivos propiciando retenção. Percebe-se claramente que há um enorme número de fatores presentes atuando simultaneamente (ex: diferentes concentrações de túbulos dentinários por região, volume de água presente, diferentes materiais colocados para funcionarem juntos em um mesmo ambiente, entre outros), o que torna todo o procedimento extremamente crítico e sujeito a falhas. Como vários fatores presentes fogem ao controle do profissional, torna-se praticamente impossível controlar as variáveis e padronizar a técnica adesiva.

O foco do presente trabalho é determinar qual, ou quais tratamentos dados aos pinos de fibras de vidro aumentarão sua resistência adesiva. Desta forma, o uso de dentes tratados endodonticamente traria a inclusão de uma enorme quantidade de variáveis indesejáveis ao estudo, impossibilitando uma análise apurada. Por isso optamos pela confecção de condutos artificiais confeccionados

em resina composta como forma de eliminar tais variáveis e de auxiliar tanto na confecção dos corpos de prova (todos os materiais utilizados têm matriz resinosa) como na condução dos testes (AKSORNMUANG et al, 2004). Logo, as únicas variáveis presentes no estudo foram os adesivos, as diferentes configurações superficiais e os diferentes tratamentos dados aos pinos. A cimentação dos pinos em dois blocos de resina simultaneamente (utilizando o mesmo protocolo de tratamento dos pinos e cimentação em ambos os lados) foi necessária, pois possibilitou um perfeito encaixe das garras da máquina de testes aos corpos de prova, sem que houvesse perigo de quebra ou escorregamento dos pinos durante os ensaios. A força aplicada pelas garras da máquina é muito forte, podendo levar à ruptura da matriz resinosa dos pinos, expondo desta forma as fibras que não suportariam a tração. Além disso, foi de grande utilidade como meio de assegurar que somente forças de tração seriam aplicadas nos corpos de prova, pois a padronização dos preparos dos orifícios nos blocos de resina em furadeira de bancada asseguraram o ângulo de 90° entre o pino e a superfície do bloco de resina, não havendo interferências de outras cargas durante os ensaios (como flexão ou torção, por exemplo). Ensaios-piloto foram realizados utilizando canais artificiais em resina acrílica somente, mas a falta de adesão entre a matriz acrílica e os materiais adesivos testados impossibilitaram a condução do trabalho. Também foram feitos ensaios-piloto onde os pinos foram cimentados em um canal somente, de forma que no momento dos testes era necessário prender o pino diretamente à garra. Tais testes também falharam, pois não houve preensão suficiente dos pinos à garra da máquina, levando a um escorregamento dos pinos e, ao mesmo tempo, um esmagamento dos pinos, ocasionando a quebra da matriz resinosa dos mesmos.

Embora a união cimento-dentina seja o elo mais fraco na adesão intraradicular, a união pino-cimento e pino-reconstrução também merecem atenção. Estudos já relataram menor capacidade retentiva dos pinos não-metálicos aos materiais de cimentação e reconstrução quando comparados a pinos pré-fabricados metálicos, provavelmente por falta de uma preparação na superfície destes pinos (PURTON & PAYNE, 1996; MARTINEZ-INSUA, 1998 e GORACCI et al, 2005). De fato, é através das interações químicas e micro-mecânicas entre o pino e a resina que depende a reconstrução dos dentes reabilitados proteticamente (GORACCI et al, 2005). Portanto, a aplicação clínica de diferentes tratamentos superficiais em pinos de fibras não deve ser compreendida somente como meio de melhorar a adesão intra-radicular. A prática clínica tem exibido casos recorrentes de deslocamento das reconstruções de resina sobre pinos não-metálicos e de pinos. Torna-se necessário então um estudo apurado a respeito de soluções para tais contratempos. No presente trabalho foi possível observar que em todos os corpos de prova onde foram utilizados pinos serrilhados, a falha ocorreu na parte coronária dos pinos. Devido ao fato de as serrilhas terem direção e formato padronizados (estreitamento apical e bordas mais largas na porção coronária), tal característica foi fundamental para a retenção. Caso a configuração superficial fosse diferente, isto é, se as serrilhas fossem produzidas de modo a não privilegiarem um único direcionamento, os resultados poderiam ser superiores.

Os cimentos resinosos já provaram ser os mais indicados para a cimentação de pinos não-metálicos. Estudos como os de El-Mowafi & Milenkovic (1994), Mendoza & Eakle (1994), Love & Purton (1998) e Cohen et al. (1998) já comprovaram a sua superioridade em relação aos cimentos de fosfato de zinco,

cimentos de ionômero de vidro (modificados por resina ou não) e cimentos híbridos (compômeros). O uso de agentes cimentantes resinosos aumenta significativamente a retenção do pino e a resistência à fratura (SAHAFI et al., 2003). Pelo fato de aderirem aos demais materiais resinosos (sistema adesivo, pino de fibras, resina de reconstrução coronária) e à estrutura dental, forma-se então um bloco único, com propriedades semelhantes à estrutura dental, otimizando a distribuição de cargas. A importância dessas características já foi citada em vários estudos. Conforme Cohen et al. (1998, p. 520)

cimentos mais friáveis podem levar a falhas que incluem a soltura do pino ou fratura da raiz. Quando um cimento começa a sofrer colapso, o ponto de fulcro teoricamente move-se no sentido apical, o que pode aumentar o braço de potência e o stress ainda mais no cimento íntegro remanescente.

A introdução de cimentos resinosos de presa dual, ou seja, de presa química e fotoativada, se deu basicamente devido à facilidade e agilidade no trabalho (HOFMANN et al, 2001). Contando com a fotoativação tornou-se mais fácil o manuseio e controle do tempo de trabalho por parte do operador. Tais cimentos têm sido usados na cimentação de facetas cerâmicas ou de resinas de laboratório, inlays e onlays e também na cimentação de pinos intra-radulares. Por outro lado, a necessidade de uma fonte de luz com potência suficiente para iniciar a reação de polimerização é o grande problema destes materiais. A passagem da luz através de restaurações de porcelana ou resina, ou mesmo sua penetração em condutos radulares diminui sua potência, de forma que o grau de conversão dos monômeros alcançado nas regiões mais apicais dos canais radulares não pode ser mensurado, assim como a profundidade de penetração da luz (fundamental para a reação de polimerização) ou com que intensidade esta luz chega a tais regiões. De fato, Abou-Id (2005) demonstrou em seu trabalho, através de

microscopia eletrônica de varredura, que a hibridização produzida por adesivos e cimentos duais na porção apical dos condutos é a mais deficiente. Todo o procedimento adesivo pode ser comprometido neste processo. Estudos comprovaram que somente a polimerização da parte química dos cimentos duais não é suficiente para garantir as propriedades mecânicas dos materiais e, conseqüentemente, sua boa performance (EL-BADRAWY et al, 1995; HOFMANN et al, 2001). Portanto, utilizamos neste trabalho somente o cimento C&B® (Bisco, USA), quimicamente ativado, material já largamente estudado e de eficácia comprovada (STANDLEE & CAPUTO, 1992; MENDOZA & EAKLE, 1994; MANOCCI et al, 1999; MANOCCI et al, 2001; VICHI et al, 2002; BOUILLAGUET et al, 2003) . Desta forma, há uma padronização na cimentação, além de se garantir uma polimerização mais uniforme e eficaz em toda extensão dos pinos.

O elemento de ligação, ou seja, o material que entra em contato com todos os outros componentes presentes é o adesivo. Ele é o responsável pela penetração e difusão na dentina desmineralizada e conseqüente formação da camada híbrida (não aplicáveis no presente estudo), assim como é ele também que está em contato direto com os pinos e com a resina utilizada na reconstrução do elemento dental. Da mesma forma que os cimentos, há adesivos de presa dual e adesivos quimicamente ativados e, por conseqüência, existem as mesmas dúvidas quanto à performance, indicação e limitações dos diferentes sistemas adesivos. Vários trabalhos testando sistemas adesivos de 2 e 3 passos na cimentação de pinos não-metálicos já foram realizados gerando resultados por vezes controversos (MANNOCCI et al, 1999; MANNOCCI et al, 2001; VICHI et al, 2002). Marques (2003) encontrou diferenças significativas entre sistemas adesivos na cimentação de pinos de fibras de vidro, mas não entre os cimentos. Sendo este o elo de ligação

onde, juntamente com os tratamentos de superfície dos pinos, podem ocorrer as variações entre grupos, optamos por testar um sistema adesivo de presa dual (Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch, Ivoclar/Vivadent, Alemanha) e um sistema adesivo quimicamente ativado (LOK<sup>®</sup>, SDI, Austrália).

Agentes de ligação organo-funcionais (silanos) vêm sendo utilizados há mais de 40 anos em vários campos da ciência. Sua função é de servir como elo de ligação entre materiais de natureza diferentes, promovendo uma adesão química. Materiais compostos por matriz orgânica e carga inorgânica (ex: resinas, pinos não-metálicos) são passíveis de tratamento pelos silanos, sendo que vários estudos já comprovaram sua eficácia (CHEN & BRAUER, 1982; MATINLINNA et al, 2004; GORACCI et al, 2005). No presente estudo a influência do silano na resistência adesiva dos pinos não foi estatisticamente significativa quando comparados aos demais grupos, apesar de um certo aumento nos valores absolutos da força de tração. Da mesma forma percebe-se certa tendência a um aumento da resistência adesiva nos grupos onde houve tratamentos mecânicos (ou seja, os grupos tratados com jato de óxido de alumínio e os grupos de pinos serrilhados), até mesmo maiores do que nos grupo onde foi realizada a aplicação do silano. Nakabayashi & Pashley (2000) categorizaram os processos adesivos em 3 diferentes formas: adesão biológica, adesão química e adesão física (ou mecânica). A adesão na Odontologia é uma adesão física. Conforme Vichi et al. (2002, p. 500) afirmaram: “o mecanismo dos sistemas adesivos no substrato dentinário radicular é de natureza essencialmente mecânica, baseada na infiltração em superfície desmineralizada, e na formação de `tags` e ramificações laterais”. Portanto, os tratamentos de superfície dos pinos que têm como princípio o aumento da área de superfície adesiva e / ou a criação de nichos, ranhuras ou irregularidades que

umentem a retenção mecânica tendem a ser altamente efetivos. Os estudos de Nergiz et al. (1997), Sahafi et al. (2003) e Matinlinna et al. (2004) corroboram tal afirmativa. No presente trabalho, apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os grupos, pôde-se perceber discreto aumento na resistência adesiva quando utilizados tais tratamentos.

Outra hipótese a respeito da pouca eficácia do silano no aumento da adesão em pinos de fibras de vidro foi citada por Goracci et al. (2005). Os autores levantaram a possibilidade de que a silanização pode não ter grande efeito nos pinos de fibras de vidro, pois estes não apresentam fibras expostas na superfície nem monômeros livres para reagir com o silano. Desta forma, o jateamento dos pinos com óxido de alumínio a 50µm, abrasiando a superfície poderia expor fibras, carga inorgânica da resina e / ou monômeros resinosos aumentando, conseqüentemente, a eficácia do procedimento. Os resultados obtidos no presente trabalho parecem confirmar tal teoria, uma vez que os grupos que receberam silanização exibiram melhoria quase insignificante na retenção, quando comparados aos grupos que receberam jateamento, com ligeiro aumento na retenção.

Originalmente, a cimentação de pinos de fibras foi recomendada para ser feita com adesivos de 3 passos e cimento resinoso de presa química (VICHI et al., 2002). Trabalhos como o de Manocci et al. (1999), Vichi et al. (2002), Bouillaguet et al. (2003) e Marques (2003) relataram que adesivos de 3 passos obtêm melhor performance na cimentação de pinos do que adesivos de passo único. No presente trabalho talvez o achado mais surpreendente tenha sido justamente o melhor desempenho do adesivo de presa dual Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo em relação ao adesivo quimicamente ativado LOK<sup>®</sup>. Todavia, ao se analisar as particularidades

metodológicas deste estudo, pode-se perceber a razão destas diferenças. O adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo, por ser um sistema adesivo de passo único, contém primer e adesivo na mesma solução, além do solvente (etanol), o que torna a solução muito mais fluida do que o adesivo LOK<sup>®</sup> que, por ser um adesivo de cura química, apresenta primer e adesivo em soluções separadas. De acordo com o fabricante dos pinos, não é utilizado o primer sobre os pinos, aplicando-se somente o adesivo. Como a cimentação neste trabalho se deu em canais de resina, o mesmo princípio se aplica tanto para o adesivo nos pinos quanto nos canais, ou seja, não foi feita a aplicação do primer do sistema adesivo LOK<sup>®</sup>. Somente a mistura base+catalisador, contendo basicamente resina sem carga e iniciadores de reação, foi utilizada. Ainda há que se observar as diferenças no substrato. Canais radiculares condicionados com ácido contêm umidade, são extremamente porosos e oferecem maior facilidade de penetração aos sistemas adesivos (contendo primer e solventes) quando comparados aos canais de resina usados neste trabalho e cimentados sem utilização de primer com solvente. Portanto, o molhamento é prejudicado. A presença de primer e solvente na solução do adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo também tem grande importância neste contexto, uma vez que permitiu o melhor molhamento na superfície dos canais e a evaporação de parte da solução, resultando em uma camada mais fina de adesivo e mais uniforme. Estudos como o de Cho et al. (2004) relataram que solventes têm influência direta na performance dos sistemas adesivos. Zheng et al. (2001) observaram que a espessura da camada adesiva influi diretamente na força de adesão, uma vez que grandes espessuras de adesivo acarretam em diminuição da resistência adesiva, aumento de bolhas dentro da camada adesiva ou falhas coesivas do adesivo. Tais trabalhos corroboram os achados deste estudo.

A observação visual dos tipos de falhas veio a consolidar os resultados dos testes de tração quanto à performance de cada um dos grupos. Nos grupos onde se utilizou o adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo observou-se uma melhora quando utilizados os tratamentos mecânicos (jateamento e serrilhamento) sobre os grupos controle e tratados com silano. Nos grupos 1A e 2A todas as falhas ocorreram entre o pino e o cimento, revelando uma maior aderência do cimento às paredes do canal. Já os grupos 3A, 4A e 5A apresentaram falhas tanto adesivas entre cimento e o canal quando falhas coesivas do próprio canal. Isto mostra claramente uma maior efetividade dos tratamentos mecânicos sobre os pinos, superior até à força de união cimento-canal e à própria resistência coesiva da resina composta utilizada nos canais. Já para os grupos onde foi utilizado o adesivo LOK<sup>®</sup> as diferenças foram mais sutis, havendo uma certa homogeneidade nos resultados. Em todos os grupos houve ocorrência de falhas adesivas entre pino e cimento, revelando pouca aderência entre estes compostos. Porém, tal observação deve ser analisada levando-se em consideração o sistema adesivo utilizado. Como explicado anteriormente, o adesivo LOK<sup>®</sup>, por não possuir solvente nem primer na sua composição, apresentou menor molhamento nos canais e maior espessura. Isto trouxe conseqüências negativas para sua performance, uma vez que a camada adesiva se tornou o elo fraco de todo o conjunto. É importante ressaltar que o pior rendimento do adesivo LOK<sup>®</sup> não se deve ao adesivo propriamente dito que é, na verdade, um sistema adesivo de qualidade e performance já comprovadas na literatura (MARQUES, 2003; ABOU-ID, 2004). Tais resultados são conflitantes com outros estudos. Todavia, há que se levar em consideração as diferenças metodológicas entre os estudos. O trabalho que mais se aproxima ao presente estudo em termos de metodologia é o de Aksornmuang et al (2004), onde também

foram usados condutos artificiais em resina composta. No entanto, neste trabalho não há utilização de nenhum sistema adesivo de três passos. Logo, o sistema adesivo utilizado possuía primer e solvente na mesma solução, assemelhando-se, portanto aos grupos tratados com Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo do presente trabalho.

Pode-se extrair uma importante informação a partir destes achados quanto ao adesivo LOK<sup>®</sup>. A adesão, seja ela entre os materiais envolvidos no procedimento ou entre os materiais e o substrato dental, continua sendo o fator mais crítico de todo o processo pois, quando a camada adesiva é muito espessa, esta se torna o elo mais fraco do sistema, levando a falhas precoces e rendimento aquém do esperado. Mesmo os tratamentos de superfície tendo provado sua eficácia, perderam sua função quando o sistema adesivo falhou prematuramente.

Com a grande variedade de produtos encontrados no mercado e diferentes protocolos de aplicação de tais produtos, um maior número de investigações *in vitro* devem ser realizados, além de avaliações *in vivo*, no sentido de buscar respostas para as muitas dúvidas a respeito da cimentação e tratamentos superficiais dos pinos de fibras de vidro e como atingir a excelência na sua performance. Apesar disso, concordamos com Sahafi et al. (2003), quando dizem que quaisquer resultados devem ser interpretados com cuidado, por ser impossível reproduzir em laboratório as condições reais da boca.

## 7 CONCLUSÕES

Com base na literatura pesquisada e na análise estatística dos resultados obtidos dentro desta metodologia empregada, concluiu-se que:

Existem diferenças significativas nos valores de resistência adesiva entre o sistema adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo e o sistema adesivo LOK<sup>®</sup>;

- Os grupos onde se utilizou o sistema adesivo Excite<sup>®</sup> DSC Soft Touch Endo apresentaram maiores médias do que os grupos onde se utilizou o sistema adesivo LOK<sup>®</sup>;

- Não houve diferenças significativas nos valores de resistência adesiva entre os diferentes tratamentos superficiais testados;

- Através da observação visual dos tipos de falhas, pôde-se observar a maior eficácia dos tratamentos mecânicos (jateamento com óxido de alumínio de 50µm e serrilhamento da superfície) em relação à aplicação do silano e ao grupo controle.

## 8 REFERÊNCIAS

ABOU-ID, L.R. **Avaliação ultra-estrutural (MEV) da interface adesiva gerada após cimentação de pinos de fibras de vidro intra-radiculares por diferentes técnicas de hibridização.** 173 f. Dissertação (Mestrado em Dentística) -Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

AKSORNMUANG, J.; et al. Microtensile bond strength of a dual cure resin core material to glass and quartz fiber posts. **J. Dent.**, v. 32, n.6, p. 443-450, aug., 2004.

BOUILLAGUET, S.; et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. **Dent. Mat.** v. 19, p.199-205, may, 2003.

CAPUTO, A.A.; STANLEY, P. Pins and posts - Why, when and how. **Dent. Clin. North America**, v.20, n. 2, p.299-311, 1976.

CHEN, T.M.; BRAUER, G.M. Solvent effects on bonding organo-silane to silica surfaces. **J. Dent. Res.**, v. 61, n. 12, p. 1439-1443, dec., 1982.

CHO, B.H.; DICKENS, S.H. Effects of acetone content of single solution dentin bonding agents on the adhesive layer thickness and the microtensile bond strength. **Dent. Mat.**, v.20, n.2, p. 107-115, feb., 2004

COHEN, B.I.; et al. Retention of three endodontic posts cemented with five dental cements. **J. Prosthet. Dent.**, v.79, n. 5, p.520-525, may., 1998.

DEBNATH, S.; et al. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strength. **Dent. Mat.**, v.19, n. 5, p. 441-448, July., 2003.

DURET, B.; REYNAUD, M.; DURET, F. New concept of coronoradicular reconstruction; the Compsipost. **Chir. Dent. France**, v.60, p. 131-141, 1990.

EL-BADRAWY, W.; EL-MOWAFI, O. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. **J. Prosthet. Dent.**, v. 73, n. 6, p. 515-524, june, 1995

EL-MOWAFI, O.M.; MILENKOVIC, M. Retention of Paraposts cemented with dentin-bonded resin cements. **Oper. Dent.**, v. 19, n. 5, p. 176-182, 1994.

ELLAKWA, A.E.; SHORTALL, A.C.; MARQUIS, P.M. Influence of fiber type and wetting agent on the flexural properties of an indirect fiber reinforced composite. **J. Prosthet. Dent.** V.88, n. 5, p. 485-490, nov. 2002.

GORACCI, C.; et al. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. **Dent. Mat.**, v.21, n. 5, p. 437-444, may, 2005.

HELPER, A.R.; MELNICK, S.; SCHILDER, H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, v. 34, p.661-670, 1972  
In: MANNOCCI, F.; et al. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. **J. Endodontics**, v.25, n. 12, p.789-794, dec., 1999.

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

ISIDOR, F.; ODMAN, P.; BRONDUM, K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. **Int. J. of Prosthodont.** v.9, p. 131-136, 1996.

KAAS, R.L.; KARDOS, J.L. The interaction of alkoxy silane coupling agents with silica surfaces. *Polymer Eng Sci*, v.11, p. 11-18, 1971. In: CHEN, T.M.; BRAUER, G.M. Solvent effects on bonding organo-silane to silica surfaces. **J. Dent. Res.**, v. 61, n. 12, p. 1439-1443, dec., 1982.

LANZA, A.; et al. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. **Dent. Mat.** v. 21, n. 8, p. 709-715, aug., 2005.

LASSILA, L.V.J. et al. Flexural properties of fiber reinforced root canal posts. **Dent. Mat.**, v. 20, n. 1, p.29-36, jan., 2004.

LE BELL, A.M. et al. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. **J. Dent.**, v.33, 7, p. 533-539, aug., 2005.

MANNOCCI, F. et al. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. **J. Endodontics**, v.25, n. 12, p.789-794, dec., 1999.

MANNOCCI, F.; FERRARI, M.; WATSON, T.F.. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. **J. Prosthet. Dent.**, v. 85, n. 3, p.284-91, march, 2001.

MARQUES, S.M.L. **Resistência adesiva na cimentação de pinos de fibras de vidro utilizando diferentes sistemas adesivos e agentes cimentantes.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Dentística) -Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

MARTINEZ-INSUA, A.; DA SILVA, L.; SANTANA, U. Comparison of the fracture resistance of pulpless teeth restored with cast post core or carbon-fiber post with composite core. **J. Prosthet. Dent.**, v.80, n. 4, p. 527-532, nov., 1998.

MATINLINNA, J.P. et al. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. **Int. J. Prosthodont.**, v. 17, n. 2, p. 155-164, feb., 2004.

MENDOZA, D.B.; EAKLE, W.S. Retention of posts cemented with various dentinal bonding cements. **J. Prosthet. Dent.**, v.72, n. 6, p.591-594, dec., 1994.

McDONOUGH, W.G.; ANTONUCCI, J.M.; DUNKERS, J.P. Interfacial shear strengths of dental resin-glass fibers by the microbond test. **Dent. Mat.** v. 17 n. 6, p. 492-498, nov., 2001.

MOHSEN.M.; CRAIG, R.G. Effect of silanation of fibers on their dispersability by monomer systems. *J. Oral Rehab.*, v. 22 (), p. 183-189, 1995 In: DEBNATH, S.; WUNDER, et al. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strength. **Dent. Mat.**, v.19, v. 5, p. 441-448, july., 2003.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. **Hibridização dos tecidos dentais duros.** São Paulo: Quintessence Editora Ltda, 2000.

NERGIZ, I. et al. Effect of different surface textures on retentive strength of tapered posts. **J. Prosthet. Dent.** v.78, n.5, p. 451-457, nov., 1997.

PEGORETTI, A. et al. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. **Biomaterials**, v.23, n. 13, p. 2667-2682, july, 2002.

PURTON, D.G.; PAYNE, J.A. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. **Quint. Int.**, v.27, n. 2, p. 93-97, 1996.

SAHAFI, A. et al. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber and zirconia. **J. Adhes. Dent.**, v. 5, n. 2, p. 155-162, 2003.

STANDLEE, J.P.; CAPUTO, A.A. Endodontic dowel retention with resinous cements. **J. Prosthet. Dent.**, v. 68, n.6, p. 913-917, dec., 1992.

STANFORD, J.W.; WEIGAL, K.V.; PAFFENBERGER, G.C.; SWEENEY, W.T. Compressive properties of hard tooth tissue. *J. Am. Dent. Assoc.*, v.60, p.746-756, 1960. In: MANNOCCI, F. et al. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. **J. Endodontics**, v.25, n. 12, p.789-794, dec., 1999.

SILVA E SOUZA JR., M.H.; CARVALHO, R.M., MONDELLI, R.F.L., **Odontologia Estética e Aplicações Clínicas**. São Paulo: Editora Santos, 2001.

VICHI, A.; GRANDINI, C.L.; FERRARI, M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. **Dent. Mat.**, v.18, n. 7 p. 495-502, nov., 2002.

WANG, J.W.; PLOEHN, H. Dynamic mechanical analysis of the effect of water on glass bead-epoxy composites. *J. Appl. Polym. Sci.*, v. 59 (), p. 345-357, 1996. In: DEBNATH, S. et al. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strength. **Dent. Mat.**, v.19, n. 5, p. 441-448, july, 2003.

ZHAO, F.; TAKEDA, N. Effect of interfacial adhesion and statistical fiber strength on tensile strength of unidirectional glass fiber/epoxy composites. Part I: experimental results. *Composites, Part A*, v. 31 (), p. 1203-1214,, 2000 In: KESSLER, A.; BLEDDZKI, A. Correlation between interphase-relevant tests and the impact-damage resistance of glass/epoxy laminates with different fibre surface treatments. *Compos. Sci. Technol.*, v. 60 (), p. 125-130, 2000. In: LOVE, R.M.; PURTON, D.G. Retention os posts with resin, glass ionomer and hybrid cements. **J. Dent.**, v. 26 (7), p. 599-602, sep., 1998.

ZHENG, L. et al. Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. **Oper. Dent.**, v.26, n. 1, p.97-104, jan., 2001.