

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA - MESTRADO  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

**CHRISTIANA ZANDER-GRANDE**

**EFEITO DA APLICAÇÃO VIBRATÓRIA E DA UMIDADE DENTINÁRIA NA  
LONGEVIDADE DE SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS DE DOIS PASSOS**

**PONTA GROSSA  
2008**

**CHRISTIANA ZANDER-GRANDE**

**EFEITO DA APLICAÇÃO VIBRATÓRIA E DA UMIDADE DENTINÁRIA NA  
LONGEVIDADE DE SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS DE DOIS PASSOS**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Curso de Mestrado em Odontologia - Área de concentração Dentística Restauradora.

Orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alessandra Reis.

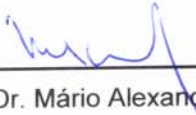
**PONTA GROSSA**  
2008

**CHRISTIANA ZANDER-GRANDE**

**EFEITO DA APLICAÇÃO VIBRATÓRIA E DA UMIDADE DENTINÁRIA NA  
LONGEVIDADE DE SISTEMAS ADESIVOS CONVENCIONAIS DE DOIS PASSOS**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Dentística Restauradora.

Ponta Grossa, 21 de Fevereiro de 2008.



---

Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti  
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP



---

Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio  
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG



---

Prof.ª Dr.ª Alessandra Reis  
Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG

## **DADOS CURRICULARES**

### **Christiana Zander-Grande**

NASCIMENTO	18-03-1982 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
FILIAÇÃO	Ítalo Sérgio Grande Ângela Zander Grande
2000/2004	Curso de graduação em Odontologia. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).
2005	Curso de Aperfeiçoamento em Implantodontia. Escola de Aperfeiçoamento Profissional da Associação Brasileira de Odontologia Regional Ponta Grossa – Paraná.
2006/2008	Curso de Pós-graduação em Odontologia. Área de Concentração – Dentística Restauradora, Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais **Ítalo Sérgio Grande e Ângela Zander Grande**, que foram meus primeiros professores, que me ajudaram a dar meus primeiros passos, que me ensinaram as primeiras palavras e que sorriram e choraram comigo nas horas importantes de minha vida. Ensinaram-me os alicerces de uma vida digna: o respeito, a responsabilidade, a honestidade e o amor. Meus melhores amigos que nunca me faltaram e que não mediram esforços para que eu tivesse a melhor educação, o melhor lar, o melhor do melhor, sempre sacrificando seus sonhos para que os meus e de minha irmã pudessem ser realizados. Espero que um dia eu possa ser um pouco do que vocês são, pois assim já serei muito mais do que sou. Amo vocês. Obrigada infinitamente.

A minha irmã **Fernanda Zander Grande** pelo amor e carinho em todas as horas, pelas brigas e discussões que fazem parte da vida de quem ama verdadeiramente, pelos dias compartilhados, por dividir comigo suas coisas e por sempre ser uma verdadeira amiga. Admiro você como pessoa e profissional. Amo você e te desejo o melhor.

Ao meu amor **Eduardo Santos da Rocha Penteado** por ser quem é e o que significa para mim. “Quem ama, não porque o amam, nem para que o amem esse sim é verdadeiro.”

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A **Deus** que está em todas as coisas e em todos os lugares, que nos protege, ilumina e abençoa mesmo quando por alguns momentos perdemos a fé.

A minha amiga e orientadora **Prof.ª Dr.ª Alessandra Reis**, meus agradecimentos sempre serão insuficientes comparados com sua enorme colaboração para o meu crescimento científico e pessoal. Mais do que uma orientadora você foi uma grande amiga; acolhendo-me em sua casa, dando – me broncas quando perdi o rumo, empolgando-se com minhas conquistas, dedicando seu tempo e conhecimento para que eu pudesse melhorar e crescer, sendo sempre uma pessoa especial, alegre, competente, inteligente, exigente e única.

Ao querido amigo **Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio** por ser um segundo orientador, que me ensinou que um grande pesquisador, como você, precisa ser dedicado, estudioso, inovador, mas principalmente ser apaixonado pelo que faz. Obrigada pelo apoio para que este trabalho e tantos outros pudessem ser realizados e por aqueles que com seus valiosos ensinamento ainda realizarei.

A estas duas pessoas diferenciadas, com mentes privilegiadas e principalmente grandes corações meus agradecimentos sinceros e minha eterna amizade.

Aos queridos mestres **Prof.ª Dr.ª Osnara Maria Mongruel Gomes** e **Prof. Dr. João Carlos Gomes** por sempre acreditarem e lutarem pelo crescimento do nosso curso de Mestrado e de nossa Universidade. Agradeço por terem sido meus primeiros orientadores, que participaram de forma imprescindível em minha formação acadêmica e confiaram nesta aluna mesmo quando eu nada sabia sobre odontologia. Obrigada pelo carinho e atenção.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, na pessoa de seu reitor **João Carlos Gomes** pela oportunidade outorgada.

A **CAPES** pelo financiamento de uma bolsa de estudos e pesquisa.

Aos professores do mestrado **Abraham Lincoln Calixto, Beatriz Nadal, Benjamim de Melo Carvalho, Carlos Roberto Berger, Denise Stadler Wambier, Elizabete Brasil dos Santos, Fábio André dos Santos, Gislaine Celusniak, Gibson Luiz Pilatti, Leide Mara Schimidt, Nara Helen Campanha, Stella Kossatz Pereira, Ulisses Coelho, Vitoldo Antônio Kozlowski Jr.**

A **Morgana das Graças Procz dos Santos** pelas inúmeras vezes em que me ajudou, pela amizade, competência e dedicação ao curso de mestrado.

Ao prestativo **Dr. Milton Domingos Michel** por sua grande ajuda na obtenção das imagens em microscópio eletrônico de varredura presentes neste estudo.

Aos meus companheiros de mestrado, **Alfonso, Ana Gebert, Ana Teitelbaum, Beatriz, Camila, Chigue, Cristian, Eloísa, Eugenio, Flávia, Gislaine, Jimenez, Manoela, Michele, Roberto, Rodrigo, Sérgio, Shelon e Wilmer**, pela convivência, por terem tornados esses dois anos mais alegres e especiais apesar das dificuldades, por terem doado um pouco de si, deixando lições importantes. Fica a saudade e o desejo de que tenham sucesso e felicidades! Cada um sabe o quanto significa para mim.

Ao **Beto** e ao **Zuk** meus companheiros de pesquisa, por toda ajuda não somente neste trabalho como em tantos outros que juntos fizemos. Obrigada pela convivência, viagens, reuniões, tardes intermináveis no laboratório e na clínica, artigos trocados, conselhos, e principalmente pela amizade. Vocês são muito importantes pra mim.

As minhas meninas queridas **Sabrina** e **Thays** pela grande ajuda na pesquisa clínica desenvolvida durante o mestrado. Pessoas especiais como vocês merecem êxito na vida acadêmica e pessoal.

A **Universidade do Oeste de Santa Catarina** que gentilmente cedeu seu laboratório, no campus de Joaçaba, para que parte desta pesquisa pudesse ser realizada.

Aos alunos do curso de engenharia civil da UNOESC, **Diego Gadler** e **Adauto Fantin** pela prestatividade e bom-humor com que me ajudaram na realização dos testes de microtração realizados neste estudo.

Ao engenheiro graduado pela UNOESC **Rafael Patzlaf** pela elaboração do protótipo do aplicador vibratório testado neste estudo.

À bibliotecária **Maria Luzia F. Bertholino dos Santos** pela revisão metodológica desta dissertação.

**A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desta pesquisa.**



*“Lá está o futuro,  
não sabemos o que nos espera  
que surpresas estão por vir.  
Não adianta pensar  
nem se preocupar...  
Você não pode resolver  
o que não aconteceu.  
Por isso viva o aqui e agora,  
faça as coisas acontecerem já.  
O futuro se faz hoje...  
O passado já foi!  
Não se prenda a coisas  
que já não existem e que não  
mais voltarão.  
O passado é bom como referência.  
Assim, cada dia  
será uma aventura, um desafio,  
uma experiência  
que sempre valerá a pena viver.”*

**(Nuno Cobra)**

Zander-Grande C. Efeito da aplicação vibratória e da umidade dentinária na longevidade de sistemas adesivos convencionais de dois passos. [Dissertação – Mestrado em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2008.

## RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar o efeito das formas de aplicação de sistemas adesivos convencionais de dois passos nos valores de resistência de união e no padrão de nanoinfiltração em substrato dentinário seco e úmido no tempo imediato e após seis meses de armazenamento. Foram utilizados 48 terceiros molares humanos, 32 para microtração e 16 para análise em MEV. Os dentes foram divididos em 8 condições experimentais, de acordo com a combinação dos fatores: Adesivo (Single Bond [SB] e One Step [OS]), forma de aplicação (suave [SU] e vibratória [VB]) e umidade dentinária (seca [S] e úmida [U]) e posteriormente pelo tempo de avaliação (imediatos [I] e seis meses [6M]). As superfícies oclusais livres de esmalte foram condicionadas por 15 s, seguido de lavagem pelo dobro do tempo. Os adesivos foram aplicados em dentina seca [S] ou úmida [U]. Os adesivos foram aplicados de formas: suave [SU] sem pressão digital ou vibratória [VB] com um protótipo de aplicador. Em ambos os casos 2 camadas de adesivo foram aplicadas por 10 s, intercalados com jatos de ar por 10 s a 20 cm de distância. A fotoativação foi feita por 10 s com intensidade de 800 mW/cm<sup>2</sup>. Coroas em resina composta foram confeccionadas de forma incremental. Foram obtidos cp na forma de palitos (0,8 mm<sup>2</sup>) submetidos ao teste de microtração a 0,5 mm/min. Os dados foram submetidos à análise de variância de três fatores (Tempo vs. Umidade vs. Forma de Aplicação) e ao teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Para análise em MEV os cp foram isolados, infiltrados com nitrato de prata (24 h), revelados (8 h) e em seguida embutidos em resina acrílica, polidos e desmineralizados para observação do padrão de nanoinfiltração e espessura da camada de adesivo. Os valores médios da espessura da camada de adesivo foram submetidos a uma análise de variância de dois fatores de medidas repetidas e ao teste de Tukey para contraste das médias ( $p = 0,05$ ). Para os valores de RU, a umidade do substrato foi indiferente para o SB, porém o OS necessitou de substrato úmido para melhor interação com a dentina. A aplicação vibratória não afetou os valores de resistência de união imediata para ambos adesivos, porém não houve degradação da resistência de união após 6 meses para o adesivo SB, fato não observado para o OS. A aplicação vigorosa reduziu de forma bastante significativa a espessura da camada de adesivo para o OS e manteve praticamente constante para o SB. A análise qualitativa sugeriu menor infiltração ao longo do tempo para a aplicação VB para o SB, o mesmo não ocorreu para OS. Concluiu-se que: 1) a aplicação VB comparada a SU ao longo do tempo evitou a degradação do SB, 2) o adesivo SB é menos sensível às variações de umidade da dentina, 3) o sistema adesivo OS tem melhor desempenho ambiente úmido, 4) o adesivo OS degradou-se significativamente apesar das variações implementadas no estudo.

**Palavras-chave:** Resistência de união. Dentina. Adesivos dentinários.

Zander-Grande C. Evaluation of surface moisture and application mode on 6 month resin-dentin bond strength and nanoleakage. [Dissertação – Mestrado em Dentística Restauradora]. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa; 2008.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effects of different application modes and moisture degree on the resin-dentin bond strength values and nanoleakage pattern on the immediate and 6-month time. An ethanol/water based (Single Bond [SB]) and an acetone-based system (One Step [OS]) was used. On 32 third molars, a flat superficial dentin surface was exposed by wet abrasion. After the acid etching (15 s) and rinse (30 s), two coats of the adhesive were applied on either a dry [D] or rewetted surface [W], under slight rubbing action [S] without manual pressure or vibratory mode [V] with a vibratory prototype applicator. An air stream for 10 s at a distance of 20 cm was used after the adhesive application. The specimens were light curing (800 mW/cm<sup>2</sup>/10 s), composite build-ups were constructed incrementally and specimens were stored in water (37 °C/24 h). They were longitudinally sectioned in the “x” and “y” directions to obtain bonded sticks (0.8 mm<sup>2</sup>) to be tested in tension at 0,5 mm/min. The data was analyzed by a three-way ANOVA and Tukey’s multiple comparison test ( $\alpha = 0.05$ ). For the nanoleakage analysis the sticks were coated with two layers of nail varnish applied up to within 1 mm of the bonded interfaces. The specimens were placed in the ammoniacal silver nitrate in darkness for 24 h, rinsed with distilled water, and immersed in photo developing solution for 8 h under a fluorescent light. All sticks were embedded in acrylic resin. The samples were wet-polished. Resin-dentin interfaces were analyzed in a field-emission scanning electron microscope to determine the nanoleakage pattern and adhesive layer thickness. For the resin-dentin bond strength values, the moisture of the substrate was not significant for SB however a moist substrate was essential for the OS adhesive. The vibratory application did not affect the immediate bond strength values for both adhesives, however this method prevented the SB system from degradation. The vibratory application reduced significantly the adhesive layer thickness of the OS and practically did not affect the thickness of the SB system. The qualitative analyze suggested lower infiltration of silver nitrate when the vibratory mode application was used, the same did not occur for OS. Based on the results of this study it was concluded that: 1) After six months of water storage, reductions in bond strength values and intense silver penetration were not observed under VB application in compare with SU application, 2) Less sensibility for moist was attributed to SB, 3) In the OS groups high bond strength values were obtained in moist dentin, 4) In the OS groups a considerable degradation was observed.

**Keywords:** Bond strength. Dentin. Adhesive.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Diagrama 1	- Delineamento experimental do estudo.	33
Diagrama 2	- Padronização da umidade e da forma de aplicação dos sistemas adesivos.	34
Diagrama 3	- Metodologia para análise quantitativa da espessura da camada de adesivo.	46
Diagrama 2	- Padronização da umidade e da forma de aplicação dos sistemas adesivos.	36
Figura 1	- Preparo da superfície de dentina para adesão. Em (a) dente hígido; (b) superfície dentária plana em dentina; (c) superfície plana de dentina sem bordas periféricas de esmalte.	33
Figura 2	- Aplicação do sistema adesivo. Em (a) condicionamento ácido da superfície dentinária; (b) umidade da superfície desmineralizada; (c) aplicação do sistema adesivo; (d) fotopolimerização por 10 s do sistema adesivo após a aplicação de duas camadas do mesmo.	37
Figura 3	- Vista longitudinal (a) e superior (b) da coroa em resina composta confeccionada.	38
Figura 4	- Seqüência dos cortes para obtenção dos corpos-de-prova. Em (a) dente fixado com cera pegajosa ao dispositivo da máquina de corte; (b) máquina de corte Isomet (c) primeira seqüência de cortes no eixo x; (e) segunda seqüência de cortes no eixo y; em (f) cp pronto (palito).	38
Figura 5	- Seqüência para o teste de microtração. Em (a) paquímetro digital para a medição da área dos cp; (b) máquina utilizada para o teste de microtração (EMIC); (c) garra para o teste de microtração.	40
Figura 6	- Padrões de fratura. Em: 1 coesiva de dentina, 2 adesiva/mista na interface, 3 coesiva de dentina.	40
Figura 7	- Seqüência da infiltração dos cp para observação em MEV. Em (a) cp confeccionado, (b) cp isolado com esmalte (apenas a interface dente/restauração exposta) e (c) cp infiltrado com nitrato de prata.	43
Figura 8	- Matriz de PVC confeccionada para o embutimento dos cp (dimensões: 2cm de diâmetro e 1cm de altura).	43

Figura 9	- Seqüência do embutimento: em (a) cp fixados na fita dupla face, envoltos pela matriz previamente isolada, (b) resina acrílica incolor sobre os cp.	44
Figura 10	- Seqüência de pastas diamantadas (Arotec) utilizadas no polimento das amostras, granulação decrescente 1 µm (rosa), ¼ µm (roxa) e 0,05µm (verde).	44
Figura 11	- Cuba ultra-sônica Dabi Atlante – 3L utilizada nos banhos entre os agentes polidores.	44
Figura 12	- Em (a) amostras polidas. Em (b) amostras já desmineralizadas dentro de um recipiente contendo sílica desidratada (azul).	45
Figura 13	- Metalizador (Shimadzu, Kioto, Japão) para as amostras do MEV (Shimadzu, Kioto, Japão) o detalhe à esquerda mostra o equipamento em funcionamento.	45
Figura 14	- Microscópio Eletrônico de Varredura (Shimadzu, Kioto, Japão).	45
Quadro 1	- Marca comercial, figura, composição e lote do material que foi utilizado.	35
Quadro 2	- Fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica de varredura (1200 X) para o sistema adesivo Single Bond para todas as condições experimentais.	56
Quadro 3	- Fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica de varredura (1200 X) para o sistema adesivo One Step para todas as condições experimentais.	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Porcentagem e número dos cdp distribuídos de acordo com o padrão de fratura e descolamento durante o processamento para cada grupo experimental.	47
Tabela 2	- Resultados da análise de variância de três fatores Tempo / Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo Single Bond.	48
Tabela 3	- Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo Single Bond para a interação entre os fatores Tempo / Forma de Aplicação.	49
Tabela 4	- Resultados da análise de variância de três fatores Tempo / Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo One Step.	50
Tabela 5	- Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step nas diferentes condições de Umidade.	51
Tabela 6	- Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step nos diferentes tempos de avaliação.	51
Tabela 7	- Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step relacionando os fatores Tempo / Umidade.	52
Tabela 8	- Resultados da análise de variância de dois fatores Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo Single Bond.	53
Tabela 9	- Médias e desvios padrões da espessura da camada de adesivo do sistema adesivo SB para a interação Umidade / Forma de Aplicação.	53
Tabela 10	- Resultados da análise de variância de dois fatores Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo One Step	54
Tabela 11	- Médias e desvios padrões da espessura da camada de adesivo do sistema adesivo OS para a interação Umidade / Forma de Aplicação.	54

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

A/M	- adesiva/mista
Bis-EMA	- bisfenoletóximetacrilato
Bis-GMA	- bisfenol glicidil metacrilato
BPDM	- bisfenil dimetacrilato
C	- Coesiva
cp	- corpo(s)-de-prova
cm	- centímetro (s)
cm <sup>2</sup>	- centímetro (s) quadrado (s)
COEP	- Comissão de Ética em Pesquisa
EUA	- Estados Unidos da América
h	- hora (s)
HEMA	- 2-hidroxietil metacrilato
I	- Imediato
J/cm <sup>3</sup>	- joule (s) por centímetro (s) cúbico (s)
MEV	- microscópio eletrônico de varredura
min	- minuto (s)
mm	- milímetro (s)
mm <sup>2</sup>	- milímetro (s) quadrado (s)
mm/min	- milímetro (s) por minuto (s)
MMPs	- metaloproteinases
MPa	- Megapascal
mW/cm <sup>2</sup>	- miliwatt (s) por centímetro (s) quadrado (s)
OS	- One Step
p	- significância
PVC	- policloreto de vinila
RU	- resistência de união
s	- segundo (s)
S	- Seca

SB	- Single Bond
SC	- Syntac Syngle Component
SL	- <i>smear layer</i>
SU	- Suave
U	- Úmida
UEPG	- Universidade Estadual de Ponta Grossa
VB	- Vibratória
vs.	- versus
TEGDMA	- trietilenoglicidilmetacrilato
≅	- aproximadamente
°C	- graus Celsius
=	- igual
±	- mais ou menos
>	- maior
μL	- microlitro (s)
μm <sup>2</sup>	- micrometro (s) quadrado (s)
%	- por cento
6M	- seis meses
α	- nível de significância



Ficha catalográfica elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

Z27e Zander-Grande, Christiana  
Efeito da aplicação vibratória e da umidade dentinária na  
resistência de união de sistemas adesivos convencionais de dois  
passos / Christina Zander-Grande. Ponta Grossa, 2008.  
xxx f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia). Universidade  
Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Profa. Dra. Alessandra Reis Dias

1. Adesivos dentários. 2. Resistência à tração . 3. Dentina. I.  
Dias, Alessandra Reis. II. Universidade Estadual de Ponta  
Grossa. Mestrado em Odontologia. III. T.

CDD: 617.67

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
<b>3 PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
4.1 PREPARO DOS DENTES .....	33
4.2 PROCEDIMENTO ADESIVO .....	35
4.3 PROCEDIMENTO RESTAURADOR .....	37
4.4 PREPARO DOS CORPOS-DE-PROVA .....	38
4.5 TESTE DOS CORPOS-DE-PROVA .....	39
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	41
4.7 ANÁLISE DA NANOINFILTRAÇÃO EM MEV .....	41
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
5.1 ANÁLISE DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO .....	47
5.1.1 Análise dos valores de RU para o sistema adesivo SB .....	48
5.1.2 Análise dos valores de RU para o sistema adesivo OS .....	50
5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DA ESPESSURA DA CAMADA DE ADESIVO .....	53
5.2.1 Análise quantitativa para o sistema adesivo SB .....	53
5.2.2 Análise quantitativa para o sistema adesivo OS .....	54
5.3 ANÁLISE QUALITATIVA PARA O PADRÃO DE NANOINFILTRAÇÃO .....	55
5.3.1 Fotomicrografias do sistema adesivo SB .....	56
5.3.2 Fotomicrografias do sistema adesivo OS .....	57
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	<b>58</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da odontologia adesiva permitiu ao clínico diminuir seus preparos cavitários, preservando cada vez mais os tecidos dentais saudáveis. Em conjunto com a técnica do condicionamento ácido total preconizado por Buonocore<sup>1</sup> (1955) surgiram inúmeros estudos com o intuito de descobrir novas técnicas e produtos capazes de melhorar a adesão químico-mecânica dos materiais restauradores estéticos às estruturas dentais.

As diferentes características morfológicas e funcionais entre o esmalte e a dentina desempenham um papel fundamental na eficiência clínica dos adesivos. A adesão ao esmalte é conhecida como muito confiável (Swift Junior et al.<sup>2</sup> 1995, Lopes et al.<sup>3</sup> 2002), inversamente, a adesão em dentina ainda é um desafio devido a determinadas características deste substrato, tais como suas diferenças intrínsecas, a heterogeneidade de suas estruturas tubulares e a pressão hidrostática exercida pela polpa (Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004).

Apesar da evolução dos sistemas adesivos nas últimas décadas, não se conseguiu ainda para a dentina um resultado tão eficaz quanto para o esmalte, principalmente ao longo do tempo (Carvalho<sup>5</sup> 1998), o que torna a adesão a esse substrato um grande desafio aos pesquisadores.

Os sistemas adesivos sofreram modificações e podem ser classificados atualmente em convencionais e autocondicionantes. Os adesivos convencionais necessitam do passo do condicionamento ácido separadamente, normalmente feito com ácido fosfórico em diferentes concentrações, sendo a mais comum 37%. O condicionamento teria a função de remover a *smear layer* (SL) ou lama dentinária proveniente dos restos do preparo cavitário, abrindo os túbulos dentinários para a penetração dos monômeros resinosos. Os adesivos autocondicionantes não necessitam da aplicação do ácido isoladamente, pois possuem em sua formulação, monômeros resinosos acídicos que desmineralizam e infiltram os tecidos dentais ao mesmo tempo (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003, Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004).

Inicialmente os sistemas adesivos convencionais foram comercializados em três passos clínicos separados e os sistemas adesivos

autocondicionantes em dois passos. No entanto, em prol de maior comodidade e economia de tempo para o paciente e o clínico, uma avalanche de produtos simplificados convencionais de dois passos e autocondicionantes de um passo foram lançados no mercado, sendo estes os mais utilizados atualmente. Contrariamente à tendência de produção de sistemas adesivos simplificados, pesquisas têm mostrado que os sistemas convencionais de três passos ou autocondicionantes de dois passos são os que apresentam melhor desempenho no maior número de quesitos por possuírem características hidrofóbicas (Tay, Pashley<sup>7</sup> 2003).

Uma das desvantagens dos sistemas adesivos convencionais é a necessidade de se manter a dentina desmineralizada úmida antes da aplicação do adesivo (Kanca<sup>8</sup> 1992). Sabe-se que a umidade da dentina desmineralizada é um dos fatores que interfere diretamente no sucesso das restaurações estéticas. Para obter a umidade ideal da dentina, deve-se evitar a secagem em demasia das fibrilas colágenas, o que acarretaria no colapamento das mesmas dificultando a penetração do sistema adesivo, ou ainda se deve evitar o excesso de água no substrato Tay et al.<sup>9</sup> (1996), o que obviamente também impediria a penetração do adesivo e prejudicaria a formação da camada híbrida, já que a água seria uma barreira física a esta penetração (Tay et al.<sup>9</sup> 1996, Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004).

Esta umidade está relacionada com o tipo de solvente incorporado aos sistemas adesivos, já que se sabe que quanto maior a pressão de vapor deste solvente, maior a umidade necessária para uma adesão eficaz (Reis et al.<sup>10</sup> 2003). Porém, o tempo clínico entre a aplicação do adesivo e sua polimerização não permite uma total evaporação da umidade residual e por conseqüência não se forma um polímero rígido (Paul et al.<sup>11</sup> 1999). O grande desafio reside em determinar uma umidade certa, de forma que não ocorra o colapamento das fibrilas ou não haja um excesso de umidade na dentina desmineralizada.

Para evitar as falhas da técnica adesiva, foram desenvolvidas algumas alternativas clínicas que podem ser empregadas para maximizar o desempenho dos adesivos convencionais e autocondicionantes simplificados. A aplicação ativa (Miyazaki et al.<sup>12</sup> 1996, Jacobsen, Soderholm<sup>13</sup> 1998, Dal-Bianco et al.<sup>14</sup> 2006), o aumento do tempo de aplicação até o dobro ou triplo do recomendado (El-Din, Abd El-Mohsen<sup>15</sup> 2002, Miyazaki et al.<sup>16</sup> 2002, Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005) e o

aumento do número de camadas do adesivo aplicadas sobre o substrato dentinário (Frankenberger et al.<sup>18</sup> 2001, Pashley et al.<sup>19</sup> 2002, Hashimoto et al.<sup>20</sup> 2004, Ito et al.<sup>21</sup> 2005, Nakaoki et al.<sup>22</sup> 2005), garantem a melhoria em seu desempenho. Tais alternativas podem favorecer a evaporação dos solventes presentes nos adesivos simplificados, além de permitirem uma maior infiltração nos substratos dentários, o que por sua vez garante melhor desempenho em curto prazo.

Do ponto de vista clínico, seria desejável alcançar adesão duradoura e estável em substrato desmineralizado seco, pois além de eliminar as dificuldades técnicas de se determinar a umidade ideal do substrato dentinário, eliminaria os efeitos deletérios da água na formação de um polímero rígido dentro da camada híbrida. Estudos recentes demonstraram que a adesão em substrato dentinário desmineralizado e seco é uma alternativa viável, desde que a forma de aplicação fosse realizada de forma vigorosa, pressionando a solução adesiva para dentro da camada híbrida (Dal Bianco et al.<sup>14</sup> 2006, Reis et al.<sup>23</sup> 2007).

Desta forma, os objetivos deste estudo serão: revisar a literatura pertinente ao tema e verificar se o desempenho dos sistemas adesivos convencionais de dois passos, diante do substrato dentinário desmineralizado seco e úmido, pode ser maximizado variando a forma de aplicação destes adesivos, tanto no tempo imediato como após armazenamento em água durante 6 meses.

Este trabalho irá testar as seguintes hipóteses nulas:

- 1) Nenhuma diferença significativa será observada entre as diferentes formas de aplicação dos sistemas adesivos tanto no tempo imediato e ao longo do tempo.
- 2) Os valores de resistência de união em dentina seca e úmida não terão diferenças significativas ao longo do tempo.
- 3) Não haverá diferença entre o padrão de nanoinfiltração para as diferentes condições de estudo.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A adesão aos tecidos dentários é um desafio atual e extensivamente pesquisado na odontologia restauradora. Para que seja obtida uma adesão satisfatória, o clínico deve conhecer as particularidades dos sistemas adesivos existentes no mercado odontológico e as particularidades dos tecidos dentários que receberão estes produtos.

Ao que compete aos tecidos dentários, o esmalte e a dentina demonstraram ser tecidos que reagem de forma distinta aos materiais restauradores utilizados durante os procedimentos adesivos. Isto se deve ao fato de possuírem composição e estrutura diferentes. Enquanto o esmalte é considerado um tecido homogêneo, onde a adesão é muito mais confiável (Swift Junior et al.<sup>2</sup> 1995, Lopes et al.<sup>3</sup> 2002), a dentina é heterogênea, com características morfológicas e fisiológicas que dificultam a adesão a este substrato (Carvalho<sup>5</sup> 1998).

Dentre as características que tornam a adesão a este substrato um desafio, estão suas composições morfológica e química, altamente complexas. A dentina está organizada em uma rede tubular que se estende da junção amelo-dentinária até a câmara pulpar, possuindo íntima relação com tecido mineral e inorgânico, o esmalte, e ao mesmo tempo, relação com o tecido pulpar, orgânico com o qual faz trocas constantes de fluidos tissulares dentinários (Marshall Junior et al.<sup>24</sup> 1997), o que confere a este substrato uma umidade intrínseca característica. Envolvendo diretamente as estruturas tubulares ou canalículos dentinários está a dentina peritubular, caracterizada por possuir grande quantidade de deposições minerais, entre os túbulos está a dentina intertubular muito mais orgânica contendo fibrilas e matriz intercelular, demonstrando claramente a diversidade de componentes deste tecido (Katchburian, Arana<sup>25</sup> 1999). Existe, portanto, uma grande variabilidade, do teor mineral, do teor orgânico, da disposição dos canalículos dentinários, da proximidade com a polpa, da vitalidade pulpar e da umidade intrínseca, peculiares ao tecido dentinário.

Outro grande empecilho para se conseguir uma adesão satisfatória entre a dentina e o material restaurador, é a presença de uma camada de esfregaço, constituída de sangue, saliva, bactérias, restos de tecido cariado e de tecido removido durante o preparo cavitário, denominada *smear layer* (SL), que quando

penetra nos túbulos dentinários é chamada *smear plug* (SP) (Gwinnett <sup>26</sup> 1984, Pashley <sup>27</sup> 1984, Carvalho <sup>5</sup> 1998). A composição da SL pode variar de acordo com o tipo de dentina presente na cavidade ou ainda pelo tipo de instrumento utilizado durante o preparo cavitário (Pashley <sup>27</sup> 1984). Esta camada reduz sensivelmente a permeabilidade dentinária e o fluxo dentinário. Os primeiros sistemas adesivos, que possuíam características hidrófobas, tentavam manter a SL, mas não obtiveram bons resultados, demonstrando que a presença da mesma resultava em um enfraquecimento da união entre o dente e a restauração.

Na tentativa de uma maior retenção dos sistemas adesivos, ou seja, de uma eficaz penetração dos monômeros resinosos no interior da camada de dentina desmineralizada, formando uma área composta e polimerizada denominada camada híbrida por Nakabayashi et al. <sup>28</sup> (1982), foi preconizada a remoção total da SL, incluindo o SP, por meio da utilização de ácidos durante o procedimento adesivo (Fusayama et al. <sup>29</sup> 1979).

Foi então instituído o condicionamento ácido da dentina, normalmente realizado com ácido fosfórico em diferentes concentrações, sendo a mais comumente utilizada a concentração de 37%. Além de remover a SL, o condicionamento ácido do tecido dentinário, remove seu conteúdo mineral superficial, diminuindo consideravelmente a quantidade de hidroxiapatita nas camadas adjacentes, aumentando a luz dos canalículos dentinários, expondo um tecido rico em fibrilas colágenas, aumentando assim sua permeabilidade. Após este procedimento a dentina encontra-se menos mineralizada, muito permeável e úmida (Rosales-Leal et al. <sup>30</sup> 2001), o que torna a energia de superfície menor, necessitando da presença de monômeros com maior afinidade pela água para que a interação entre as fibrilas colágenas e as resinas hidrofóbicas seja maior (Van Meerbeek et al. <sup>6</sup> 2003, Carvalho et al. <sup>4</sup> 2004).

Desta forma, o grande desafio está em conseguir uma adesão satisfatória à dentina. Para otimizar este processo, os sistemas adesivos passaram por mudanças em suas composições. Soluções inicialmente hidrófobas tornaram-se cada vez mais hidrofílicas, buscando uma maior compatibilidade com o tecido dentinário úmido, de forma a garantir uma maior infiltração monomérica (Tay, Pashley <sup>31</sup> 2003).

Tais alterações têm sido implementadas com o intuito de aprimorar os sistemas adesivos e garantir melhores resultados clínicos em procedimentos

restauradores, fato este que resultou em uma diversidade de classificações para os mesmos. Inicialmente, os agentes de união foram divididos em gerações: quanto mais novo um adesivo fosse, mais recente sua geração (Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004). Porém, tal classificação tornou-se insustentável, pois não agrupava os materiais de acordo com suas características afins, agrupando-os apenas pela sua ordem de aparecimento no mercado. Neste sentido, as marcas comerciais poderiam aproveitar-se desta divisão vendendo seus produtos como produtos de última geração.

Assim, a classificação dos materiais de acordo com sua abordagem de união deve ser preferencialmente utilizada. Segundo esta classificação, os sistemas adesivos podem ser divididos em dois grandes grupos: os adesivos convencionais e os adesivos autocondicionantes, sendo a necessidade ou não do condicionamento ácido como passo separado o princípio desta classificação. Os sistemas adesivos convencionais são aqueles que necessitam do condicionamento ácido prévio antes da aplicação dos monômeros resinosos. Estes sistemas são subdivididos em convencionais de dois passos (condicionamento ácido e primer/adesivo) ou convencionais de três passos (condicionamento ácido, primer e adesivo) (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003).

Os adesivos autocondicionantes não necessitam do passo do condicionamento ácido separadamente, pois sua composição já incorpora monômeros resinosos acídicos que são capazes de promover a desmineralização dos tecidos dentais (Van Landuyt et al.<sup>32</sup> 2007). Estes sistemas são subdivididos em autocondicionantes de um passo (monômeros acídicos/primer/adesivo) e autocondicionantes de dois passos (monômeros acídicos/primer e adesivo) (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003).

Os adesivos convencionais de dois passos e os autocondicionantes de um passo também denominados de simplificados, apesar de tornarem o processo clínico mais ágil, através da redução do número de etapas durante o procedimento adesivo, possuem características predominantemente hidrofílicas e apresentam maior susceptibilidade à absorção de água e futura degradação (De Munck et al.<sup>33</sup> 2003, Frankenberger et al.<sup>34</sup> 2004, De Munck et al.<sup>35</sup> 2005). A inclusão de monômeros hidrofílicos na composição dos agentes de união, que primeiramente tem o intuito de melhorar a penetração entre as fibrilas colágenas, estaria tornando os adesivos convencionais de dois passos e os adesivos autocondicionantes de um



passo em membranas permeáveis, sendo sensíveis à degradação (Tay et al.<sup>36</sup> 2002; Tay, Pashley<sup>37</sup> 2003).

Pelo fato dos adesivos simplificados serem considerados membranas permeáveis após sua polimerização (Tay et al.<sup>36</sup> 2002; Tay et al.<sup>37</sup> 2003; Chersoni et al.<sup>38</sup> 2004), eles não são capazes de conferir um selamento hermético à dentina. Logo, os fluidos presentes na cavidade bucal passam livremente, em todos os sentidos, por esta camada (Tay et al.<sup>39</sup> 2005). A água, ao se difundir através do adesivo, fica acumulada na interface resina/adesivo, formando assim bolhas que comprometem a união entre os materiais. Tal permeabilidade vem sendo evidenciada micromorfológicamente por estudos de nanoinfiltração que identificam por meio da infiltração pela prata finos canais deixados pela passagem de água (“*water-trees*”) (Tay, Pashley<sup>31</sup> 2003). A densidade e a quantidade destas “*water-trees*” vêm sendo relacionadas com a redução da resistência adesiva e o aumento da nanoinfiltração (Okuda et al.<sup>40</sup> 2002, Li et al.<sup>41</sup> 2003).

Além deste inconveniente, ainda existe o fato de que os adesivos simplificados são incompatíveis quimicamente em relação às resinas de polimerização dupla ou química, interferindo também na eficácia destes materiais, quando utilizados nestas condições (Sanares et al.<sup>42</sup> 2001, Suh et al.<sup>43</sup> 2003).

Sanares et al.<sup>42</sup> (2001) encontrou menores valores de resistência adesiva quando resinas quimicamente ativadas foram utilizadas em conjunto com sistemas adesivos convencionais simplificados. A incompatibilidade destes materiais está relacionada ao baixo pH destes sistemas adesivos em relação aos iniciadores da resina quimicamente ativada. Ou seja, quando estes materiais são utilizados conjuntamente, existe uma interação entre os monômeros acídicos residuais provenientes da camada não fotopolimerizada do sistema adesivo, inibida pelo oxigênio, com os componentes catalíticos do complexo binário peróxido-amina comumente empregados em resinas de polimerização química. Estes monômeros acídicos são pobremente polimerizados, na presença do sistema redutor peróxido-amina, assim como as aminas terciárias são neutralizadas pelos monômeros resinosos acídicos e perdem sua habilidade como agentes redutores da reação. Contribuindo com o estudo anterior Suh et al.<sup>43</sup> (2003) ao adicionarem diferentes concentrações de monômeros acídicos em resinas foto e quimicamente ativadas, verificaram que existe uma incompatibilidade entre as resinas quimicamente ativadas e os sistemas adesivos simplificados mesmo quando a concentração de

tais monômeros é mínima, enquanto que para as resinas fotopolimerizáveis apenas concentrações muito grandes, equivalentes a 30% até 50% em peso destes monômeros, influenciaram negativamente na sua polimerização.

Clinicamente, tais problemas podem resultar em falhas na técnica adesiva e também podem estar relacionados à sensibilidade pós-operatória. A transudação de fluídos da polpa para o meio externo e do meio externo para a polpa poderiam ativar nociceptores (receptores de estímulos dolorosos) e causar então sensibilidade, o que é explicado pela teoria hidrodinâmica de Brännström e Åström<sup>44</sup> (1964). Segundo estes autores as terminações nervosas dos odontoblastos, situados dentro dos túbulos dentinários, quando expostas por um desgaste da estrutura dentária são submetidos a uma grande variedade de estímulos, ativando assim as fibras sensitivas da parede do tecido pulpar. Os estímulos que ativam esses nervos são aqueles que removem os fluídos dos túbulos dentinários e mobilizam forças capilares, causando um rápido fluido exterior (secreção) e uma rápida e similar secreção (fluído) na região da polpa do túbulo dentinário.

Desta maneira, contrariando as tendências do mercado e da produção de sistemas simplificados, dados oriundos de pesquisas laboratoriais e clínicas são convergentes em mostrar que os sistemas convencionais de três passos e autocondicionantes de dois passos são os que apresentam melhor desempenho no maior número de quesitos (Tay, Pashley<sup>31</sup> 2003, De Munck et al.<sup>35</sup> 2005, Breschi et al.<sup>45</sup> 2008). Isso se deve justamente às suas características mais hidrofóbicas, que garantem menor sensibilidade à umidade.

Portanto, atualmente o desenvolvimento dos agentes de união está diante de um dilema: produzir um adesivo eficiente com características hidrofóbicas, para garantir uma maior longevidade, porém que seja também hidrofílico para atender as necessidades do substrato dentinário úmido (Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004).

Além das características hidrofílicas ou hidrofóbicas particulares a cada sistema adesivo, são incorporados a estes agentes de união diferentes solventes, os quais têm por função melhorar a adesão aos tecidos dentários, facilitando a penetração dos mesmos no íntimo da estrutura dentária desmineralizada. Os solventes mais comumente utilizados são: o etanol, a acetona, a água, ou uma combinação destes componentes (Van Landuyt et al.<sup>32</sup> 2007).

Estes componentes são de grande importância na formação da camada híbrida, pois quando aplicados sobre a dentina misturam-se com a água

presente no substrato, levando para o íntimo da matriz os monômeros hidrofílicos. Posteriormente, auxiliam na promoção de uma desidratação química, onde pelo fenômeno do azeotropismo, misturam-se com a água residual, promovendo sua evaporação (Carvalho<sup>5</sup> 1998). Para a eliminação completa desta umidade residual, o solvente deve ter uma maior pressão de vapor, ou seja, quanto maior a pressão de vapor, maior será a taxa de evaporação (Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005, Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004).

Estudos demonstraram uma grande interdependência dos solventes presentes nos diferentes agentes de união e a umidade existente na dentina desmineralizada. Sabe-se que para que haja infiltração dos monômeros resinosos no substrato dentinário desmineralizado a dentina deve ser mantida úmida (Kanca<sup>46</sup> 1994, Reis et al.<sup>53</sup> 2003).

Porém, determinar a umidade ideal da dentina, associada ao tipo de solvente contido no sistema adesivo utilizado, tornou-se um tanto subjetivo, já que a interpretação da umidade apropriada é dependente dos conceitos individuais de cada clínico. Miyazaki et al.<sup>48</sup> (2000) avaliaram o efeito de operadores com diferentes experiências clínicas, nos valores de resistência de união à dentina, e verificaram que a habilidade de cada operante está diretamente ligada ao sucesso do procedimento adesivo executado. Os dados do artigo anteriormente citado são preocupantes, pois em um estudo laboratorial, que possui relativo controle durante sua execução, significativas variações foram encontradas entre os operadores. Assim, isto nos leva a questionar quantas variações seriam encontradas habitualmente nas clínicas odontológicas, onde os procedimentos adesivos geralmente não são realizados sob condições ideais.

Esta umidade pode variar não apenas de acordo com as particularidades do operador que executa a técnica adesiva (Miyazaki et al.<sup>48</sup> 2000), mas também pode ser influenciada pela distância entre o jato de ar comprimido e a superfície de dentina desmineralizada (Kanca<sup>49</sup> 1996) e pelo tempo de aplicação deste jato de ar (Kanca<sup>49</sup> 1996, Miyazaki et al.<sup>50</sup> 1996, Santini<sup>51</sup> 1999). Para Kanca<sup>49</sup> (1996) quanto menor o tempo de aplicação do jato de ar e maior sua distância em relação à superfície dentinária, melhores são os resultados de resistência de união quando utilizado um adesivo à base de acetona.

Qual seria então a umidade ideal a ser atingida? Como resposta a tal questionamento, pesquisas foram realizadas para avaliar os fenômenos

associados à falta ou ao excesso de umidade no substrato dentinário e suas respectivas conseqüências. Esta umidade foi inicialmente determinada de maneira igual para todos os sistemas adesivos. Atualmente sabe-se que a umidade dentinária ideal depende do solvente empregado em cada sistema adesivo (Tay et al.<sup>52</sup> 1998, Santini<sup>51</sup> 1999, Reis et al.<sup>47</sup> 2004). Portanto, não é apenas importante a manutenção da dentina úmida, mas uma padronização específica para cada tipo de solvente existente no sistema adesivo a ser utilizado (Reis et al.<sup>47</sup> 2004; Reis et al.<sup>53</sup> 2003; Reis et al.<sup>54</sup> 2007).

Reis et al.<sup>53</sup> (2003) e Reis et al.<sup>54</sup> (2007) demonstraram os efeitos dos diferentes graus de umidade para diferentes adesivos convencionais e observaram que bons valores de resistência de união foram obtidos quando a umidade foi relacionada com o tipo de solvente contido em cada adesivo. Adesivos à base de acetona necessitam de uma superfície mais úmida enquanto adesivos à base de água apresentam melhor desempenho quando aplicados em superfície mais seca.

Na tentativa de padronizar a umidade do substrato desmineralizado, adequando a quantidade de água para cada adesivo, o clínico pode pecar umedecendo ou secando em excesso a dentina. Quando o umedecimento ocorre em excesso diversos fenômenos ocorrem no íntimo da estrutura dentinária. A água que deveria manter as fibrilas colágenas desmineralizadas separadas, para auxiliar a penetração do agente adesivo, ocupa estes espaços e resulta na formação de uma barreira física que não permite uma infiltração monomérica eficiente, além de solubilizar o agente de união utilizado, levando a formação de uma camada híbrida, mecanicamente fraca (Tay et al.<sup>9</sup> 1996).

Em contrapartida, quando o substrato é deixado muito seco, as fibrilas colágenas desmineralizadas pelo condicionamento ácido ficam colabadas, impedindo a passagem dos monômeros resinosos. O colabamento da matriz fibrilar acontece devido a forte atração molecular e a formação de pontes de hidrogênio entre os peptídeos das fibrilas de colágeno, que possuem uma atração intermolecular de aproximadamente 18-19 J/cm<sup>3</sup> (Pashley et al.<sup>55</sup> 2002). Como resultado ocorrerá a formação de uma camada híbrida insuficiente, denominada hibridóide (Tay et al.<sup>9</sup> 1996), que confere pouca resistência de união para o sucesso ao longo do tempo.

O colapso das fibrilas colágenas desmineralizadas é considerado um fenômeno reversível (Gwinnett<sup>56</sup> 1994, Perdigão et al.<sup>57</sup> 1998, Perdigão et al.<sup>58</sup> 1999), já que o simples reumedecimento da superfície desidratada expande novamente as fibrilas colágenas, trazendo de volta os espaços interfibrilares, permitindo novamente a infiltração monomérica.

Assim, para que os monômeros resinosos presentes nos adesivos convencionais penetrem com eficácia na dentina formando a camada híbrida, é necessário não só que esta superfície tenha sido previamente desmineralizada, mas também que a rede colágena resultante desta desmineralização seja mantida sem ressecamento. A secagem em excesso provoca o colapamento das fibrilas colágenas reduzindo a permeabilidade dos monômeros resinosos presentes nos sistemas adesivos. (Pashley et al.<sup>59</sup> 1993). A adesão ao substrato demasiadamente seco demonstrou menores valores de resistência de união imediata quando utilizados sistemas adesivos convencionais (Kanca<sup>8</sup> 1992, Nakajima et al.<sup>60</sup> 2000, Reis et al.<sup>53</sup> 2003).

Reis et al.<sup>47</sup> (2004) encontraram baixos valores de resistência de união imediatos em campo seco, mas em contrapartida ocorreu a manutenção destes valores a longo prazo. Os dados imediatos são justificados pela incapacidade dos monômeros resinosos penetrarem de forma eficiente nas fibrilas desmineralizadas colabadas. Após o armazenamento observaram que, a despeito da menor infiltração em condições seca, é possível que o polímero formado tenha sido de melhor qualidade (Jacobsen, Soderholm<sup>61</sup> 1995) uma vez que a polimerização ocorreu na ausência de água, não sofrendo, portanto, degradação significativa ao longo do tempo.

O problema reside em conseguir uma união desejável em um substrato úmido, já que durante o procedimento adesivo o tempo entre a aplicação do agente de união e sua fotopolimerização é possivelmente insuficiente para permitir adequada evaporação dos solventes (Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005), o que resulta no acúmulo de resíduos de água e solvente na camada híbrida formada, ocasionando a formação de um polímero enfraquecido (sem rigidez) e conseqüentemente de uma camada híbrida insatisfatória, com baixos valores de resistência de união (Paul et al.<sup>11</sup> 1999, Yiu et al.<sup>62</sup> 2005).

Estudos recentes vêm demonstrando que uma forma de superar os resultados indesejados encontrados na adesão à dentina são as diferentes formas

de aplicação dos agentes de união. Tais alternativas poderiam suprir os problemas inerentes à técnica adesiva.

Dentre as formas de melhorar a adesão ao substrato dentinário está o aumento do tempo de aplicação (dobro ou triplo do recomendado) (El-Din, Abd El-Mohsen et al.<sup>15</sup> 2002, Miyazaki et al.<sup>16</sup> 2002, Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005). É uma modificação na aplicação tradicional dos sistemas adesivos e está associado com a melhoria dos valores de resistência de união à dentina. Além de facilitar a penetração dos adesivos na dentina desmineralizada, o aumento do tempo de aplicação favorece a evaporação dos solventes presentes nos adesivos testados.

Ainda como outra forma de alternativa de aplicação, o aumento do número de camadas do adesivo (Frankenberger et al.<sup>18</sup> 2001, Pashley et al.<sup>19</sup> 2002, Hashimoto et al.<sup>20</sup> 2004, Ito et al.<sup>21</sup> 2005, Nakaoki et al.<sup>22</sup> 2005) garante melhoria no desempenho destes materiais simplificados.

Pasquantonio et al.<sup>63</sup> (2007) observaram que a aplicação de uma corrente elétrica direta aplicada entre a dentina (catodo) e o adesivo (anodo), por um dispositivo eletrônico denominado ElectroBond (Seti, Roma, Itália), resultou em melhores valores de resistência de união quando comparados aos dentes que receberam a aplicação convencional dos sistemas adesivos. A literatura, porém, também mostra dados conflitantes, Finger e Tani<sup>64</sup> (2005) compararam diferentes formas de aplicação dos sistemas adesivos autocondicionantes e observaram que a aplicação com um dispositivo ultrassônico (Cavitron) não obteve melhores resultados quando comparados à forma convencional.

Outra maneira de aplicar o sistema adesivo é da forma ativa, também chamada de vigorosa (Miyazaki et al.<sup>12</sup> 1996, Jacobsen, Soderhölml<sup>13</sup> 1998), que consiste em aplicar o agente de união sob pressão na superfície da dentina desmineralizada.

As variações nas formas de aplicação dos diferentes sistemas adesivos normalmente foram testadas em dentina úmida, considerada padrão em grande parte da literatura odontológica, pois a intenção era de apenas melhorar a adesão entre o sistema adesivo e o substrato dentinário independentemente da umidade do mesmo. A partir destes dados, torna-se interessante investigar o papel de algumas destas técnicas em substrato demineralizado seco, evitando os futuros problemas que a presença da água pode ocasionar.

Tentando associar uma variação na forma de aplicação com a preocupação de se obter uma boa adesão em dentina seca, ou seja, sem a ação hidrolítica ao longo do tempo Dal-Bianco et al.<sup>14</sup> (2006) testaram dois adesivos à base de acetona e álcool/água, em substrato seco e úmido, aplicados de forma vigorosa, suave e inativa. Os autores encontraram altos valores de resistência de união tanto em dentina seca como em dentina úmida quando os adesivos foram vigorosamente aplicados, demonstrando que a adesão pode sim ser feita em campo livre de umidade, quando implementada esta forma de aplicar o agente de união. A explicação para tal fato é que os monômeros resinosos conseguem penetrar pela pressão intensa, provocada pela ação vigorosa, abrindo espaço entre as fibrilas colágenas até então colapsadas pelo ar.

Fica claro, portanto que a umidade durante o procedimento adesivo, a qual é prejudicial para a formação de um polímero com melhores propriedades mecânicas, pode ser eliminada quando utilizamos um substrato dentinário desmineralizado e seco, desde que associado a alguma forma de aplicação dos agentes de união que force a penetração dos monômeros para dentro dos espaços nanométricos existentes entre as fibrilas de colágeno, possibilitando assim obtenção de bons resultados clínicos e laboratoriais como demonstrado por Dal-Bianco et al.<sup>14</sup> (2006).

Apesar da possibilidade de eliminação parcial ou total da umidade durante os passos do procedimento adesivo, existe ainda a umidade posterior ao procedimento adesivo. Tal umidade é inerente ao meio bucal e estará inevitavelmente em relação íntima com as interfaces dente/restauração, podendo causar uma futura degradação destas interfaces ao longo do tempo.

Esta degradação implica na redução da resistência de união entre o tecido dentinário e os sistemas adesivos, comprometendo assim a durabilidade das restaurações adesivas (Carrilho et al.<sup>65</sup> 2005, Carrilho et al.<sup>66</sup> 2007). Tay et al.<sup>39</sup> (2005) asseguraram que a água é considerada por grande parte dos pesquisadores a causa principal da degradação dos componentes poliméricos dos sistemas adesivos e das estruturas fibrilares dentinárias. Mas são contundentes em afirmar que para que a degradação pela água ocorra é necessário que existam condições que permitam a infiltração dela na matriz polimérica. Estas condições estariam relacionadas a monômeros resinosos iônicos e hidrofílicos, que facilitam a

movimentação iônica dentro da matriz resinosa já polimerizada. Como a estrutura molecular dos polímeros vítreos normalmente não está em equilíbrio, e este estado só é preservado “congelado” fora de ambiente aquoso, esta estrutura se modifica quando ocorre a sorção de água agindo como um plastificador que “descongela” ou relaxa as estruturas antes preservadas, fazendo-as perder suas propriedades mecânicas ideais (Tay et al. <sup>39</sup> 2005).

Em acordo com o estudo anterior, Ferracane <sup>67</sup> (2006) afirmou que existem diversos fatores, relacionados à estrutura e à composição química das cadeias poliméricas, importantes para determinar a extensão dos danos que o ambiente aquoso pode acarretar para as mesmas. Dentre as características químicas estão: a hidrofília do polímero e as diferenças nos padrões de solubilidade entre os polímeros e os solventes e, dentre as características estruturais estão: a porosidade e a densidade das ligações poliméricas.

Portanto, apesar de grande parte das cadeias poliméricas serem consideradas estruturas com relativa estabilidade química e térmica, as cadeias ou redes poliméricas expostas à água, aos componentes enzimáticos do ambiente bucal e da ação proteolítica das bactérias podem com o passar do tempo sofrer solubilização, acarretando inúmeros fenômenos físicos e químicos que resultam em efeitos deletérios à estrutura e à função do material polimérico (Tay et al. <sup>39</sup> 2005, Ferracane <sup>67</sup> 2006).

A degradação dos componentes poliméricos, por sua vez, deixa as fibrilas de colágeno expostas à ação de fatores intrínsecos como as metaloproteinases endógenas que podem degradar o componente orgânico da camada híbrida (Pashley et al. <sup>68</sup> 2004). Este mesmo fenômeno pode ocorrer quando a interpenetração dos monômeros resinosos entre as fibrilas desmineralizadas é insuficiente, deixando regiões não infiltradas expostas à água (Spencer, Swafford <sup>69</sup> 1999).

As metaloproteinases (MMPs) são endoproteases naturais no organismo humano, consideradas enzimas zinco e cálcio-dependentes que tem por função regular o metabolismo fisiológico e patológico dos tecidos colágenos (Chaussain-Miller et al. <sup>70</sup> 2006). Estas MMPs são expostas frente aos procedimentos adesivos e sua função enzimática é conseqüentemente ativada. Quando este fenômeno acontece as MMPs permanecem limitadas em sua própria



matriz colágena, o que permite que elas degradem esta matriz de suporte causando perdas parciais na mesma.

Existem diferentes tipos de MMPs, as mais comumente identificadas na dentina humana são a MMP-2, MMPs-8 (em maiores quantidades) e MMPs-9. Sendo as do tipo 2 e 8 relacionadas com o colapso das fibrilas colágenas do tipo I. (Sukala et al.<sup>71</sup> 2007).

Trabalhos como o de Hashimoto et al.<sup>72</sup> (2003) e Pashley et al.<sup>68</sup> (2004), verificaram que a rede colágena dentinária desmineralizada quando exposta a ação da água durante aproximadamente 500 dias, apresentou-se desorganizada, com seu espaço interfibrilar mais delgado assim como o diâmetro das fibrilas colágenas e a espessura da camada de dentina condicionada.

Clinicamente os efeitos da degradação hidrolítica em diferentes tempos de exposição à umidade foram observados por Hashimoto et al.<sup>73</sup> (2000). Os valores de resistência de união encontrados foram menores quanto maior foi o tempo de exposição da restauração na cavidade bucal, o que sugere que as fibrilas colágenas expostas à umidade da cavidade bucal e possivelmente à ação de metaloproteinases sofrem uma progressiva degradação com o passar do tempo.

Em resumo, os polímeros utilizados na composição dos materiais adesivos e restauradores estão susceptíveis aos efeitos hidrolíticos e higroscópicos conseqüentes do meio bucal úmido. Tais efeitos afetam sua estabilidade dimensional, biocompatibilidade e propriedades mecânicas. A alteração nestas cadeias poliméricas afeta os componentes orgânicos dos tecidos dentais, que também são afetados pela ação proteolítica das toxinas bacterianas e pela ação enzimática das metaloproteinases.

Por isso muitos estudos direcionados a longevidade das interfaces adesivas têm sido desenvolvidos com o objetivo de analisar quais são os fenômenos que acontecem ao longo do tempo, quais as formas de driblar estes problemas, juntamente com outros que buscam formular e testar produtos com melhores características e outros que possam inibir a ação de agentes como as MMPs.

### **3 PROPOSIÇÃO**

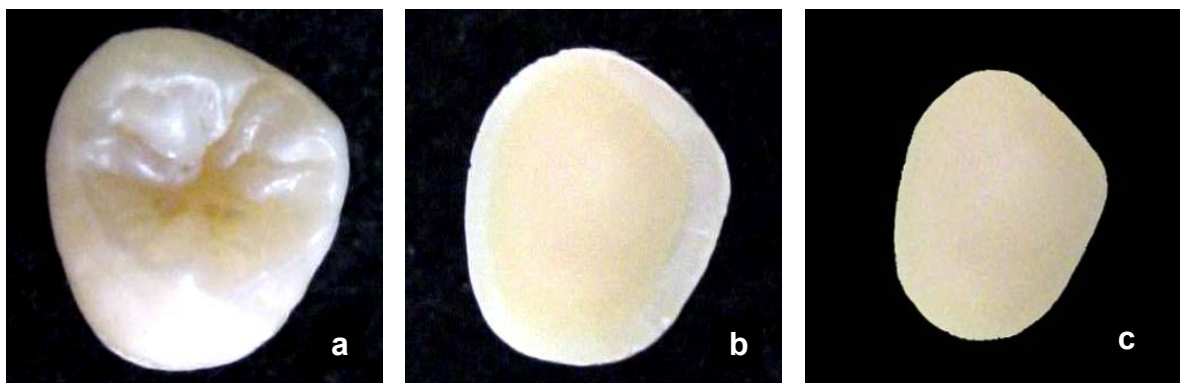
O propósito deste estudo foi avaliar o efeito da forma de aplicação (vibratória e suave), nos valores de resistência de união e no padrão de nanoinfiltração em substrato dentinário desmineralizado seco e úmido no tempo imediato e após seis meses de armazenamento em água de dois sistemas adesivos convencionais de dois passos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para esta pesquisa foram utilizados 48 terceiros molares humanos recém-extraídos e hígidos. Os dentes obtidos foram cedidos para a pesquisa por meio de um termo de doação livre e esclarecido, assinado pelos pacientes das disciplinas de cirurgia bucomaxilofacial I e II da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) (**apêndice A**). Dos 48 dentes doados, 32 foram utilizados para o teste de microtração e 16 foram utilizados para análise do padrão de nanoinfiltração em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dentes foram armazenados em solução de cloramina a 0,5% até serem utilizados neste estudo (De Wald <sup>74</sup> 1997).

### 4.1 PREPARO DOS DENTES

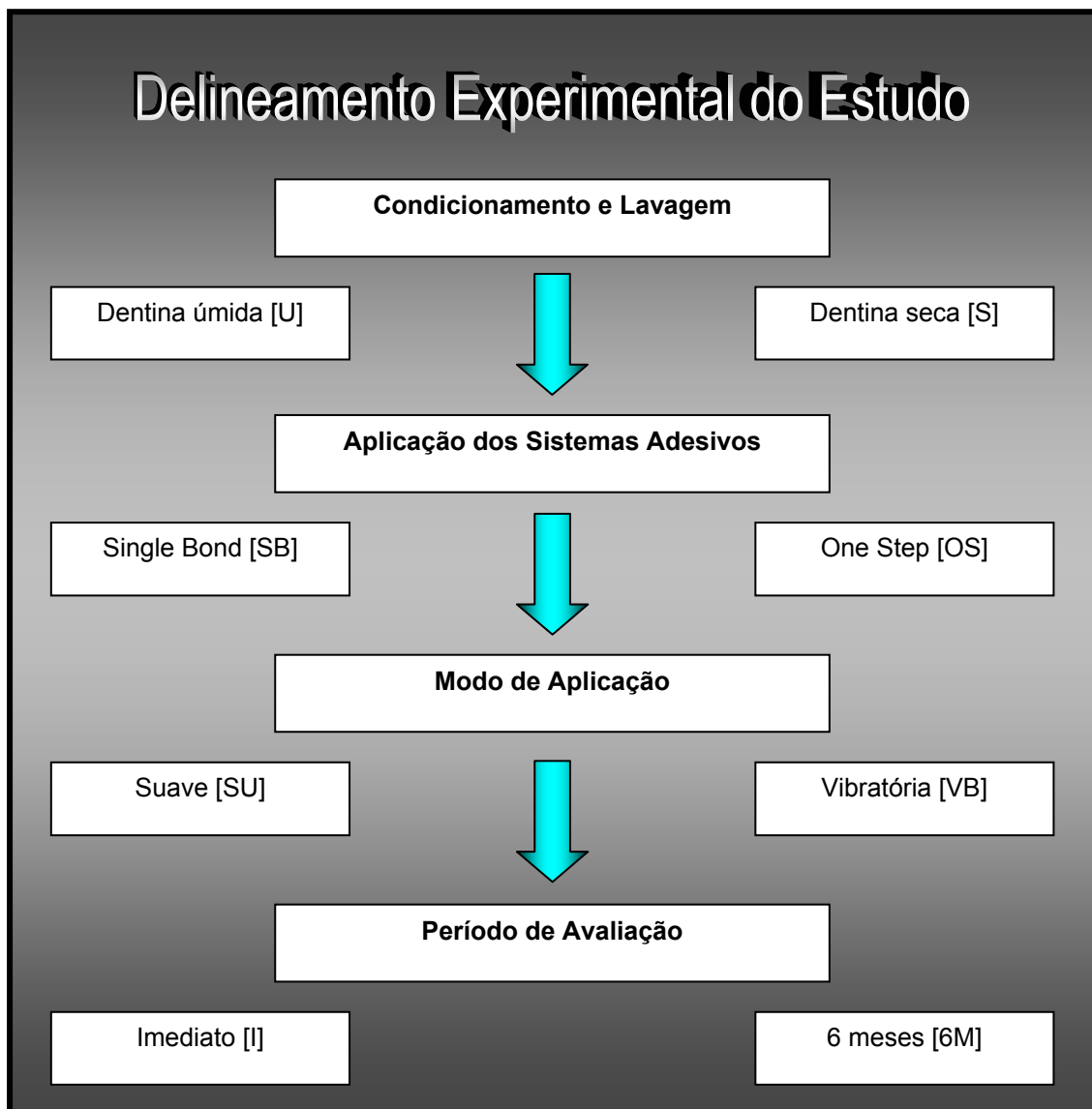
O esmalte da superfície oclusal dos dentes foi removido por um desgaste progressivo com lixas de carbetto de silício de granulação 180 sob irrigação constante com água, até que se obtivesse uma superfície dentinária totalmente livre de esmalte. As bordas periféricas restantes em esmalte foram também removidas com o auxílio de pontas diamantadas n° 2135 (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) em alta rotação com irrigação constante, para que apenas tecido dentinário ficasse exposto para a confecção dos corpos-de-prova (cp) (**Figura 1**).



**Figura 1** – Preparo da superfície de dentina para adesão. Em (a) dente hígido; (b) superfície dentária plana em dentina; (c) superfície plana de dentina sem bordas periféricas de esmalte.

Posteriormente a superfície foi preparada para a obtenção de uma *smear layer* relativamente padronizada. Este preparo foi realizado com lixas de carbetto de silício com granulação 600 por 60 s. Os dentes foram então divididos em



grupos, de acordo com a combinação dos fatores: Adesivo (Single Bond [SB] e One Step [OS]), Forma de aplicação (Suave [SU] e Vibratória [VB]), Umidade dentinária (Seca [S] e Úmida [U]), totalizando 04 dentes para cada condição experimental. Posteriormente, metade dos cp obtidos foi selecionada aleatoriamente para ser testada no tempo Imediato [I] e a outra metade foi armazenada em água e testada após 6 Meses [6M] (**Diagrama 1**).



**Diagrama 1** – Delineamento experimental do estudo.

## 4.2 PROCEDIMENTO ADESIVO

Os dois sistemas adesivos escolhidos para o experimento, Single Bond (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA) e One Step (Bisco, Schaumburg, Illinois, EUA), são sistemas convencionais de dois passos, ou seja, necessitam do passo do condicionamento ácido previamente à aplicação do adesivo. Os respectivos ácidos de cada fabricante foram empregados para o condicionamento da superfície dentinária. A composição genérica de cada condicionador e de cada adesivo está apresentada no (Quadro 1).

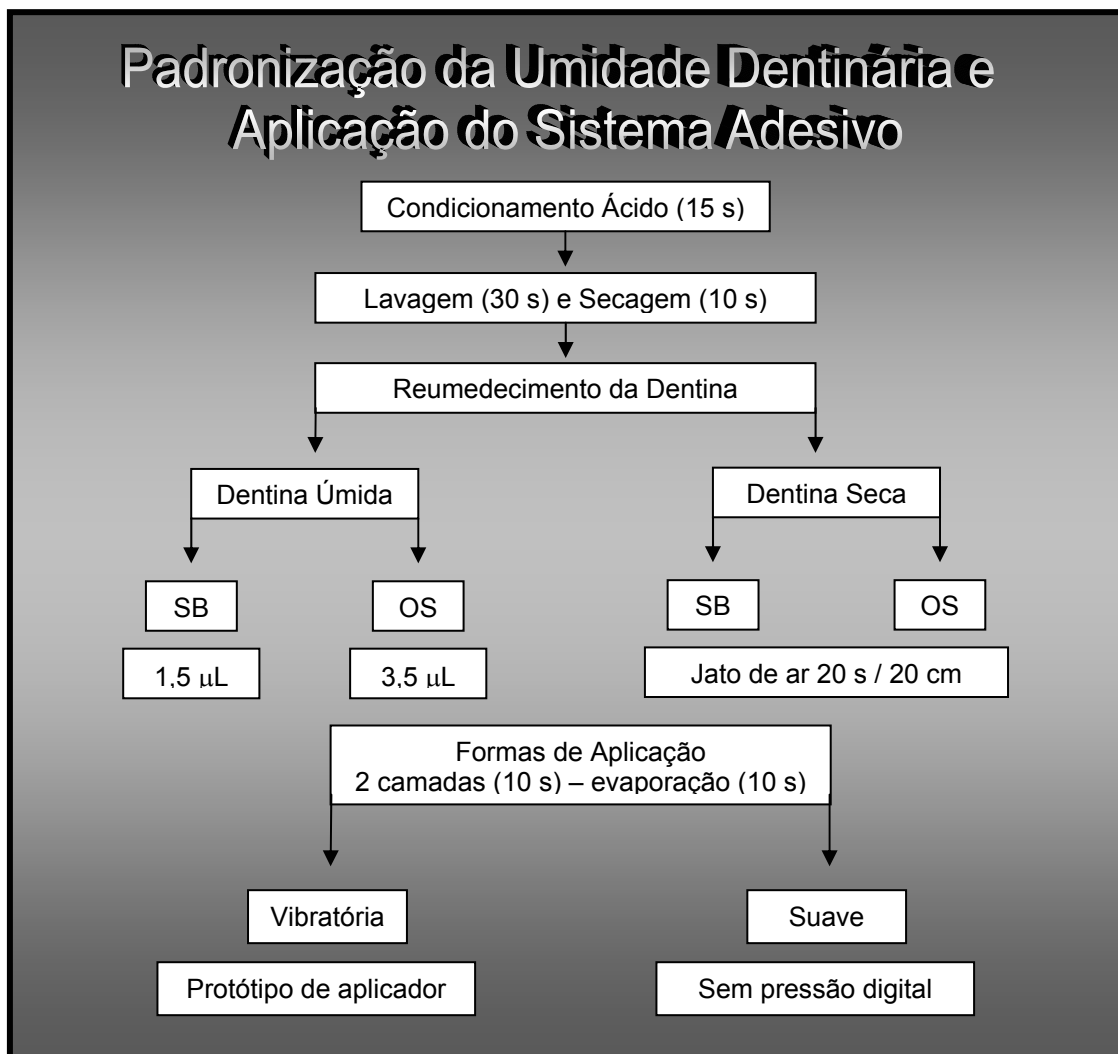
Material		Composição	Lote
Single Bond (3M ESPE)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Scotchbond – ácido fosfórico a 37%</li> <li>2. Adesivo – Bis-GMA; HEMA; dimetacrilatos; copolímero de ácido polialquênico; iniciador, água e álcool</li> </ol>	5FC
One Step (Bisco)		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uni-Etch – ácido fosfórico a 32%</li> <li>2. Adesivo – Bis-GMA; BPDM; HEMA, iniciador e acetona</li> </ol>	0700000123
<i>Bis-GMA: bisfenol A glicidilmetacrilato; HEMA: 2-hidroxi – etil – metacrilato; BPDM: bisfenil dimetacrilato</i>			

**Quadro 1** – Marca comercial, figura, composição e lote do material que foi utilizado.

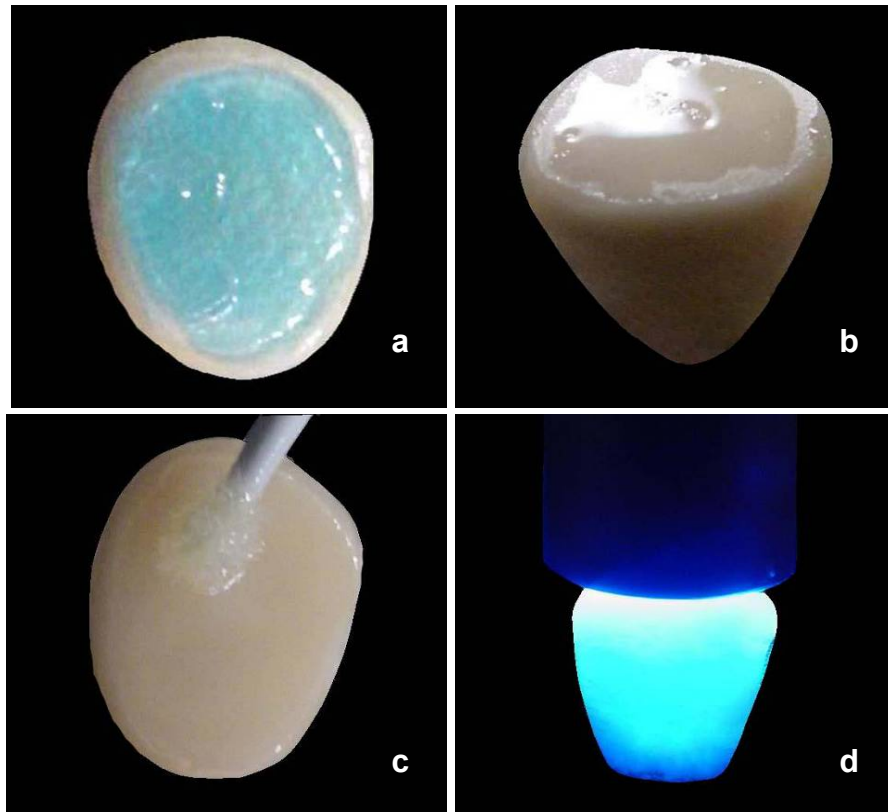
As superfícies dentinárias foram condicionadas por 15 s, seguido de lavagem com jatos de água/ar pelo dobro do tempo. Os sistemas adesivos foram aplicados em dentina seca [S], ou levemente úmida [U]. Para os grupos onde foi deixada a dentina seca, a secagem foi feita durante 20 s com jato de ar a uma distância 20 cm; já nos grupos onde a dentina foi reumedecida, inicialmente a dentina foi seca como explicado anteriormente e o reumedecimento foi realizado de acordo com o solvente presente em cada sistema adesivo. Para o sistema adesivo [SB], que tem como solvente etanol/água, a umidade foi de aproximadamente 1,5 µL

de água e para o sistema adesivo [OS], que tem como solvente acetona, a umidade foi de aproximadamente 3,5  $\mu\text{L}$  de água (Reis et al. <sup>53</sup> 2003).

Após a secagem ou reumedecimento da dentina os sistemas adesivos selecionados foram aplicados de duas formas diferentes. Na primeira forma, ou seja, aplicação suave [SU], duas camadas de adesivo foram aplicadas com um *microbrush* sem pressão digital por 10 s, intercalados com jatos de ar (10 s a 20 cm de distância) para a evaporação do solvente e água residual. Na aplicação vibratória [VB] o adesivo foi aplicado da mesma maneira, descrita anteriormente, porém utilizando um protótipo de aplicador de adesivo, na qual o *microbrush* é vibrado com alta frequência (**Diagrama 2**). Por fim, o adesivo foi fotoativado por 10 s com um aparelho de luz halógena Jetlite 4000 (J. Morita, Irvine, Califórnia, EUA) com intensidade de aproximadamente 800  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , aferida pelo radiômetro de mesma marca (**Figura 2**).



**Diagrama 2** - Padronização da umidade e da forma de aplicação dos sistemas adesivos

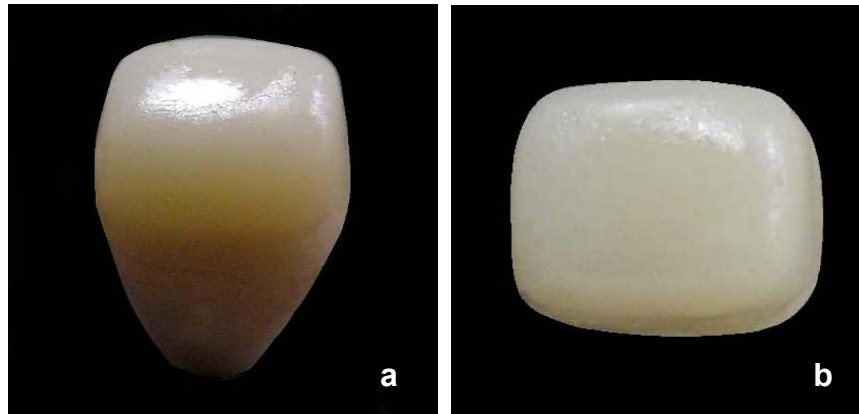


**Figura 2** – Aplicação do sistema adesivo. Em (a) condicionamento ácido da superfície dentinária; (b) umidade da superfície desmineralizada; (c) aplicação do sistema adesivo; (d) fotopolimerização por 10 s do sistema adesivo após a aplicação de duas camadas do mesmo.

#### 4.3 PROCEDIMENTO RESTAURADOR

Após o procedimento adesivo foram confeccionadas “coroas” com resina composta Charisma (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) com aproximadamente 3,0 mm de altura, em três incrementos de aproximadamente 1,0 mm cada um. Cada incremento de resina composta foi fotoativado por 40 s com um aparelho de luz halógena Jetlite 4000 (J. Morita, Irvine, Califórnia, EUA) a 800 mW/cm<sup>2</sup> (**Figura 3**). As “coroas” foram confeccionadas com resina composta provenientes do mesmo lote de fabricação (n° 010206) e da mesma cor (A2) para uma maior padronização do estudo.

As unidades experimentais foram em seguida armazenadas em água destilada a 37°C por 10 min, até serem levadas para a máquina de corte.

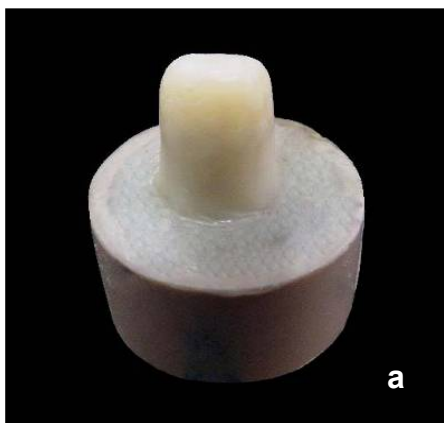


**Figura 3** – Vista longitudinal (a) e superior (b) da coroa em resina composta confeccionada.

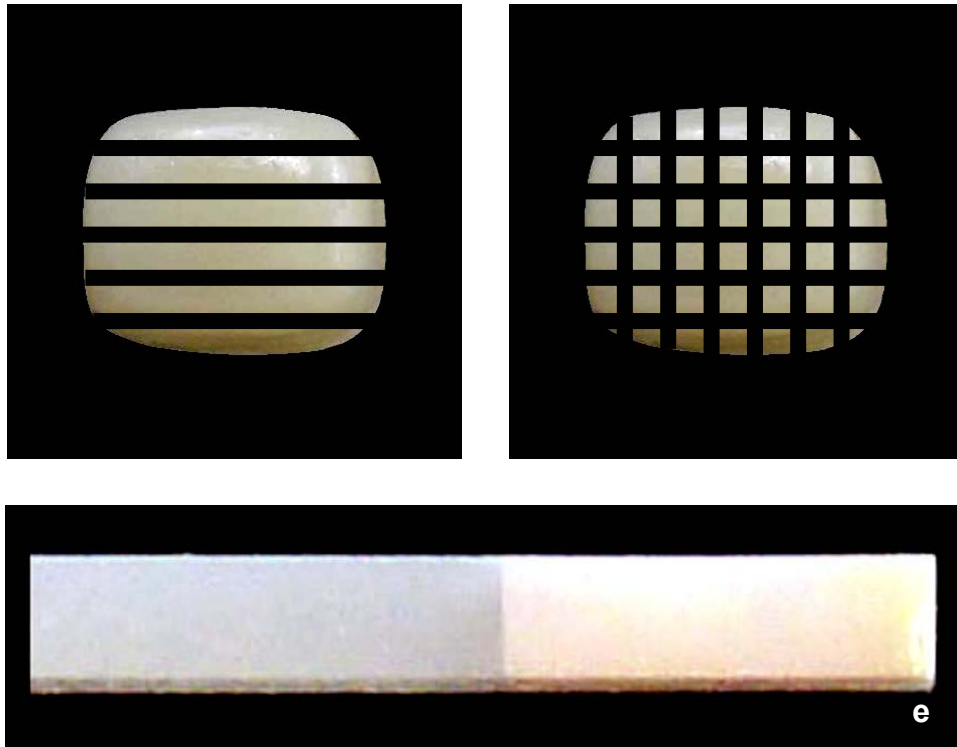
#### 4.4 PREPARO DOS CORPOS-DE-PROVA

Cada unidade experimental foi fixada com cera pegajosa a um dispositivo da máquina de corte ISOMET 1000 Precision Saw modelo 112180 (Buehler, Illinois, EUA) com a interface de união perpendicular ao disco de corte. Foram então realizadas duas seqüências de cortes longitudinais (eixo x) e perpendiculares (eixo y) entre si para obtenção de cp com formato de “palitos” e com área de seção retangular de aproximadamente  $0,8 \text{ mm}^2 \pm 0,1 \text{ mm}$  (**Figura 4**). O número de “palitos” perdidos prematuramente durante o preparo foi anotado durante esta fase.

Os cp de resina-dentina, oriundos de cada dente foram então divididos de forma aleatória em 2 grupos para serem testados em diferentes tempos: imediatamente após sua confecção e após 6 meses de armazenamento em água.



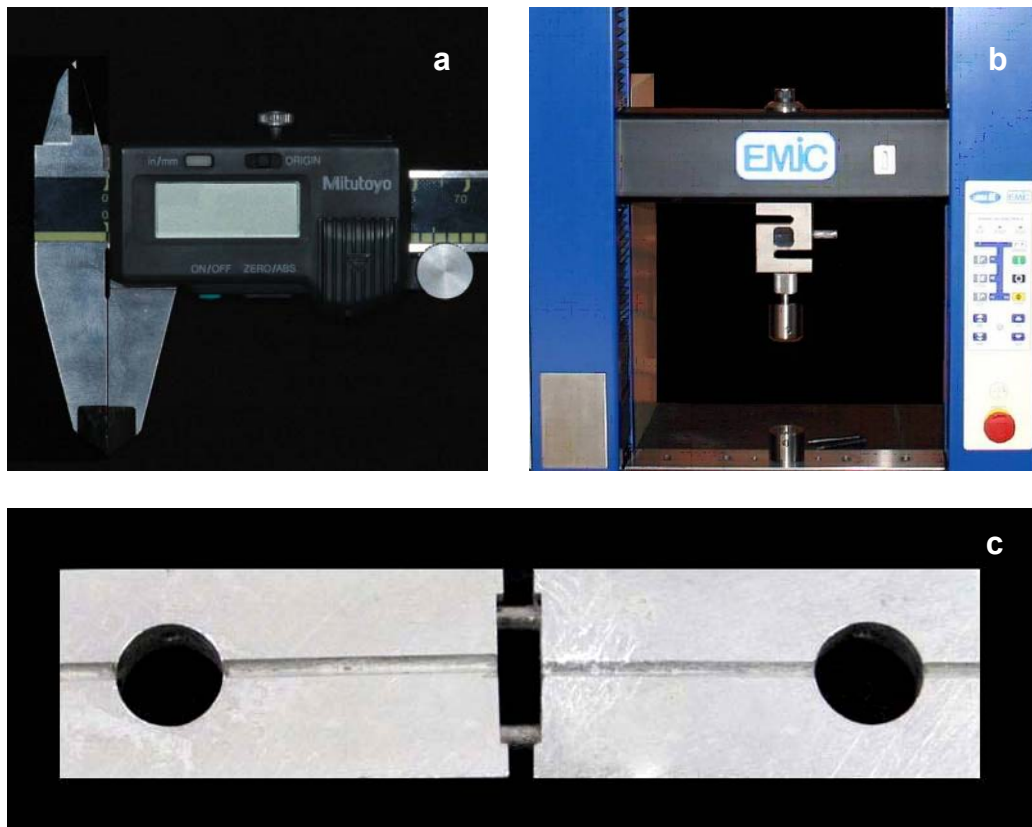




**Figura 4** – Seqüência dos cortes para obtenção dos corpos-de-prova. Em (a) dente fixado com cera pegajosa ao dispositivo da máquina de corte; (b) máquina de corte Isomet (c) primeira seqüência de cortes no eixo x; (d) segunda seqüência de cortes no eixo y; em (e) cp pronto (palito).

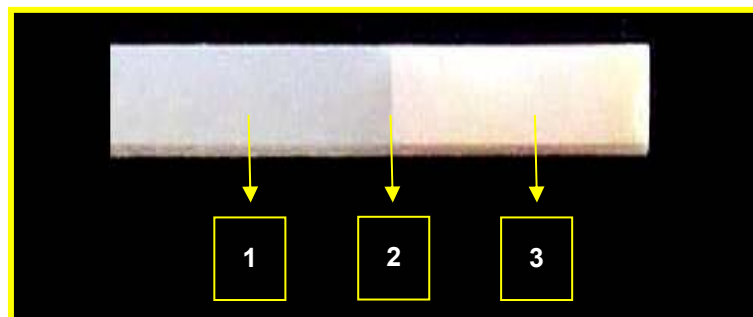
#### 4.5 TESTE DOS CORPOS-DE-PROVA

Cada cp foi fixado com cola de cianoacrilato em gel da marca comercial Super Bonder (Loctite, São Paulo, Brasil) a garra de Geraldeli, que foi acoplada à máquina de ensaios universal EMIC (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), de maneira que as tensões de tração ocorressem perpendicularmente à interface da colagem. A máquina foi operada a uma velocidade de 0,5 mm/min. Para calcular a tensão de ruptura de cada cp em MPa, a área da seção transversal dos cp foi mensurada com o auxílio de um paquímetro digital Absolute Digimatic (Mitutoyo, Tóquio, Japão) e então convertido para  $\text{cm}^2$  (**Figura 5**).



**Figura 5** – Seqüência para o teste de microtração. Em (a) paquímetro digital para a medição da área dos cp; (b) máquina utilizada para o teste de microtração (EMIC); (c) garra para o teste de microtração.

A análise dos espécimes fraturados foi realizada em lupa com 20 X de aumento e classificada nos seguintes padrões: coesiva de resina composta; adesiva/mista na interface e coesiva de dentina (**Figura 6**).



**Figura 6** – Padrões de fratura. Em: 1 coesiva de dentina, 2 adesiva/mista na interface, 3 coesiva de dentina.

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Uma média dos valores de resistência de união dos cp advindos do mesmo dente em cada tempo foi realizada. Os palitos perdidos foram incluídos na média com valor arbitrário de 5,5 MPa, que representa o valor médio entre zero e o menor valor de resistência de união aferido neste estudo (Reis et al.<sup>53</sup> 2003).

Os dados de cada adesivo foram submetidos a uma análise de variância de três fatores (Tempo vs. Umidade vs. Forma de Aplicação) e posteriormente ao teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para comparação das médias.

#### 4.7 ANÁLISE DA NANOINFILTRAÇÃO EM MEV

Para análise microscópica das interfaces, 2 dentes de cada situação experimental foram submetidos à mesma metodologia empregada para a obtenção dos cp utilizados no teste de microtração. Um total aproximado de 10 cp por dente foi selecionado aleatoriamente elevado para análise em MEV.

Os cp foram previamente isolados com esmalte para que apenas a interface dente-restauração ficasse exposta ao agente infiltrante. Em seguida foram imersos em nitrato de prata amoniacal e mantidos em ambiente escuro por 24 h. Após a infiltração pelo nitrato de prata, os cp foram cuidadosamente lavados com água destilada, secos com papel absorvente e imersos em uma solução evidenciadora por 8 h sob uma luz fluorescente para que a redução dos íons de prata dentro da interface de união fosse possível (**Figura 7**).

O próximo passo foi o embutimento dos cp em resina acrílica incolor da marca Clássico (São Paulo, SP, Brasil). Sob uma placa de vidro foi posicionada fita adesiva dupla face para que fossem posicionados os cp paralelamente uns aos outros. Envolvendo estes cp uma matriz de policloreto de vinila (PVC) de 1 cm de altura e 2 cm de diâmetro (**Figura 8**) devidamente isolada com vaselina foi posicionada sobre a placa de vidro e dentro desta matriz foi acomodada à resina acrílica incolor (**Figura 9**).

Após o término da reação de polimerização da resina acrílica, as amostras foram então submetidas ao polimento com a utilização de lixas e pastas diamantadas. Empregaram-se respectivamente lixas de granulação 600, 1200, 2400 e as pastas diamantadas Arotec (São Paulo, SP, Brasil) com granulação decrescente (1  $\mu\text{m}$ ,  $\frac{1}{4}$   $\mu\text{m}$  e 0,05  $\mu\text{m}$ ), o polimento foi realizado sempre no mesmo sentido durante 3 min em cada lixa e cada pasta (**Figura 10**). Intercalando cada

agente de polimento as amostras receberam banhos com água destilada por 3 min em cuba ultra-sônica Dabi Atlante - 3L (Ribeirão Preto, SP, Brasil) para a remoção de possíveis resíduos resultantes do polimento (**Figura 11**). Alguns outros cuidados também foram tomados para evitar que a imagem posteriormente obtida pudesse ser comprometida:

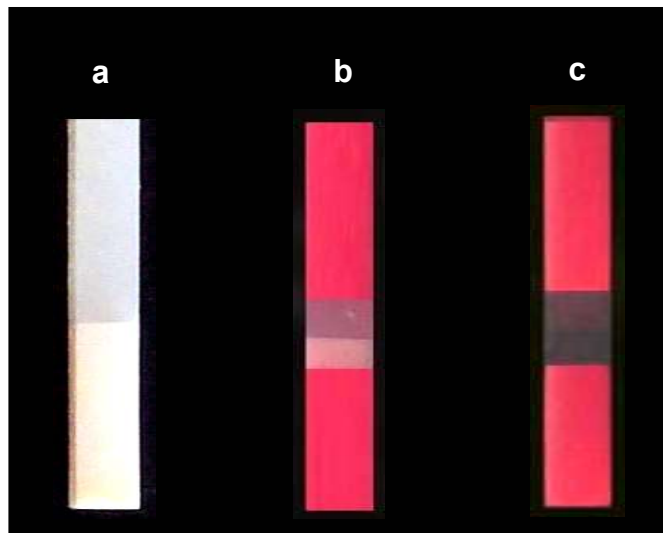
- Observação em microscópio óptico após a utilização de cada lixa e pasta de polimento, evitando assim riscos profundos e falhas;
- troca da água destilada para cada banho ultra-sônico realizado em cada amostra e;
- troca das luvas entre os diferentes agentes de polimento, para que resíduos não contaminassem a amostra.

Os cp foram em seguida desmineralizados em uma solução de ácido fosfórico a 50% por 3 s para desmineralização superficial, lavados com água destilada por 20 s e imersos durante 10 min em hipoclorito de sódio a 1% para desproteinização superficial. As amostras contendo os cp embutidos foram colocadas em um recipiente hermeticamente fechado, contendo sílica desidratada (de cor azulada) (**Figura 12**), para evitar exposição à umidade. Estes recipientes contendo as amostras foram mantidos por 24 h em temperatura ambiente, em seguida foram levadas para o dessecador igualmente em temperatura ambiente por 24 h e finalmente foram levadas a estufa a 40°C pelo mesmo tempo. Os procedimentos de desidratação foram realizados visando à remoção completa da umidade residual existentes nos cp, para evitar formação de fendas na interface de união em função do vácuo inerente ao método da microscopia eletrônica de varredura.

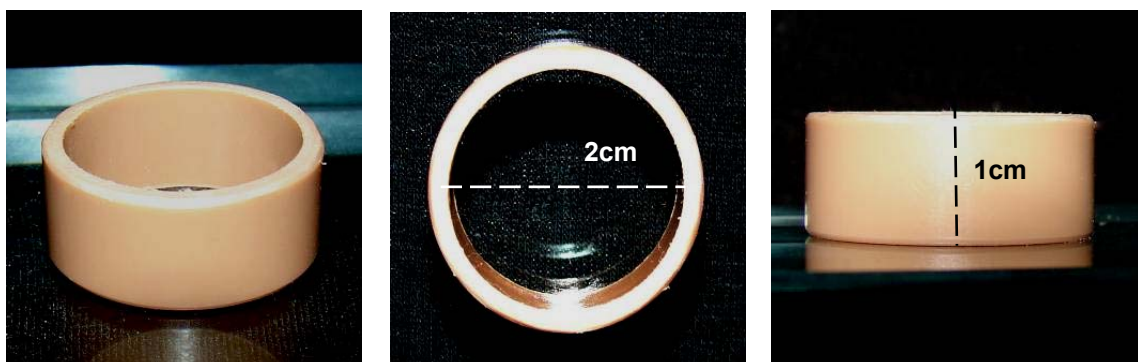
As amostras já polidas e desidratadas foram então metalizadas para que as imagens em microscopia eletrônica pudessem ser obtidas. A metalização ocorre dentro de um câmara a vácuo que possui um alvo de ouro (**Figura 13**).

Em seguida as interfaces de união foram avaliadas em MEV (**Figura 14**), para cada cp foram obtidas imagens com aumentos originais de 120 X, 500 X e 1200 X. A partir das imagens obtidas foram feitas as seguintes análises: a análise quantitativa da espessura da camada de adesivo para cada situação experimental do estudo e a análise qualitativa, por meio da observação da quantidade e profundidade de infiltração do nitrato de prata.

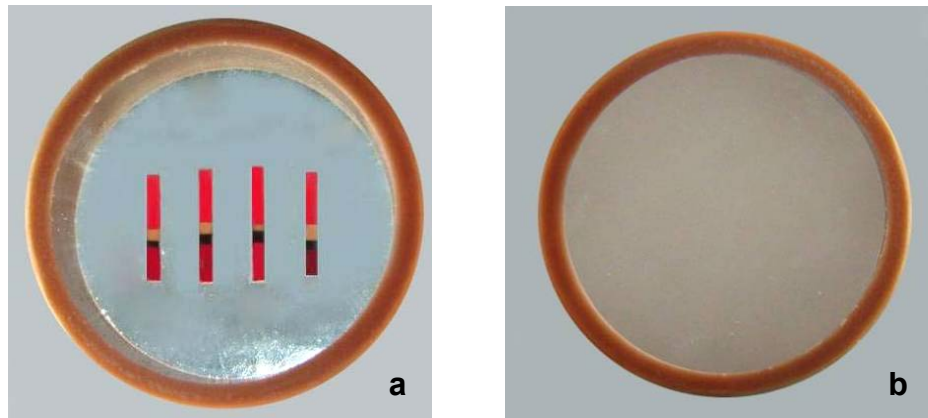
Para a análise quantitativa a imagem obtida no aumento de 1200 X foi analisada no programa UTHSCSA *Image Tool* na versão 3.0 (Microsoft, Windows). Três pontos pré-determinados foram selecionados para a aferição da espessura da camada de adesivo, sendo um ponto central da imagem, um ponto à esquerda, distando  $\cong 20 \mu\text{m}$  do ponto central e outro à direita da imagem seguindo o mesmo distanciamento. A partir destes três pontos uma média foi obtida para cada imagem. Os valores médios da espessura da camada híbrida de todos os cp foram submetidos a uma análise de Variância de dois fatores de medidas repetidas. O teste de Tukey foi o empregado para contraste das médias ( $p = 0,05\%$ ). Para que a aferição das medidas fosse fiel e padronizada, todas as imagens foram observadas inicialmente no aumento de 500 X e somente após este cuidado as medidas foram realizadas nas imagens com aumento de 1200 X.



**Figura 7** – Seqüência da infiltração dos cp para observação em MEV. Em (a) cp confeccionado, (b) cp isolado com esmalte (apenas a interface dente/restauração exposta) e (c) cp infiltrado com nitrato de prata.



**Figura 8** – Matriz de PVC confeccionada para o embutimento dos cp (dimensões: 2cm de diâmetro e 1cm de altura).



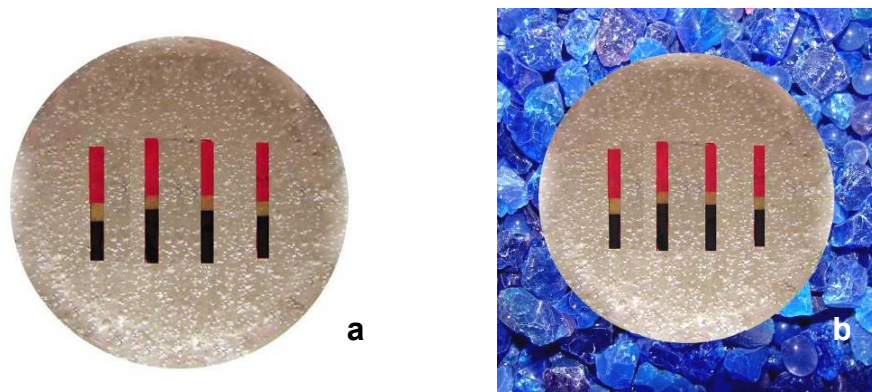
**Figura 9** – Seqüência do embutimento: em (a) cp fixados na fita dupla face, envoltos pela matriz previamente isolada, (b) resina acrílica incolor sobre os cp.



**Figura 10** – Seqüência de pastas diamantadas (Arotec) utilizadas no polimento das amostras, granulação decrescente  $1\ \mu\text{m}$  (rosa),  $\frac{1}{4}\ \mu\text{m}$  (roxa) e  $0,05\ \mu\text{m}$  (verde).



**Figura 11** – Cuba ultra-sônica Dabi Atlante - 3L utilizada nos banhos entre os agentes polidores.



**Figura 12** – Em (a) amostras polidas. Em (b) amostras já desmineralizadas dentro de um recipiente contendo sílica desidratada (azul).

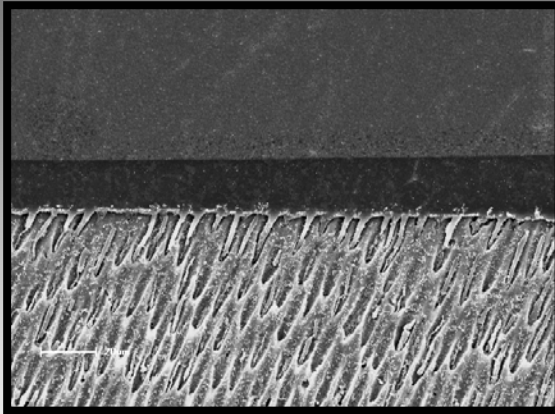


**Figura 13** – Metalizador (Shimadzu, Kioto, Japão) para as amostras do MEV (Shimadzu, Kioto, Japão) o detalhe à esquerda mostra o equipamento em funcionamento.

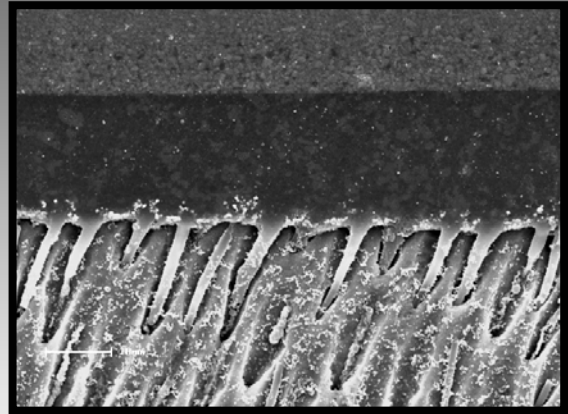


**Figura 14** – Microscópio Eletrônico de Varredura (Shimadzu, Kioto, Japão).

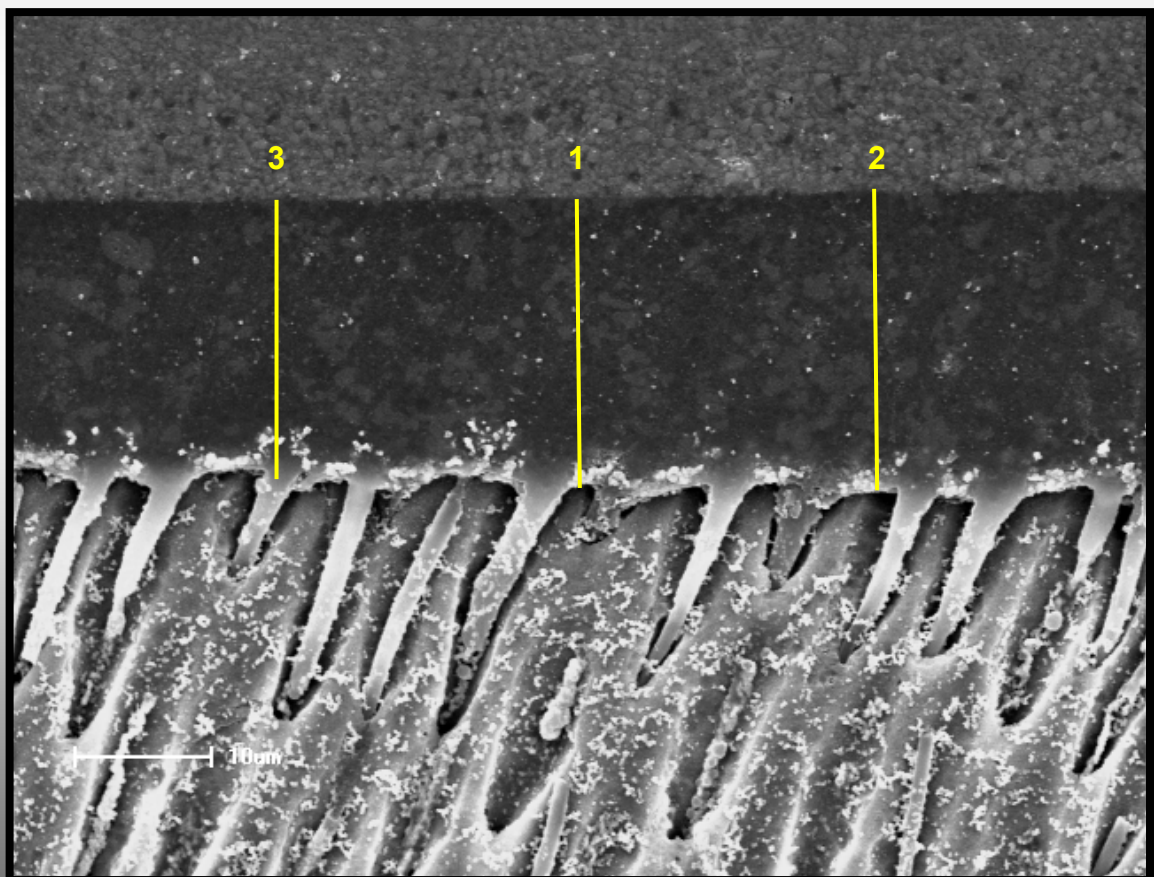
## Análise da Espessura da Camada de Adesivo



Fotomicrografia 500 X



Fotomicrografia 1200 X



Tamanho original da fotomicrografia (1200 X) analisada com o programa Image Tool 3.0  
Pontos de aferição da espessura da camada de adesivo: 1) central, 2) à direita, 3) à esquerda

**Diagrama 3** – Metodologia para análise quantitativa da espessura da camada de adesivo.



## 5 RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DOS VALORES DE RESISTÊNCIA DE UNIÃO

A área de seção transversal dos corpos-de-prova (cp) variou de 0,40 a 0,62 mm<sup>2</sup> e nenhuma diferença entre as áreas foi encontrada entre os grupos de estudo ( $p > 0,05$ ). A porcentagem de cp que tiveram um descolamento espontâneo durante o preparo dos espécimes, assim como a frequência de cada padrão de fratura está demonstrada na **Tabela 1**.

**Tabela 1** - Porcentagem e número dos cp distribuídos de acordo com o padrão de fratura e descolamento durante o processamento para cada grupo experimental.

Adesivo/Aplicação	Seco			Úmido			
	A/M	C	Perdidos	A/M	C	Perdidos	
SB	Suave	55 (93%)	3 (5%)	1 (2%)	44 (83%)	7 (13%)	2 (4%)
	Vibratória	35 (85%)	3 (7,5%)	3 (7,5%)	31 (76%)	6 (14%)	4 (10%)
OS	Suave	36 (95%)	0 (0%)	2 (5%)	40 (91%)	3 (7%)	1 (2%)
	Vibratória	28 (93%)	2 (7%)	0 (0%)	34 (89%)	3 (8%)	1 (3%)

**A/M:** Adesiva/Mista **C:** coesiva em dentina ou resina composta.

Pode-se notar que independentemente da condição de umidade da superfície dentinária o percentual de palitos perdidos durante o processamento para os dois sistemas adesivos testados foi homogênea (de 2% a 10%). Existiu também homogeneidade no percentual dos diferentes padrões de fratura (Adesiva / Mista e Coesiva). Quando o sistema adesivo SB foi utilizado, independentemente da umidade do substrato, um percentual levemente maior de falhas coesivas foi encontrado (5% a 14%), porém esta diferença numérica não foi estatisticamente significativa (chi-square,  $p > 0,05$ ).

### 5.1.1 Análise dos valores de RU para o sistema adesivo Single Bond

A análise de variância de três fatores para o sistema adesivo Single Bond (**Tabela 2**) demonstrou que apenas a interação dupla Tempo / Forma de Aplicação ( $p = 0,03$ ) foi estatisticamente significativa. Os fatores principais Tempo ( $p = 0,200$ ), Umidade ( $p = 0,072$ ) e Forma de Aplicação ( $p = 0,112$ ) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, assim como as interações duplas Tempo / Umidade ( $p = 0,583$ ), Umidade / Aplicação ( $p = 0,659$ ) e a interação tripla Tempo / Umidade / Aplicação ( $p = 0,996$ ) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Desta forma os valores de resistência de união foram retabulados em função da interação entre os fatores Tempo / Forma de Aplicação.

**Tabela 2** - Resultados da análise de variância de três fatores Tempo / Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo Single Bond.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	P
<b>Tempo</b>	1	238,4651	137,2140	1,737907	0,200
<b>Umidade</b>	1	485,7974	137,2140	3,540436	0,072
<b>Aplicação</b>	1	372,6017	137,2140	2,715479	0,112
<b>Interação Tempo/Umidade</b>	1	42,3391	137,2140	0,308563	0,583
<b>Interação Tempo/Aplicação</b>	1	725,3545	137,2140	5,286301	0,030
<b>Interação Umidade/Aplicação</b>	1	27,4080	137,2140	0,199746	0,659
<b>Interação Tempo/Umidade/Aplicação</b>	1	0,0033	137,2140	0,000024	0,996

As médias e os desvios padrões para o sistema adesivo SB para a interação dupla tempo / forma de aplicação estão apresentados na **Tabelas 3**.

**Tabela 3** – Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo Single Bond para a interação entre os fatores Tempo / Forma de Aplicação.

Aplicação	Tempo	
	Imediato	6 meses
Suave	56,0 ± 14,9 a,b	41,4 ± 15,9a
Vibratória	53,4 ± 4,7 a,b	58,5 ± 19,4b

*Letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).*

A partir dos resultados apresentados na **Tabela 3** notou-se que altos valores de RU foram encontrados para ambas a formas de aplicação do sistema adesivo SB nos dois tempos de avaliação do mesmo. Analisando a interação entre os fatores tempo / forma de aplicação, pode-se observar que imediatamente as diferentes formas de aplicação do sistema adesivo não apresentaram diferença estatisticamente significativas ( $p = 0,961$ ), porém ao longo de 6 meses a aplicação vibratória se mostrou superior a aplicação suave, sendo este resultado estatisticamente significativo ( $p = 0,039$ ).

Quando cada forma de aplicação foi analisada separadamente ao longo do tempo, pode-se observar que quando a forma de aplicação suave foi empregada, existiu uma queda percentual de  $\cong 26\%$  nos valores de RU, embora esta queda não tenha sido estatisticamente significativa ( $p = 0,069$ ) estes resultados sugerem que a aplicação suave pode estar relacionada com uma maior degradação ao longo do tempo. Por outro lado quando a forma de aplicação vibratória foi utilizada existiu um aumento percentual de  $\cong 10\%$  nos valores de RU ao longo do tempo, este aumento também não foi estatisticamente significativo ( $p = 0,900$ ), mas denota não apenas ausência de degradação, como melhora nas propriedades do sistema adesivo quando aplicado desta forma.

### 5.1.2 Análise dos valores de RU para o sistema adesivo One Step

A análise de variância de três fatores para o sistema adesivo One Step (**Tabela 4**) demonstrou que apenas os fatores principais Umidade ( $p = 0,025$ ) e Tempo ( $p = 0,004$ ) foram estatisticamente significativos. O fator principal Forma de Aplicação ( $p = 0,359$ ), as interações duplas Tempo / Umidade ( $p = 0,722$ ), Tempo / Aplicação ( $p = 0,722$ ), Umidade / Aplicação ( $p = 0,702$ ) e a interação tripla Tempo / Umidade / Aplicação ( $p = 0,780$ ) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Desta forma os valores de resistência de união foram retabulados em função dos fatores principais Umidade e Tempo.

**Tabela 4** - Resultados da análise de variância de três fatores Tempo / Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo One Step

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	P
<b>Tempo</b>	1	1613,12	163,554	9,86291	0,004
<b>Umidade</b>	1	933,12	163,554	5,70527	0,025
<b>Aplicação</b>	1	142,805	163,554	0,87314	0,359
<b>Interação Tempo/Umidade</b>	1	21,125	163,554	0,12916	0,722
<b>Interação Tempo/Aplicação</b>	1	21,125	163,554	0,12916	0,722
<b>Interação Umidade/Aplicação</b>	1	24,5	163,554	0,1498	0,702
<b>Interação Tempo/Umidade/Aplicação</b>	1	13,005	163,554	0,07952	0,780

As médias e os desvios padrões para o sistema adesivo OS nas diferentes condições de umidade do substrato dentinário e nos diferentes tempos de avaliação estão apresentados nas **Tabelas 4 e 5**.

**Tabela 5** – Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step nas diferentes condições de Umidade.

Sistema Adesivo	Umidade	
	Seco	Úmido
One Step	42,0 ± 15,9 a	55,5 ± 10,3 b

*Letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).*

Altos valores de resistência de união foram encontrados tanto em substrato seco quanto em substrato úmido independentemente da forma de aplicação do sistema adesivo e do tempo de avaliação. Embora estas médias tenham sido altas foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre elas, demonstrando que maiores valores de resistência de união foram encontrados quando o sistema adesivo OS foi utilizado em substrato dentinário úmido (**Tabela 5**).

**Tabela 6** – Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step nos diferentes tempos de avaliação.

Sistema Adesivo	Tempo	
	Imediato	6 meses
One Step	57,2 ± 10,2 a	40,1 ± 13,9 b

*Letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).*

A média de RU no tempo imediato foi estatisticamente superior a média dos cp armazenados por 6 meses, demonstrando que existiu uma degradação expressiva das interfaces de união formada pelo sistema adesivo OS. Em termos percentuais, houve uma redução de aproximadamente 30% nos valores de resistência de união após 6 meses de armazenamento (**Tabela 6**).

Esta redução percentual ao longo do tempo foi ligeiramente diferente quando se considera particularmente a condição de Umidade. Assim, ao longo do tempo quando utilizado o sistema adesivo OS as médias de RU diminuíram aproximadamente 20% quando aplicado em substrato úmido enquanto em substrato seco esta queda foi de aproximadamente 47%. Apesar desta diferença não ter sido

estatisticamente significativa, denota uma tendência de melhor desempenho do material em substrato úmido (**Tabela 7**).

**Tabela 7** – Médias e desvios padrões da resistência de união (MPa) obtidos para o sistema adesivo One Step relacionando os fatores Tempo / Umidade.

Umidade do Substrato	Tempo	
	Imediato	6 meses
Seco	52,6 ± 11,4 a	27,9 ± 8,7 a
Úmido	61,8 ± 6,7 a	49,2 ± 7,6 a

## 5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DA ESPESSURA DA CAMADA DE ADESIVO

### 5.2.1 Análise quantitativa para o sistema adesivo Single Bond

Os resultados da análise de variância de dois fatores referente à espessura da camada de adesivo para o adesivo Single Bond pode ser visualizada na (**Tabela 8**). Pode-se observar que tanto o fator principal Forma de Aplicação ( $p = 0,00002$ ) como interação dos fatores Umidade / Forma de Aplicação ( $p = 0,00014$ ) foram estatisticamente significantes. Os valores de médias e desvios padrões para a interação estão apresentados na (**Tabela 9**).

**Tabela 8** - Resultados da análise de variância de dois fatores Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo Single Bond.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	P
Umidade	1	0,1711	31,41399	0,00545	0,941
Aplicação	1	832,7103	31,41399	26,50762	0,00002
Interação Umidade/Aplicação	1	685,4427	31,41399	21,81966	0,00014

**Tabela 9** - Médias e desvios padrões da espessura da camada de adesivo do sistema adesivo SB para a interação Umidade / Forma de Aplicação.

Umidade do Substrato	Forma de aplicação	
	Suave	Vibratória
Seco	11,2 ± 5,8 c	24,0 ± 2,4 a
Úmido	17,4 ± 3,2 b	18,0 ± 8,2 b

*Letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).*

A análise das médias da **Tabela 9** indica que maiores médias de espessura da camada de adesivo foram observadas quando empregada a forma de aplicação vibratória em comparação com a forma de aplicação suave, porém esta diferença só foi estatisticamente significativa nos grupos em que o substrato foi mantido seco. Em outras palavras, pode-se dizer que desde que o substrato dentinário seja mantido úmido, a forma de aplicação não interfere na espessura da camada de adesivo formada, para o adesivo SB.

### 5.2.2 Análise quantitativa para o sistema adesivo One Step

Com relação ao adesivo One Step, o resultado da análise de variância de dois fatores (**Tabela 10**) mostrou que os fatores principais Umidade ( $p = 0,010$ ) e Forma de aplicação ( $p < 0,0001$ ) assim como a respectiva interação destes fatores ( $p = 0,029$ ) foi estatisticamente significante. Os valores de médias e desvios padrões para a interação estão apresentados na (**Tabela 11**).

**Tabela 10** - Resultados da análise de variância de dois fatores Umidade / Forma de aplicação para o sistema adesivo One Step

Fonte de Variação	Grau de liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F	P
Umidade	1	116,881	16,86826	6,9291	0,010343
Aplicação	1	2076,305	16,86826	123,0895	0,000000
Interação Umidade/Aplicação	1	83,562	16,86826	4,9538	0,029121

**Tabela 11** - Médias e desvios padrões da espessura da camada de adesivo do sistema adesivo OS para a interação Umidade / Forma de Aplicação.

Umidade do Substrato	Forma de aplicação	
	Suave	Vibratória
Seco	18,0 ± 6,2 a	4,2 ± 0,9 c
Úmido	12,9 ± 3,1 b	3,8 ± 2,0 c

Letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

Diferentemente do observado para o adesivo SB, a forma de aplicação vibratória reduziu de forma significativa a espessura da camada de adesivo, independentemente da condição de umidade do substrato dentinário para o sistema adesivo OS.



### 5.3 ANÁLISE QUALITATIVA PARA O PADRÃO DE NANOINFILTRAÇÃO

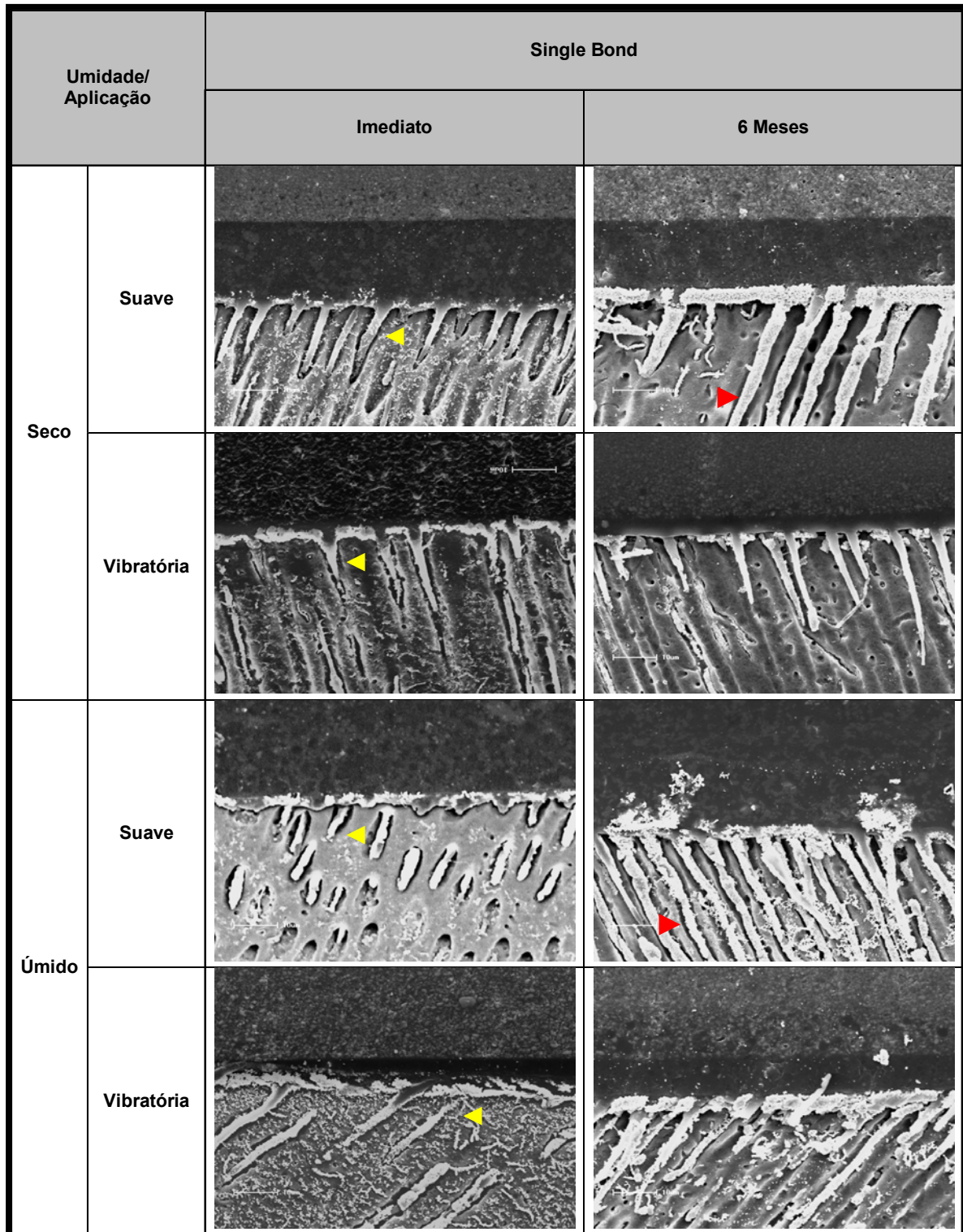
Para análise qualitativa os seguintes resultados foram encontrados:

Nos grupos onde o sistema adesivo Single Bond foi utilizado pudemos observar que no tempo imediato a penetração do nitrato de prata foi semelhante em todos os grupos experimentais independentemente da forma de aplicação do sistema adesivo ([VB] ou [S]) ou da umidade dentinária estabelecida ([U] ou [S]). A infiltração foi superficial e em pequena quantidade (**Quadro 2 - ►**). Este padrão de infiltração se manteve constante ao longo do tempo [6M] quando a forma de aplicação foi vibratória [VB] independentemente da umidade dentinária, o que não aconteceu para os grupos onde a aplicação foi suave [S]. Podemos observar claramente nas fotomicrografias que a penetração do nitrato de prata foi visivelmente maior e mais profunda com seis meses de armazenamento quando a aplicação do [SB] foi suave independentemente da umidade da dentina (**Quadro 2 - ◀**). Demonstrando que a forma de aplicação [VB] manteve seu padrão de infiltração melhorando as características deste material ao longo do tempo.

Para o sistema adesivo One Step a infiltração de nitrato de prata também foi semelhante no tempo imediato independentemente da forma de aplicação do sistema adesivo ([VB] e [S]) ou da umidade dentinária estabelecida ([U] e [S]). A infiltração foi em pequena quantidade, mas um pouco mais profunda do que para o sistema adesivo SB (**Quadro 3 - ▼**), podem ser visto precipitado nitrato de prata em regiões mais profundas da camada híbrida (**Quadro 3 - ✱**). Porém o padrão de infiltração ao longo do tempo foi diferente; nos grupos onde a aplicação vibratória foi empregada, grande quantidade de nitrato foi encontrada em camadas mais profundas de dentina, o mesmo ocorreu de maneira um pouco mais severa quando a aplicação foi suave [S], independentemente da umidade (**Quadro 3 - ▲**). Demonstrando que a forma de aplicação não foi significativa para este sistema adesivo, ou seja, não melhorou seu resultados à longo prazo.

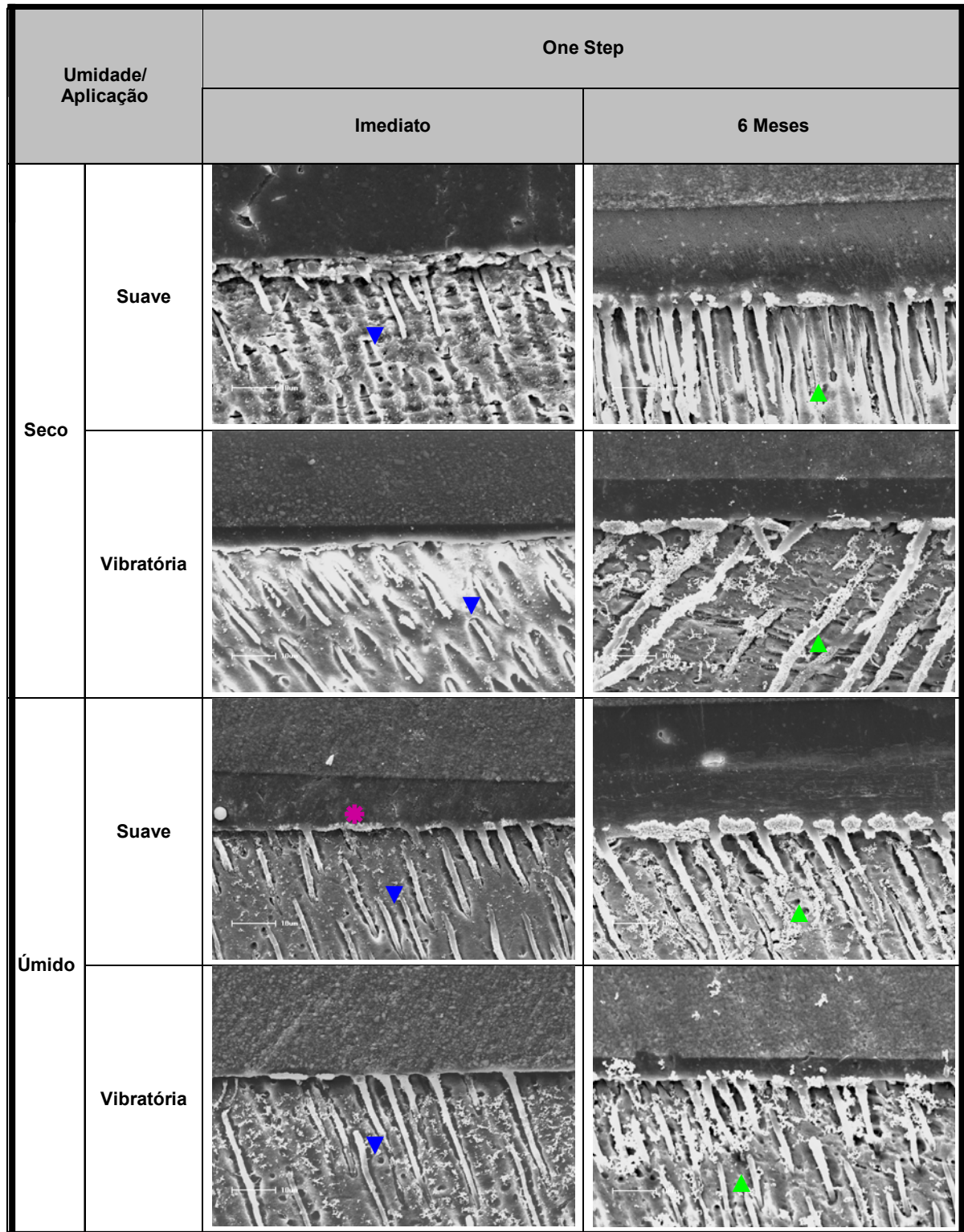
Para ambos os grupos os padrões de infiltração não foram influenciados pela umidade dentinária, embora nos valores de resistência de união o substrato úmido tenha obtido melhores resultados para o sistema adesivo OS.

## 5.3.1 Fotomicrografias do sistema adesivo Single Bond



**Quadro 2** – Fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica de varredura (1200 X) para o sistema adesivo Single Bond para todas as condições experimentais.

## 5.3.2 Fotomicrografias do sistema adesivo One Step



**Quadro 3** – Fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica de varredura (1200 X) para o sistema adesivo One Step para todas as condições experimentais.

## 6 DISCUSSÃO

Os sistemas adesivos atuais são classificados de acordo com a necessidade ou não do condicionamento ácido como um passo do procedimento adesivo. Assim sendo, foram divididos em dois grandes grupos: o grupo dos adesivos convencionais, que utiliza o condicionamento ácido como um passo clínico separadamente (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003) e o grupo dos adesivos autocondicionantes, que possui em sua formulação monômeros resinosos acídicos, que desmineralizam e infiltram o substrato dentinário ao mesmo tempo (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003, Van Landuyt et al.<sup>32</sup> 2007). Os adesivos convencionais são ainda subdivididos em convencionais de três passos e convencionais de dois passos, enquanto os adesivos autocondicionantes se dividem em autocondicionantes de dois passos e autocondicionantes de um passo. (Van Meerbeek et al.<sup>6</sup> 2003).

Os sistemas adesivos convencionais de dois passos e os autocondicionantes de um passo são ainda chamados de sistemas simplificados, porque possuem um menor número de passos em sua técnica. Estes agentes de união têm características predominantemente hidrofílicas, o que os torna compatíveis com um substrato úmido semelhante à dentina, porém esta característica confere aos mesmos, maior susceptibilidade à absorção de água e futura degradação (De Munck et al.<sup>33</sup> 2003, Frankenberger et al.<sup>34</sup> 2004, De Munck et al.<sup>35</sup> 2005). A inclusão de monômeros hidrofílicos na composição destes adesivos, cuja função é melhorar a penetração dos monômeros, estaria tornando-os sensíveis à degradação (Tay et al.<sup>36</sup> 2002, Tay e Pashley<sup>31</sup> 2003, Chersoni et al.<sup>38</sup> 2004), contrariando a antiga tendência de se produzir sistemas com características hidrófobas, peculiares aos adesivos convencionais de três passos e autocondicionantes de dois passos.

Os adesivos convencionais que usam o passo do condicionamento ácido separadamente, normalmente utilizam como agente condicionador da dentina o ácido fosfórico em diferentes concentrações. Este agente desmineraliza o substrato, deixando suas fibras colágenas expostas, mais úmidas e permeáveis (Rosales-Leal et al.<sup>30</sup> 2001). Após o condicionamento ácido, a superfície desmineralizada deve ter sua umidade determinada. A quantidade de água ideal

para permitir uma eficaz penetração dos monômeros resinosos no íntimo da dentina desmineralizada, proporcionando a formação de uma camada híbrida resistente, ainda é um dos pontos mais discutidos na odontologia adesiva.

Nesta pesquisa os agentes de união utilizados, SB (etanol/água) e OS (acetona), pertencem ao grupo dos sistemas adesivos convencionais simplificados, ou seja, aqueles que necessitam do passo do condicionamento ácido separadamente e conseqüentemente, necessitam da padronização da umidade dentinária residual após a remoção do agente condicionador.

A literatura revisada demonstrou que há muito tempo preconiza-se a manutenção de um substrato dentinário úmido para a obtenção de uma boa adesão. Esta umidade prévia à aplicação do sistema adesivo possui papel fundamental na infiltração dos monômeros resinosos (Kanca <sup>46</sup> 1994; Reis et al. <sup>53</sup> 2003). A água, por possuir a capacidade de formar pontes de hidrogênio e ter baixo peso molecular, mantém os espaços interfibrilares expandidos, permitindo a infiltração dos monômeros pelos nanoporos da dentina.

Porém na tentativa de padronizar esta umidade dois quadros indesejáveis podem acontecer: a secagem em excesso, ou o reumedecimento excessivo da dentina. Quando a secagem exagerada acontece, as fibras colágenas colapsam e a infiltração monomérica é insuficiente (Pashley et al. <sup>55</sup> 2002); quando o contrário acontece, a grande quantidade de água na superfície, além de diluir o agente adesivo, atua como uma barreira física, não permitindo a penetração dos monômeros (Tay et al. <sup>9</sup> 1996). Quando este último quadro se apresenta é possível sua reversão pelo simples reumedecimento da superfície da dentina, que expande as fibras colágenas colabadas (Gwinnett <sup>56</sup> 1994, Perdigão et al. <sup>57</sup> 1998, Perdigão et al. <sup>58</sup> 1999).

Estandardizar esta umidade seria algo muito subjetivo, já que a interpretação da umidade é variável de acordo com quem executa a técnica adesiva (Miyazaki et al. <sup>48</sup> 2000). As variações são muitas e podem estar relacionadas com o tempo em que se seca o substrato dentinário (Kanca <sup>49</sup> 1996, Miyazaki et al. <sup>50</sup> 1996, Santini <sup>51</sup> 1999), a distância entre o jato de ar e a superfície da dentina (Kanca <sup>49</sup> 1996), o tipo de solvente existente no adesivo, o tempo entre a aplicação do adesivo e a sua polimerização, entre outros fatores.

Dentre os fatores mencionados anteriormente, o solvente presente no sistema adesivo utilizado, está totalmente relacionado à quantidade de água

deixada na superfície dentinária. Tais solventes ajudam na penetração dos monômeros e misturam-se com a água residual, promovendo sua evaporação. Os solventes mais utilizados são a acetona, o etanol e a água.

Perdigão et al.<sup>58</sup> (1999) observaram que os adesivos SB (etanol/água) e SC (água) apresentaram melhores valores de RU em campo seco, comparados ao sistema OS (acetona). A água presente nos sistemas adesivos SB e SC, foi suficiente para manter as fibrilas expandidas e garantir uma penetração eficaz dos monômeros resinosos. Concordando com estes dados, Reis et al.<sup>53</sup> (2003), ao testarem diferentes quantidades de água para diferentes solventes, observaram que o OS apresentou melhores valores de RU em substrato mais úmido (3,5µL), enquanto o SB obteve melhores resultados em um substrato com menor umidade (1,5 µL), juntamente com o SC que teve melhor desempenho em campo mais seco.

Em concordância com estes estudos os resultados obtidos na atual pesquisa demonstraram que para o adesivo OS a umidade foi um fator significativo em seu desempenho, ou seja, quando aplicado em substrato úmido ( $\cong 3,5 \mu\text{L}$ ), altos valores de RU foram encontrados (55,5 MPa), enquanto que em substrato seco, menores médias foram encontradas (42 MPa), independentemente da forma de aplicação do mesmo, confirmando a dependência dos adesivos à base de acetona de um substrato úmido. Isso acontece porque a pressão de vapor dos solventes anidros é maior, necessitando de uma maior quantidade de água no substrato. A afirmação de que, quanto maior a pressão de vapor, maior será a taxa de evaporação (Carvalho et al.<sup>4</sup> 2004, Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005) corrobora com os dados encontrados.

Já para o sistema SB a umidade não foi estatisticamente significativa independentemente da forma de aplicação e do tempo de avaliação do estudo, pois bons resultados foram obtidos tanto em substrato seco quanto em substrato úmido ( $\cong 1,5 \mu\text{L}$ ). Isso se deve ao fato de adesivos à base de água e etanol possuírem uma menor sensibilidade a umidade dentinária, ou seja, bom desempenho é encontrado tanto em campo seco, em função de possuir água suficiente em sua composição, e em campo úmido por possuir como parte de seu solvente o etanol, que ao misturar-se com a água residual promove sua evaporação.

Com a intenção de melhorar as propriedades dos sistemas adesivos e evitar os problemas inerentes à adesão no substrato dentinário, estudos diversificaram a forma de aplicação dos mesmos.

Dentre estas variações está o aumento do tempo de aplicação do sistema adesivo (El-Din, Abd El-Mohsen et al.<sup>15</sup> 2002, Miyazaki et al.<sup>16</sup> 2002, Cardoso et al.<sup>17</sup> 2005), que ajuda na infiltração monomérica e na evaporação dos solventes. Outras formas utilizadas são: o aumento no número de camadas aplicadas sobre o substrato desmineralizado (Frankenberger et al.<sup>18</sup> 2001, Pashley et al.<sup>19</sup> 2002, Hashimoto et al.<sup>20</sup> 2004, Ito et al.<sup>21</sup> 2005, Nakaoki et al.<sup>22</sup> 2005), a aplicação vigorosa do sistema adesivo (Miyazaki et al.<sup>12</sup> 1996, Jacobsen, Soderholm<sup>13</sup> 1998, Dal Bianco et al.<sup>14</sup> 2006) e o uso de novos dispositivos que possam melhorar a adesão, como o ElectroBond (Pasquantonio et al.<sup>63</sup> 2007) e o Cavitron (Finger, Tani<sup>64</sup> 2005).

Dal Bianco et al.<sup>14</sup> (2006), na tentativa de suprir as deficiências encontradas quando o sistema adesivo é aplicado em substrato seco, visando a diminuição da degradação a longo do tempo provocada pela umidade, uniu a possibilidade de melhorar a forma de aplicação a um substrato seco, verificando que a aplicação vigorosa resultou em melhores valores de RU, tanto em substrato úmido quanto seco.

No presente estudo um novo protótipo de aplicador vibratório foi utilizado. A vibração em alta frequência se propõe a uma melhor infiltração monomérica e conseqüentemente a obtenção de melhores valores de RU tanto em campo seco quanto em campo úmido. Como não foi encontrado na literatura nenhum outro dispositivo como este, a sua comparação se torna mais pertinente com a aplicação vigorosa ou ativa, que também se propõe a aumentar a frequência e a pressão com que o sistema adesivo é aplicado na superfície da dentina, tanto na presença de umidade, quanto no rompimento das ligações entre as fibras colágenas colabadas, quando o campo esta seco.

Os resultados encontrados demonstraram que, no tempo imediato, a aplicação VB não apresentou diferenças significativas quando comparada com a aplicação SU para ambos os adesivos, o que não aconteceu na maioria dos estudos que utilizaram a aplicação ativa (Miyazaki et al.<sup>12</sup> 1996, Jacobsen, Soderholm<sup>13</sup> 1998, Dal Bianco et al.<sup>14</sup> 2006), mas, ao longo do tempo, os valores de RU para o adesivo SB não apenas se mantiveram, como demonstraram uma leve tendência de

melhora nas suas propriedades. Porém, estudos que demonstrem a longevidade relacionada às formas de aplicação dos agentes de união ainda não são encontrados na literatura. O mais importante a ressaltar é a ausência de degradação destas interfaces. Esse resultado pode ser visto também na análise do padrão de nanoinfiltração, já que existiu uma homogeneidade na pequena quantidade e profundidade de infiltração de prata encontrada nos tempos imediatos e após seis meses de estudo, independentemente da umidade pré-estabelecida, o que não aconteceu para a aplicação SU, que apresentou ao longo do tempo maior quantidade de nitrato infiltrado e em maior profundidade. A forma VB manteve os bons resultados obtidos com o adesivo SB e a forma SU, quando analisada isoladamente, ou seja, sem ser comparada a forma VB, teve uma tendência, embora não significativa, de degradação com uma queda aproximada de 26% nos valores de RU. Nesse sentido, é necessário um novo estudo que avalie por períodos de tempo maiores este fenômeno, pois provavelmente esta degradação ao longo do tempo apresentar-se-ia significativa.

Para o adesivo OS, independentemente da forma de aplicação, existiu uma significativa degradação das interfaces ao longo do tempo, principalmente em campo seco, o que demonstra que este sistema, independentemente dos recursos utilizados para melhorar suas características, sofreu degradação, sugerindo que o próprio material possui propriedades inferiores, quando comparado ao adesivo SB. Estudos clínicos publicados na literatura demonstraram que o sistema adesivo OS tem uma performance muito inferior a requerida pela o Selo de Aceitação da American Dental Association, devido ao fato de apresentar altas taxas de descolamento em lesões cervicais não cariosas (Van Dijken<sup>75</sup> 2000, Loguercio et al.<sup>76</sup> 2006, Loguercio, Reis<sup>77</sup> 2008).

Isso também pode ser observado na análise qualitativa de nanoinfiltração, onde uma grande e profunda infiltração pela prata aconteceu após seis meses de estudo, tanto para a aplicação SU quanto para a aplicação VB do sistema adesivo. Concordando assim com os dados anteriormente discutidos, que demonstram que a umidade e o tempo foram fatores significativos para o adesivo OS.

Esta análise da nanoinfiltração pelo nitrato de prata já foi realizada por outros pesquisadores, e foi convencionado que os caminhos percorridos pelo nitrato seriam chamados de *water trees* (Tay, Pashley<sup>31</sup> 2003), sendo que a



densidade e a quantidade destas *water-trees* vêm sendo relacionadas com a redução da resistência adesiva e o aumento da nanoinfiltração (Okuda et al.<sup>40</sup> 2002, Li et al.<sup>41</sup> 2003). Esta afirmação concorda com os resultados deste trabalho, já que maior quantidade de nitrato de prata foi encontrada nas interfaces restauradas com o adesivo OS, o qual apresentou menores valores de RU ao longo do tempo sugerindo um processo degradativo intenso.

Complementando este raciocínio observa-se que na análise quantitativa da espessura da camada do adesivo formada (mesmo que apenas imediata), uma expressiva diminuição nesta espessura foi verificada quando a forma VB foi utilizada para o adesivo OS, o mesmo não aconteceu para o adesivo SB. Esta diminuição pode estar relacionada ao fato de que ao “agitar” velozmente o adesivo em alta frequência, pressionando-o contra a dentina desmineralizada, seu processo de evaporação tenha se intensificado, impedindo sua penetração em profundidade. Estes dados concordam com o estudo de Jacobsen e Soderholm<sup>13</sup> (1998), que encontraram piores resultados quando um adesivo a base de acetona foi aplicado de forma ativa na superfície desmineralizada, os autores justificam este resultado baseados na volatilidade do solvente contido no mesmo e no aumento de sua viscosidade. Por outro lado, Dal-Bianco et al.<sup>14</sup> (2006) conseguiram altos valores de RU quando o OS foi aplicado de maneira vigorosa. Estes resultados podem apresentar-se contraditórios, em função das diferenças metodológicas particulares a cada estudo, já que o dispositivo vibratório teria maior velocidade e pressão de aplicação do que a aplicação manual, empregada no estudo de Dal-Bianco et al.<sup>14</sup> (2006).

Outro fato que pode ter justificado os baixos valores de resistência de união ao utilizar a aplicação vibratória foi a redução na espessura da camada de adesivo formada, como apresentado no capítulo de resultados deste trabalho, provavelmente conseqüente da baixa viscosidade do OS, comparativamente ao sistema SB. O mesmo não aconteceu para o adesivo SB, logo a forma de aplicação não interferiu na espessura da camada de adesivo formada. Quando camadas de adesivo muito finas são formadas existe o comprometimento da qualidade da adesão, pois esta camada delgada se torna mais suscetível a inibição da polimerização pelo oxigênio (Hilton, Schwartz<sup>78</sup> 1995).

Os dados obtidos em relação a degradação se referem a 6 meses de armazenamento em água, ou seja 180 dias, para este período de tempo foi

encontrada em termos percentuais uma queda de aproximadamente 30% nas médias do valores de RU para o sistema adesivo OS independentemente da forma de aplicação, enquanto que para o sistema adesivo SB esta degradação foi dependente de sua forma de aplicação. Quando a aplicação VB (58,5 MPa) foi empregada, as médias obtidas foram significativamente superiores as encontradas para aplicação SU (41,4 MPa).

Os resultados ligados a degradação vistos nos grupos citados anteriormente podem ser confirmados por pesquisas como a de Hashimoto et al.<sup>72</sup> (2003) que avaliaram os efeitos da degradação em diferentes tempos de avaliação e observaram uma diminuição progressiva das médias dos valores de RU encontrados. A média imediata (24 h) foi de 28,3 MPa  $\pm$  11,3, para o tempo de 1-2 anos de armazenamento foi de 15,2  $\pm$  4,4 MPa e para o tempo de 2-3 anos de armazenamento foi de 9,1  $\pm$  5,1 MPa. Esta queda das médias foi significativa e comprova nitidamente a degradação hidrolítica ao longo do tempo. A desorganização do espaço interfibrilar, a diminuição do diâmetro das fibrilas colágenas e da espessura da camada de dentina condicionada são características desta degradação (Pashley et al.<sup>68</sup> 2004).

Para Carrilho et al.<sup>65</sup> (2005) e Carrilho et al.<sup>66</sup> (2007) esta degradação reduz a resistência de união entre o tecido dentinário e os sistemas adesivos, comprometendo a durabilidade das restaurações adesivas. Esse fato foi verificado no presente estudo, pois os menores valores de RU foram encontrados associados a fotomicrografias (MEV) que demonstram maior infiltração pelo nitrato de prata e degradação dos componentes orgânicos da dentina e poliméricos dos sistemas adesivos.

Esta deterioração da porção polimérica foi relatada por Ferracane<sup>67</sup> (2006) que relacionou a hidrofilia do polímero e as diferenças nos padrões de solubilidade entre os polímeros e os solventes bem como a porosidade e a densidade das ligações poliméricas como características químicas e estruturais que influenciam neste processo degenerativo que acarreta efeitos deletérios à estrutura e à função do material polimérico (Tay et al.<sup>39</sup> 2005, Ferracane<sup>67</sup> 2006).

Em resumo os valores de RU para o adesivo Single Bond não foram influenciados pela umidade, apenas a aplicação VB demonstrou menor degradação quando comparada a aplicação SU ao longo do tempo, analisadas isoladamente a

aplicação SU teve tendência a degradação e a vibratória de manutenção das médias, portanto ausência de degradação. Para o mesmo adesivo a infiltração de prata foi homogênea no tempo imediato de estudo, independentemente da forma de aplicação do adesivo e da umidade do substrato dentinário. Ao longo do tempo existiu uma penetração mais profunda e em maior quantidade para os grupos onde a aplicação foi SU, porém para os grupos com aplicação VB a infiltração se manteve constante. Tais resultados no padrão de nanoinfiltração são condizentes com os valores de RU obtidos no teste de microtração. Quanto a espessura da camada de adesivo quando o substrato dentinário foi mantido úmido, a forma de aplicação não interferiu na espessura da camada de adesivo formada.

Para o sistema adesivo One Step os valores de RU foram influenciados de maneira significativa pelo tempo de avaliação do estudo independentemente da umidade pré-estabelecida do substrato dentinário e da forma de aplicação do sistema adesivo, o que demonstra a inferioridade das propriedades deste material, mesmo que diversas alternativas sejam implementadas no intuito de melhorar seu desempenho ao longo do tempo evitando a degradação hidrolítica. A umidade também foi estatisticamente significativa para este adesivo nos valores de RU independentemente do tempo de avaliação do estudo e da forma de aplicação deste material, ou seja, o solvente contido neste adesivo o faz dependente de um ambiente úmido e que conseqüentemente degradará com o tempo. No tempo imediato do estudo a infiltração pelo nitrato de prata foi homogênea para todos os grupos e após seis meses de armazenamento esta infiltração aumentou em todos os grupos, de forma que o modo de aplicação e a umidade não influenciaram positivamente nestes resultados, que estão em perfeito acordo com os resultados do teste de microtração. De acordo também estão os resultados quantitativos referentes a espessura da camada de adesivo formada, que foi menor quando a aplicação VB foi utilizada em comparação com a aplicação SU, dados estes provavelmente justificados pelo aumento da viscosidade deste material quando vibrado em alta frequência.

## 7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- 1 A forma de aplicação vibratória quando comparada a aplicação suave, evita a degradação do sistema adesivo Single Bond ao longo do tempo,
- 2 O sistema adesivo Single Bond tem menor sensibilidade as variações de umidade do substrato dentinário;
- 3 O sistema adesivo One Step à base de acetona apresenta melhores resultados em substrato dentinário mais úmido.
- 4 O sistema adesivo One Step degradou-se de forma significativa, apesar das variações implementadas neste estudo.

**REFERÊNCIAS\***

- 1 Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34: 849-853.
- 2 Swfit Junior EJ, Perdigão J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin. A brief history and state of the art. *Quintessence Int.* 1995; 26: 95-110.
- 3 Lopes GC, Baratieri LN, Andrada MAC, Vieira LCC. Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. *Quintessence Int.* 2002; 33: 213-224.
- 4 Carvalho RM, Carrilho MRO, Pereira LCG, Garcia FCP, Marquezini Jr L, Andrade e Silva SM, Kussmaul APM. Sistemas adesivos: fundamentos para a compreensão de sua aplicação e desempenho clínico. *Biodonto.* 2004; 2: 1-85.
- 5 Carvalho RM. Adesivos dentinários. Fundamentos para a aplicação clínica. *Rev Dent Rest.* 1998; 1: 62-96.
- 6 Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003; 28: 215-235.
- 7 Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc.* 2003; 69: 726-731.
- 8 Kanca J. Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am J Dent.* 1992; 5: 282-295.
- 9 Tay FR, Gwinnett JA, Wei SHY. Micromorphological spectrum from overdrying to overwetting acid-conditioned dentin in water-free, acetone-based, single-bottle primer/adhesives. *Dent Mater.* 1996; 12: 236-244.
- 10 Reis AF, Oliveira MT, Giannini M, De Goes MF, Rueggeberg FA. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives bond strength to enamel and dentin. *Oper Dent.* 2003; 28: 700-706.
- 11 Paul SJ, Welter DA, Ghazi M, Pashley D. Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs microtensile bond strength. *Oper Dent.* 1999; 24:181-188.

---

\* De acordo com a norma do Programa de Mestrado em Odontologia da UEPG, baseado no modelo Vancouver. Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o Medline.

- 12 Miyazaki M, Platt JA, Onose H, Moore BK. Influence of dentin primer application methods on dentin bond strength. *Oper Dent.* 1996; 21: 167-172.
- 13 Jacobsen T, Söderholm KJM. Effect of primer solvent, primer agitation, and dentin dryness on shear bond strength to dentin. *Am J Dent.* 1998; 11: 225-228.
- 14 Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaft R, Bauer JRO, Loguercio AD, Reis A. Effects of moisture degree and rubbing action on the immediate resin-dentin bond strength. *Dent Mater.* 2006; 22: 1150-1156.
- 15 El-Din AKN, Abd El-Mohsen MM. Effect of changing application times on adhesive systems bond strengths. *J Dent.* 2002; 15: 321-324.
- 16 Miyazaki M, Tsubota K, Onose H, Hinoura K. Influence of adhesive application duration on dentin bond strength of single-application bonding systems. *Oper Dent.* 2002; 27: 278-283.
- 17 Cardoso PC, Loguercio AD, Vieira LCC, Baratieri LN, Reis A. Effect of prolonged application times on resin-dentin bond strengths. *J Adhes Dent.* 2005; 7: 1-7.
- 18 Frankenberger R, Perdigão J, Rosa BT. "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives: a microtensile bond strength and morphologic study. *Dent Mater.* 2001; 17: 373-380.
- 19 Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent.* 2002; 30: 83-90.
- 20 Hashimoto M, Sano H, Yoshida E, Hori M, Kaga M, Oguchi H, Pashley DH. Effects of multiple adhesive coatings on dentin bonding. *Oper Dent.* 2004; 29: 416-423.
- 21 Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, Wallerg JL, Pashley DH. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Adhes Dent.* 2005; 7: 133-141.
- 22 Nakaoki, Y, Sasakawa, W, Horiuchi, S, Nagano F, Ikeda T, Tanaka T, Inoue S, Uno S, Sano H, Sidhu SK. Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. *J Dent.* 2005; 33: 765-772.
- 23 Reis A, Pelizzaro A, Dal-Bianco K, Gomes OM, Patzlaft R, Loguercio AD. Impact of adhesive application on wet and dry long-term resin dentinbond strengths. *Oper Dent.* 2007; 32: 382-389.

- 24 Marshall Junior G, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M the dentin substrate: structure and proprieties related to bonding. *J Dent.* 1997; 25: 441-458.
- 25 Katchburian E, Arana V. *Histologia e embriologia oral: texto-atlas-correlações clínicas.* Bogotá: panamericanas; 1999.
- 26 Gwinnett AJ. Smear layer: morphological considerations. *Oper Dent.* 1984; 3: 2-12.
- 27 Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent.* 1984; 3: 13-29.
- 28 Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982; 16: 265-273.
- 29 Fusayama T, Nakamura M, Kurosaki N, Iwaku M. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res.* 1979; 58: 1364-1370.
- 30 Rosales-Leal JI, Osório R, Holgado-Terriza JA, Cabrenizo-Vilchez MA, Toledano M. Dentin wetting by four adhesive system. *Dent Mater.* 2001; 17: 526-532.
- 31 Tay FR, Pashley DH. Water-treeing a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003; 16: 6-12.
- 32 Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007; 28: 3757-3785.
- 33 De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, Lambrechts P, Vanherle G. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin *J Dent Res.* 2003; 82: 136-140.
- 34 Frankenberger R, Strobel WO, Lohbauer U, Krämer N, Petschelt A. The effect of six years of water storage on resin composite bonding to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl.* 2004; 69B: 25-32.
- 35 De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005; 84: 118-132.
- 36 Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent.* 2002; 30: 371-382.

- 37 Tay FR, Suh BI, Pashley DH, Prati C, Chuang SF, Li F. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemical-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. *J Adhes Dent.* 2003; 5: 91–106.
- 38 Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, Huang C, Prati C, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res.* 2004; 83: 459–464.
- 39 Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Hiraishi N, Yiu CKY. Water treeing in simplified adhesives – déjà vu? *Oper Dent.* 2005; 30: 561-579.
- 40 Okuda M, Pereira PNR, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface nanoleakage vs. microtensile bond strength. *Oper Dent.* 2002; 27: 289-296.
- 41 Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J Adhes Dent.* 2003; 5: 19-25
- 42 Sanares AM, King NM, Itthagarun A, Tay FR, Pashley DH. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. *Dent Mater.* 2001; 17: 542–556.
- 43 Suh BI, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent.* 2003; 4: 267-282.
- 44 Brännström M, Åström A. A study on the mechanisms of pain elicited from the dentin. *J Dent Res.* 1964; 43: 619-625.
- 45 Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri, Cadenaro M, Di Lenarda R, Dorigo EDS. Dental adhesion review: aging and stability of debonded interface. *Dent Mater.* 2008; 24: 90-101.
- 46 Kanca J, Gwinnett AJ. Successful marginal adaptation of a dentin-enamel bonding system in vitro and in vivo. *J Esthet Dent.* 1994; 6: 286-294.
- 47 Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RHM. Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater.* 2004; 20: 669-676.
- 48 Miyazaki M, Onose H, Moore BK. Effect of operator variability on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent.* 2000; 13: 101-104.
- 49 Kanca J. Wet bonding: effect of drying and distance. *Am J Dent.* 1996; 9: 273-276.



- 50 Miyazaki M, Platt J, Onose H, Moore BK. Influence of dentin primer application bond strength. *Oper Dent.* 1996; 21: 167-172.
- 51 Santini A. Microleakage of resin-based composite restorations using different solvent-based bonding agents and methods of drying acid-etched dentin. *Am J Dent.* 1999; 12: 194-200.
- 52 Tay FR, Gwinnett JA, Wei SHY. Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J Dent.* 1998; 26: 147-156.
- 53 Reis A, Loguercio AD, Azevedo CLN, Carvalho RM, Singer JM, Grande RHM. Moisture spectrum of desmineralized dentin for different solvent-based adhesive system. *J Adhes Dent.* 2003; 5: 183-192.
- 54 Reis A, Grande RHM, Oliveira GMS, Lopes GC, Loguercio AD. A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dent Mater.* 2007; 23: 862-870.
- 55 Pashley DH, Carvalho RM, Tay FR, Agee KA, Lee KW. Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents. *Am J Dent.* 2002; 15: 97-102.
- 56 Gwinnett AJ. Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent.* 1994; 7: 144-148.
- 57 Perdigão J, Swift Jr E, Heymann HO, Malek MA. Effect of a re-wetting agent on the performance of acetone-based dentin adhesives. *Am J Dent.* 1998; 11: 207-213.
- 58 Perdigão J, Van Meerbeek B, Lopes MM, Ambrose WW. The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent Mater.* 1999; 15: 282-295.
- 59 Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int.* 1993; 24: 618-631.
- 60 Nakajima M, Kanemura N, Pereira PNR, Tagami J, Pashley DH. Comparative microtensile bond strength and SEM analysis of bonding to wet and dry dentin. *Am J Dent.* 2000; 13: 324-328.
- 61 Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dent Mater.* 1995; 11: 132-136.
- 62 Yiu CK, Pashley EL, Hiraishi N, King NM, Goracci C, Ferrari M, Carvalho RM, Pashley DH, Tay FR. Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials.* 2005; 26: 6863-6872.

- 63 Pasquantonio G, Tay F R, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri Jr A, Falconi M, Di Lenarda R, Breschi L. Electric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.* 2007; 23: 513-518.
- 64 Finger WJ, Tani C. Effect of application mode on bonding performance of self-etching adhesives. *Am J Dent.* 2005; 36: 41-48.
- 65 Carrilho MRO, Tay FR, Pashley DH, Tjäderhane L, Carvalho RM. Mechanical stability of resin-dentin bond components. *Dent Mater.* 2005; 21: 232-241.
- 66 Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjaderhane L, Reis AF, Hebling J, Mazzoni A, Breschi L, Pashley D. In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res.* 2007; 86: 529-33.
- 67 Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22: 211-222.
- 68 Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, Ito S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 2004; 83: 216-221.
- 69 Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int.* 1999; 30: 501-507.
- 70 Chaussain-Miller C, Fioretti F, Goldberg M, Menashi S. The role of matrix metalloproteinases (MMPs) in human caries. *J Dent Res.* 2006; 85: 22-32.
- 71 Sukala M, Tervahartiala T, Sorsa T, Larmas M, Salo T, Tjäderhane L. Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin. *Arch Oral Biol.* 2007; 52: 121-127.
- 72 Hashimoto M, Tay FR, Ohno H, Sano H, Kaga M, Yiu C, Kumagai H, Kudou Y, Kubota M, Oguchi H. SEM and TEM analysis of water degradation of human dentinal collagen. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2003; 66B: 287-297.
- 73 Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res.* 2000; 79: 1385-1391.
- 74 De Wald JP. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. *Dent Mater.* 1997; 13:74–81.
- 75 Van Dijken JW. Clinical evaluation of three adhesive systems in class V non-carious lesions. *Dent Mater.* 2000; 16: 285-291.

- 76 Loguercio AD, Costenaro A, Silveira AP, Ribeiro NR, Rossi TR, Reis A. A six-month clinical study of a self-etching and an etch-and-rinse adhesive applied as recommended and after doubling the number of adhesive coats. *J Adhes Dent.* 2006; 8: 255-61.
- 77 Loguercio AD, Reis A. Application of a dental adhesive using the self-etch and etch-and-rinse approaches: an 18-month clinical evaluation. *J Am Dent Assoc.* 2008; 139: 53-61.
- 78 Hilton TJ, Schwartz RS. The effect of air thinning on dentin adhesive bond strength. *Oper Dent.* 1995; 20: 133-137.

ANEXO A

Parecer N° 25/2007 da COEP da UEPG

## APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de Doação de Dentes

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
CURSO DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA

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

Eu, \_\_\_\_\_  
portador (a) do RG: \_\_\_\_\_,  
CPF: \_\_\_\_\_ Prontuário Geral: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_, nascido (a) em: \_\_\_\_\_,  
declaro ser doador (a) livre e espontâneo (a) do (s) meu (s) elemento (s) dental  
(ais) \_\_\_\_\_, para a pesquisa **Efeito da aplicação vibratória e  
da umidade dentinária nos valores de resistência de união de  
sistemas adesivos convencionais de dois passos**, realizada na  
Universidade Estadual de Ponta Grossa e tendo como pesquisadores  
Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, Christiana Zander  
Grande, Rodrigo Stanislawczuk Grande e Roberto César do Amaral.  
Declaro também estar ciente dos objetivos de tal pesquisa e a respectiva  
utilização do (s) dente (s) doado (s).

\_\_\_\_\_  
Assinatura do doador ou responsável legal

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

Ponta Grossa, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200 \_\_\_\_.