

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

GISELE DAMIANA DA SILVEIRA PEREIRA  
CIRURGIÃ-DENTISTA

INFLUÊNCIA DO SÍTIO DE ADESÃO E DO TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO EM ÁGUA NA RESISTÊNCIA À  
TRAÇÃO DE SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS SOB O  
EFEITO DA PRESSÃO PULPAR SIMULADA

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de  
Doutor em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

PIRACICABA  
2001

i

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

GISELE DAMIANA DA SILVEIRA PEREIRA  
CIRURGIÃ-DENTISTA

ORIENTADOR  
Prof. Dr. LUÍS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO  
CO- ORIENTADOR  
Prof. Dr. MARCELO GIANNINI

INFLUÊNCIA DO SÍTIO DE ADESÃO E DO TEMPO DE  
ARMAZENAMENTO EM ÁGUA NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE  
SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS SOB O EFEITO DA PRESSÃO  
PULPAR SIMULADA

BANCA EXAMINADORA  
Prof. Dr. LUÍS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO  
Prof. Dr. MÁRIO FERNANDO DE GÓES  
Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO LOVADINO  
Prof. Dr. RICARDO CARVALHAES FRAGA  
Prof. Dr. VICENTE DE PAULO ARAGÃO SABOIA

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em  
Clínica Odontológica, Área de Dentística.

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/83

CPG, 21/08/01

PIRACICABA

2001

iii

Assinatura do Orientador

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

### Ficha Catalográfica

P414i      Pereira, Gisele Damiana da Silveira.  
Influência do sítio de adesão e do tempo de armazenamento em água na resistência à tração de sistemas adesivos aplicados sob o efeito da pressão pulpar simulada. / Gisele Damiana da Silveira Pereira. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2001.  
xxvi, 189p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Luís Alexandre Maffei Sartini Paulillo.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Degradação. 2. Dentes – Tratamento. 3. Dentina. 4. Materiais dentários. I. Paulillo, Luís Alexandre Maffei Sartini. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 24 de Agosto de 2001, considerou a candidata GISELE DAMIANA DA SILVEIRA PEREIRA aprovada.

1. Prof. Dr. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO

2. Prof. Dr. RICARDO CARVALHAES FRAGA

3. Prof. Dr. VICENTE DE PAULO ARAGÃO SABÓIA

4. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES

5. Prof. Dr. JOSE ROBERTO LOVADINO

Dedico essa tese a *Deus*...

Por ter-me concedido o amor dos meus pais, *Dailson e Regina*, que me receberam em seus braços, me educaram e fizeram de mim uma pessoa íntegra;

Por ter-me presenteado com meus irmãos, *Dailson, Débora, Carine, Diego e Juliana*, que me encham de orgulho e me fazem sentir a tranqüilidade do carinho fraternal, presente sempre em nossas vidas;

Por ter incluído no meu destino o meu marido, *Luís Alexandre*, que me ensinou a amar incondicionalmente e desejar, cada dia mais, estar sempre ao seu lado, fazendo-o muito feliz;

Por ter-me dado o privilégio de desfrutar, por alguns anos apenas, do meu avô *Gélson*, que tornou minha infância doce e inesquecível;

Por ter-me abençoado com meus padrinhos, *Dílson, Maria José e Margarida*, que auxiliaram na minha criação, amando-me como uma verdadeira filha;

Por ter tido em minha avó *Taída* o exemplo da força, disciplina e coragem, que me ensinou a ser persistente, segura e a lutar sempre pelos meus ideais;

Por ter permitido o convívio próximo com os meus primos, *Libia, Normande e Marcelo*, que nos uniu e nos fez integrantes de uma só família;

Por poder usufruir da dedicação e do carinho da minha mãe postiça, *Magaly*, que está sempre disposta a me ajudar;

Por ter uma família imensa, cheia de *Tios, Primos e Amigos*, que me apóiam, incentivam e fazem de mim uma pessoa feliz.

E principalmente, agradeço a DEUS a bênção de ter minha avó

*Dulcelina*

ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Somente uma pessoa abençoada poderia compartilhar de um amor tão forte e infinito, do carinho, da dedicação e do acalanto que, com apenas um olhar, tem o poder de curar a dor mais profunda do meu coração.

É para você, vizinha, que dedico todas as minhas vitórias, porque só as conquistei pois a tenho ao meu lado. É por você que me esforço e tento corrigir todos os meus defeitos, somente para vê-la sorrir.

Amo-te mais do que tudo!!

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Luís Alexandre*, pela dedicação na realização deste trabalho, pelo carinho empenhado na minha formação e pelo exemplo de integridade, competência, amor e devoção com os quais conduz sua carreira docente.

Ao meu co-orientador, *Prof. Dr. Marcelo Giannini*, pela sabedoria, seriedade e incentivo que foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo.

Ao *Prof. Dr. Ricardo Carvalhaes Fraga*, meu mestre eterno e amigo, pelo exemplo de competência e dedicação nos quais espelhei minha carreira docente e pelo incentivo, formação e confiança sem os quais eu não teria vencido tantas etapas na minha profissão;

*“ Meus amigos fizeram a história de minha vida. De mil maneiras transformaram minhas limitações em formosos privilégios e me permitiram caminhar serena e feliz na penumbra de minha privação.”*

*Helen Keller*

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba- UNICAMP- nas pessoas do Diretor, Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum e Diretor Associado, Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo, pela oportunidade de trabalhar nesta honrosa instituição;

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Altair A Del Bel Cury, coordenadora geral do curso de pós-graduação e à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes, coordenadora do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica da FOP- UNICAMP;

À Universidade Gama Filho, nas pessoas do Diretor do Instituto de Odontologia, Prof. Dr. Mário João, Coordenador da graduação, Prof. Rogério Galvão e Coordenador da pós-graduação, Prof. Germano Villorio, pelo incentivo constante à minha carreira docente;

Aos professores e sobretudo amigos da Área de Dentística da FOP- UNICAMP, Dr. José Roberto Lovadino e Dr. Luís Roberto Marcondes Martins, pela amizade e respeito que ultrapassaram a barreira da universidade e se estenderam aos seus lares e familiares;

Aos professores da Universidade Gama Filho, Deyse, Marcello, Raquel, Cris, Anabela, Tibana, Antônio, Rosângela, Marisa, Adriana, Teresinha, Arley, Ana,

Cláudio, Izabel, Maurício, Coré, Karla, Ana Paula, Lúcia, Luciana, Paulinho, Mangelli e Márcia, pela amizade e companheirismo que nos unem e tornam a universidade um ambiente agradável e muito divertido;

Ao Prof. Dr. Carlos Tadeu dos Santos, do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz- USP, pela realização da Análise Estatística deste trabalho;

Ao meu tio Renato Scarlatti, engenheiro hidráulico, pela confecção do desenho do aparelho simulador da pressão pulpar;

Aos professores e amigos da Área de Materiais Dentários, em especial ao Prof. Dr. Mário Fernando De Góes, pelo uso dos equipamentos durante a realização da fase experimental deste trabalho;

Aos professores e amigos da Área de Cirurgia Oral, pelos dentes colhidos para a realização deste estudo;

Aos amigos Adriano Luis Martins, funcionário do Departamento de Patologia Bucal da FOP- UNICAMP e Eliene Romani, funcionária do Departamento de Morfologia da FOP- UNICAMP, pelo auxílio inestimável no manuseio e observação das amostras no Microscópio Eletrônico de Varredura;

Ao Prof. Dr. Elliot Watanabe Kitajima, coordenador do NAP/MEPA- ESALQ/ USP, pelo imenso senso científico e pelo auxílio durante as análises microscópicas;

Aos professores doutores Mário Fernando De Góes e Osley Paes de Almeida, responsáveis pelo Microscópio Eletrônico de Varredura da FOP- UNICAMP, pela permissão da sua utilização;

Aos professores Regina Maria Puppim, Luís Roberto Marcondes Martins e Simonides Consani, pela presteza e valiosa contribuição para este trabalho no exame de qualificação;

Aos funcionários da Área de Materiais Dentários, Selma e Marcos, e da Área de Dentística, Reinaldo e Carol, que sempre estiveram dispostos a me ajudar;

À empresa Dentsply e Kuraray pela doação dos materiais estudados;

Ao companheirismo de todos os amigos da Área de Dentística, em especial ao Fernão, Alex, Bia, Flávio, Dorini, Carlota, Solange, Nara, Helinho e Ricardinho;

Às amigas Grace Maria e Ângela Ló pela amizade, companheirismo e presteza, estando sempre dispostas a me ajudar e apoiar;

Aos meus alunos e orientados, principalmente ao Leonardo, Juliana, Adrienne, Samantha e Brenda que muito me auxiliaram no exercício da docência;

Aos amigos Bruno Carlini e Camila Pinelli, cujo carinho e amizade compartilhados fizeram de nós verdadeiros irmãos, que a distância teima em separar, mas a saudade não nos deixa esquecer de todos os momentos que vivemos juntos;

Ao amigo Vicente, que me conquistou com sua simplicidade e me fez admirá-lo cada dia mais pela sua sabedoria, competência, doação ao próximo, devoção a Deus e amor à vida;

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

Muito Obrigado.

*“Se lembra de quando a gente chegou um dia a acreditar que tudo era pra sempre, sem saber que o pra sempre, sempre acaba. Mas nada vai conseguir mudar o que ficou....”*

*Renato Russo*

## SUMÁRIO

CAPÍTULO	PÁGINA
I- LISTAS- Tabelas	3
II- LISTAS- Quadros	5
III- LISTAS- Figuras	6
IV- LISTAS- Siglas e Abreviaturas	9
V- LISTAS- Palavras Estrangeiras	11
RESUMO	13
ABSTRACT	15
1- INTRODUÇÃO	17
2- REVISÃO DA LITERATURA	23
3- PROPOSIÇÃO	111
4- MATERIAIS E MÉTODOS	113
5- RESULTADOS	135
6- DISCUSSÃO	147
7- CONCLUSÕES	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
OBRAS CONSULTADAS	173
ANEXOS	175

*Listas*

I- TABELAS

- TABELA 4.1- Delineamento estatístico para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.
- TABELA 5.1- Análise de Variância para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.
- TABELA 5.2- Decomposição da Análise de Variância para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.
- TABELA 5.3- Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa, para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento (médias originais).
- TABELA 5.4- Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função dos sistemas adesivos utilizados (médias originais).
- TABELA 5.5- Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função do tempo de armazenamento (médias

originais).

TABELA 5.6- Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função dos sítios de adesão (médias originais).

## II- QUADROS

QUADRO 4.1- Marca comercial, componentes e fabricantes dos materiais utilizados no ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

QUADRO 4.2- Grupos experimentais para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

### III- FIGURAS

- FIGURA 4.1- Materiais utilizados no ensaio de tração: sistemas adesivos Clearfil Mega Bond, Prime & Bond 2.1 e Prime & Bond NT e resina composta TPH Spectrum.
- FIGURA 4.2- Localização do corte na região coronária.
- FIGURA 4.3- Localização do corte na região radicular.
- FIGURA 4.4- Fragmentos dentais obtidos após a realização dos cortes e remoção do tecido pulpar.
- FIGURA 4.5- Aferição da espessura da dentina com auxílio do espécímetro.
- FIGURA 4.6- Acabamento da superfície dentinária através do desgaste manual com lixas SiC 600.
- FIGURA 4.7- Aparelho simulador da pressão pulpar.
- FIGURA 4.8- Aplicação do “primer” do sistema Clearfil Mega Bond.
- FIGURA 4.9- Aplicação de um leve jato de ar para auxiliar na evaporação do solvente.
- FIGURA 4.10- Aplicação do adesivo do sistema Clearfil Mega Bond.
- FIGURA 4.11- Fotoativação do sistema Clearfil Mega Bond.
- FIGURA 4.12- Condicionamento ácido da superfície dentinária.
- FIGURA 4.13- Secagem da dentina com bolinhas de algodão úmido.
- FIGURA 4.14- Aplicação do sistema Prime & Bond NT.
- FIGURA 4.15- Fotoativação do sistema Prime & Bond NT.
- FIGURA 4.16- Condicionamento ácido da superfície dentinária.
- FIGURA 4.17- Secagem da dentina com bolinhas de algodão úmido.
- FIGURA 4.18- Aplicação do sistema Prime & Bond 2.1.
- FIGURA 4.19- Fotoativação do sistema Prime & Bond 2.1.
- FIGURA 4.20- Inserção da resina composta na superfície de dentina hibridizada.
- FIGURA 4.21- Fragmento dental restaurado com resina composta.
- FIGURA 4.22- Resina composta pigmentada aplicada na região dos cornos pulpares.
- FIGURA 4.23- Câmara pulpar totalmente preenchida com resina composta.

- FIGURA 4.24- Secção da amostra através do disco diamantado fixado em cortadeira de precisão.
- FIGURA 4.25- Amostra seccionada no sentido méσιο-distal.
- FIGURA 4.26- Amostra seccionada no sentido méσιο-distal e vestibulo-lingual.
- FIGURA 4.27- Espécimes em forma de paralelepípedo obtidas de dentina central (a) e acima dos cornos pulpares (b).
- FIGURA 4.28- Mensuração da área adesiva com paquímetro digital.
- FIGURA 4.29- Espécime fixada nos “grips” do dispositivo para o ensaio de tração.
- FIGURA 4.30- Ruptura do espécime na área adesiva.
- FIGURA 4.31- Fragmentos dentais seccionados no sentido méσιο-distal.
- FIGURA 4.32- Acabamento da superfície interna do fragmento dental com lixa SiC 400 para avaliação em MEV.
- FIGURA 4.33- Polimento da superfície interna do fragmento dental com lixa SiC 1000 para avaliação em MEV.
- FIGURA 4.34- Limpeza das amostras em ultra-som.
- FIGURA 4.35- Descalcificação das amostras em HCl para avaliação em MEV.
- FIGURA 4.36- Desproteção das amostras em NaOCl para avaliação em MEV.
- FIGURA 4.37- Amostras fixadas em “stubs” metálicos.
- FIGURA 4.38- Amostras metalizadas.
- FIGURA 5.1- Gráfico de Box-Plot apresentando média e amplitude interquartilica para os diferentes grupos utilizados no ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.
- FIGURA 5.2- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond 2.1 avaliada após 7 dias de armazenamento. X 500
- FIGURA 5.3- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond 2.1 avaliada após 7 dias de armazenamento. X 1000
- FIGURA 5.4- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond NT avaliada após 7 dias de armazenamento. X 1000

## *Figuras*

---

- FIGURA 5.5- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond NT avaliada após 7 dias de armazenamento. X 1000
- FIGURA 5.6- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Clearfil Mega Bond avaliada após 7 dias de armazenamento. X1000
- FIGURA 5.7- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond 2.1 avaliada após 180 dias de armazenamento. X1000
- FIGURA 5.8- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond 2.1 avaliada após 180 dias de armazenamento. X1500
- FIGURA 5.9- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond NT avaliada após 180 dias de armazenamento. X1000
- FIGURA 5.10- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Prime & Bond NT avaliada após 180 dias de armazenamento. X1000
- FIGURA 5.11- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Clearfil Mega Bond avaliada após 180 dias de armazenamento. X1500
- FIGURA 5.12- Ilustração da interface adesiva formada pelo sistema Clearfil Mega Bond avaliada após 180 dias de armazenamento. X1000

## IV- SIGLAS e ABREVIATURAS

SiC-	Carbureto de silício
Fenil-P-	2-metacriloxietil fenil hidrogênio fosfato
GM-	Gliceril metacrilato
EDTA-	Ácido etileno diamino tetra-acético
PENTA-	Monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato
5-NMSA-	N-metacriloil-5 ácido amino-salicílico
10-MDP-	10-metacriloiloxidecil di-hidrogênio fosfato
HEMA-	2-hidroxi-etil-metacrilato
Bis-GMA-	Bisfenol-A glicidil-metacrilato
TEGDMA-	Trietilenoglicol de dimetacrilato
4-META MMA TBB-	4-metacriloxietil trimelitato anidrido metil metacrilato tri-n-butili borano
CQ-	Canforoquinona
Agente CA-	Ácido cítrico a 10% e cloreto de cálcio a 20%
Solução 10/3-	Ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%
SiO <sub>2</sub> -	Dióxido de silício- Sílica
HCl-	Ácido hidrocloreídrico
NaOCl-	Hipoclorito de sódio
%-	Por cento
pH-	Potencial de hidrogênio
δ-	Solubilidade
mm-	Milímetro
μm-	Micrometro
nm-	Nanômetro
°C-	Graus Celsius
μg-	Micrograma
kgf-	Quilograma força
MPa-	Mega Pascal- força/área
cmH <sub>2</sub> O-	Centímetros de água
mmHg-	Milímetros de mercúrio

## *Síglas e abreviaturas*

---

kg/cm <sup>2</sup> -	Quilograma por centímetro quadrado
cm <sup>2</sup> -	Centímetro quadrado
mm <sup>2</sup> -	Milímetro quadrado
µm <sup>2</sup> -	Micrometro quadrado
M-	Molar
ml-	Mililitro
µl-	Microlitro
ml/cc	Mililitro por centímetro cúbico
mW/cm <sup>2</sup> -	Miliwatts por centímetro quadrado
mm/min-	Milímetro por minuto
h-	Hora
min-	Minuto
s-	Segundo
PB-	Prime & Bond 2.1
NT-	Prime & Bond Nano-Tecnologia
MB-	Clearfil Mega Bond
JAD-	Junção amelo dentinária
G-	Grupo
n-	Número de repetições
MEV-	Microscópio Eletrônico de Varredura
MET-	Microscópio Eletrônico de Transmissão
FE-MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura- Emissão de Feixes
KV	Quilovoltagem
n <sup>o</sup>	Número

## V- PALAVRAS ESTRANGEIRAS

et al-	Abreviatura de “ <i>et alii</i> ”- e outros.
Gaps-	Lacuna, vácuo, fenda, brecha, distância mínima entre planos.
Primer-	Agente de união dentinário que contém um ou mais monômeros resinosos, que apresentam grupamentos funcionais hidrófilos e hidrófobos, dissolvidos em solventes orgânicos.
Smear layer-	Camada de debris com aproximadamente 3 $\mu$ m de espessura que se forma na superfície de dentina após seu corte com instrumentos rotatórios e se apresenta parcialmente porosa.
Smear plugs-	Camada de debris depositada no interior do orifício de entrada dos túbulos, obliterando-os parcialmente.
Tag-	Prolongamento resinoso formado no interior dos túbulos.
Stubs-	Suportes metálicos utilizados para fixação das amostras para visualização em microscópio.
Grips-	Mordentes.
Nontrimming-	Versão do teste de microtração na qual uma menor tensão é gerada na interface durante o preparo das amostras.
Dual-	Sistema com ativação química e física.
Cantilever-	Extremo livre.
Microbrush-	Pincel com extremidade pequena utilizado para aplicação de sistemas adesivos.
In vitro-	Experimento realizado em ambiente laboratorial.
In vivo-	Experimento realizado em seres vivos.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do sítio de adesão, dentina acima da região dos cornos pulpare e dentina abaixo da fósula oclusal central, e do tempo de armazenamento em água na resistência à tração de três sistemas adesivos aplicados sob condições de pressão pulpar simulada. Vinte e sete fragmentos dentais foram obtidos de terceiros molares hígidos e recém-extraídos após a remoção do esmalte oclusal e da porção radicular. Posteriormente ao desgaste da superfície em dentina com lixas de SiC 600, os dentes foram divididos em 18 grupos e acoplados ao aparelho que simulou a pressão pulpar positiva de 25 mmHg. Os sistemas Clearfil Mega Bond (MB), Prime & Bond NT (NT) e Prime & Bond 2.1 (PB) foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes, e as superfícies tratadas foram restauradas com o compósito TPH Spectrum. Após o armazenamento em água destilada por 7(A), 60 (B) ou 180 (C) dias, os conjuntos fragmentos dentais/resina composta foram seccionados paralelamente ao seu longo eixo nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual para a obtenção de 407 espécimes com aproximadamente 1mm<sup>2</sup> de área, das regiões de dentina central (DC) e acima dos cornos pulpare (DP), que foram submetidos ao teste de tração realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min. O teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher revelou haver diferenças estatísticas significativas entre os grupos ( $p < 0,05$ ). Os valores em MPa foram: PBDCA- 38,86<sup>a</sup>, PBDCB- 38,48<sup>ab</sup>, PBDCC- 36,81<sup>b</sup>, MBDCB- 34,42<sup>c</sup>, MBDPA- 33,49<sup>cd</sup>, NTDCB- 32,26<sup>cde</sup>, NTDCB- 31,04<sup>def</sup>, NTDCB- 30,74<sup>ef</sup>, PBDPA- 30,04<sup>fg</sup>, PBDPB- 29,0<sup>fg</sup>, NTDPB- 28,08<sup>g</sup>, PBDPC- 21,67<sup>h</sup>, NTDCB- 21,18<sup>h</sup>, NTDCB- 19,03<sup>i</sup>, MBDCB-

## *Resumo*

---

10,40<sup>j</sup>, MBDCC- 8,17<sup>k</sup>, MBDPC- 7,47<sup>k</sup>, MBDPB- 7,36<sup>k</sup>. Através dos resultados obtidos foi possível concluir que os maiores valores de adesão foram apresentados pelo sistema Prime & Bond 2.1, quando aplicado na região central da dentina. Contudo, a resistência desse sistema decresceu significativamente na dentina acima dos cornos pulpares. Por outro lado, os sistemas Clearfil Mega Bond e Prime & Bond NT, apesar de terem apresentado menores valores iniciais de adesão, quando comparados ao sistema Prime & Bond 2.1, não sofreram influência dos sítios de adesão dentinária. Todos os sistemas avaliados apresentaram um decréscimo significativo na resistência à tração após o período de 180 dias de armazenamento em água, com exceção do grupo no qual o sistema Prime & Bond foi aplicado na dentina central.

**PALAVRAS-CHAVE-** Adesivos dentinários; Dentina; Umidade dentinária.

## ABSTRACT

This laboratory study was conducted in order to evaluate the influence of dentin adhesion sites and storage time on the microtensile bond strength of three adhesive systems applied under simulated pulpal pressure. Twenty-seven dental discs were obtained from sound extracted human third molars after the removal of occlusal enamel and the root portion. Dentin surfaces were ground with 600 grit SiC abrasive papers to produce a standardized smear layer thickness. Teeth were randomly divided into eighteen groups and fixed in a device which simulated a 25 mmHg pulpal pressure. Clearfil Mega Bond (MB), Prime & Bond NT (NT) and Prime & Bond 2.1 (PB) adhesive systems were applied following their manufacturers' instructions and the bonded surfaces were restored incrementally with 10 mm high composite crowns (TPH Spectrum). After storage in distilled water for 7 (A), 60 (B) or 180 (C) days, the teeth were serially sectioned parallel to their long axis in a mesio-distal and buccal-lingual directions to obtain  $\pm 1\text{mm}^2$  bonded sticks from the central area of occlusal dentin (CD) and from the area above the pulpal horns (PD). Afterwards, each stick was individually submitted to the tensile test performed at a 0.5 mm/min crosshead speed. Fisher's Least Significant Difference test showed statistically significant differences among groups ( $p < 0.05$ ). Values in MPa were: PBCDA- 38.86<sup>a</sup>, PBCDB- 38.48<sup>ab</sup>, PBCDC- 36.81<sup>b</sup>, MBCDA- 34.42<sup>c</sup>, MBPDA- 33.49<sup>cd</sup>, NTCDA- 32.26<sup>cde</sup>, NTPDA- 31.04<sup>def</sup>, NTCDB- 30.74<sup>ef</sup>, PBPDA- 30.04<sup>fg</sup>, PBPDB- 29.0<sup>fg</sup>, NTPDB- 28.08<sup>g</sup>, PBPDC- 21.67<sup>h</sup>, NTCDC- 21.18<sup>h</sup>, NTPDC- 19.03<sup>i</sup>, MBCDB- 10.40<sup>j</sup>, MBCDC- 8.17<sup>k</sup>, MBPDC- 7.47<sup>k</sup>, MBPDB- 7.36<sup>k</sup>. The results of this study suggest that Prime & Bond 2.1, applied in

## *Abstract*

---

central dentin, showed the highest tensile bond strength values which decreased significantly in pulpal horns dentin. Clearfil Mega Bond and Prime & Bond NT showed lower initial bond strength values when compared to Prime & Bond 2.1, but they were not influenced by dentin sites. All tested systems showed a significant decrease in bond strength after 180 days stored in distilled water, except the group where Prime & Bond 2.1 was applied in central dentin.

**KEY WORDS-** Adhesive systems; Dentin; Dentin moist.

## 1- INTRODUÇÃO

A obtenção de sistemas adesivos que apresentem altos valores iniciais de resistência e promovam o selamento adequado da interface é de essencial relevância clínica, visto que uma união eficaz eliminaria os problemas associados com a infiltração nas margens da restauração, proporcionando o aumento da longevidade da adesão e, conseqüentemente, o decréscimo do ciclo restaurador [SWIFT Jr. et al., 1995].

A adesão ao esmalte tem-se mostrado eficaz e revela grande uniformidade de resultados [SWIFT Jr. et al., 1995; CARVALHO, 1998; PERDIGÃO, 2000]. Apesar da união à dentina ser mais complexa e difícil de ser obtida [SWIFT Jr. et al., 1995; CARVALHO, 1998], devido à sua estrutura morfológicamente heterogênea e fisiologicamente dinâmica causada pelo extravasamento do fluido pulpar, impulsionado à superfície por uma pressão fisiológica positiva de 25 mmHg [MARSHALL Jr., 1993; GALE & DARVELL, 1999], avanços significativos nessa área foram obtidos com a melhor compreensão do substrato dentinário, aumentando a confiabilidade da adesão [SWIFT Jr. et al., 1995; CARVALHO, 1998; PERDIGÃO, 2000].

Dessa maneira, monômeros hidrófilos e solventes orgânicos foram acrescentados à composição dos “primers” dos sistemas adesivos [VAN MEERBEEK et al., 1992], possibilitando a sua aplicação após o condicionamento ácido total [FUSAYAMA et al., 1979], que promove o aumento da permeabilidade dentinária pela remoção da “smear layer” [TAGAMI et al., 1990; TAGAMI et al., 1991; MARSHALL Jr., 1993; GALE & DARVELL, 1999], abertura e alargamento dos túbulos, e exposição das porosidades interfibrilares da rede de colágeno e da hidroxiapatita da dentina basal [NAKABAYASHI et al., 1992; VAN MEERBEEK et al., 1992; PASHLEY et al., 1993; GALE & DARVELL, 1999], por onde os

monômeros resinosos se difundem para a formação da camada híbrida [NAKABAYASHI et al., 1982], que constitui o principal mecanismo de união à dentina e recupera a resistência e rigidez do substrato condicionado [SANO et al., 1995 b].

Para a obtenção de uma união estável e duradoura, é de fundamental importância que uma completa hibridização ocorra, do contrário, há a formação de porosidades ou defeitos nanométricos no interior da camada híbrida [SANO et al., 1994 a; SANO et al., 1995 a; SANO et al., 1995 c] que facilitam, mesmo na ausência de fendas marginais, a infiltração de fluidos orais e enzimas bacterianas que promovem a degradação hidrolítica do colágeno não protegido através da quebra das ligações peptídicas [SANO et al., 1994 a; BURROW et al., 1996; SANO et al., 1999; LUCENA-MARTIN et al., 1999; HASHIMOTO et al., 2000 a], diluição dos monômeros não convertidos [BURROW et al., 1996; SANO et al., 1999] e mudanças na composição química dos polímeros que levam ao afrouxamento da sua rede, cuja intensidade depende da composição do adesivo, ou seja, da concentração de carga, quantidade de silano e do grau de polimerização e ainda da solubilidade e do pH do líquido penetrante [McKINNEY & WU, 1985; FERRACANE & BERGE, 1995; PAUL et al., 1999; HASHIMOTO et al., 2000 a], ocasionando a diminuição da resistência e da longevidade da adesão [BURROW et al., 1993].

Diversos fatores inerentes à estrutura físico-química do aderente e às propriedades intrínsecas dos adesivos podem dificultar a completa penetração dos monômeros no substrato [SÖDERHOLM, 1991; ELIADES, 1994; WALSHAW & McCOMB, 1996; PERDIGÃO et al., 1999; PASHLEY et al., 2000; FRANKENBERGER et al., 2000]. Dessa forma, a dentina deve apresentar-se com permeabilidade satisfatória e suficientemente

úmida para manter íntegro o arcabouço das fibras colágenas [PASHLEY et al., 1993; MACIEL et al., 1996; SÖDERHOLM, 1997; PERDIGÃO et al., 1999; PEREIRA et al., 1999] e permitir a interação do solvente orgânico presente no “primer” com a água contida no substrato [KANCA, 1992], facilitando a penetração dos monômeros sem causar a diluição dos mesmos pelo fenômeno do sobremolhamento [WALSHAW & McCOMB, 1996; TAY et al., 1998; LUCENA-MARTIN et al., 1999]. Além disso, a dentina não deve ser profundamente desmineralizada para que não ocorram discrepâncias entre a profundidade de condicionamento e a profundidade de penetração do adesivo, promovendo a inclusão de áreas defeituosas na adesão [NAKABAYASHI et al., 1992; YOSHIYAMA et al., 1995; PASHLEY & CARVALHO, 1997; PASHLEY et al., 2000; HASHIMOTO et al., 2000 b].

Na tentativa de eliminar os inconvenientes da técnica do condicionamento ácido total causados pela lavagem do ácido e secagem do substrato, foram desenvolvidos os sistemas autocondicionantes através do aumento da concentração de monômeros ácidos em suas composições [SÖDERHOLM, 1997; PERDIGÃO, 2000]. Dessa forma, uma nova abordagem de adesão à dentina foi obtida, uma vez que esses sistemas apresentam um pH baixo suficiente para promover, através da lama dentinária, a formação de canais que facilitam a subsequente penetração e desmineralização da superfície de dentina adjacente [NAKABAYASHI & SAIMI, 1996; GORDAN et al., 1997; HAYAKAWA et al., 1998; GORDAN et al., 1998; TAY et al., 2000 a; TAY et al., 2000 b]. O “primer” ácido contém monômeros resinosos que, simultaneamente à desmineralização, se infiltram na intimidade da dentina, formando um complexo hibridizado, composto por uma camada externa de lama dentinária modificada e,

mais internamente, pela dentina superficial infiltrada, pouco espesso [GORDAN et al., 1997; TAY et al., 2000 a; TAY et al., 2000 b], porém sem discrepâncias entre a profundidade de desmineralização e a profundidade de infiltração dos monômeros, proporcionando valores iniciais satisfatórios de resistência adesiva [GORDAN et al., 1998; MIYASAKA & NAKABAYASHI, 1999; HARADA et al., 2000].

Ainda, com o intuito de proporcionar uma hibridização mais eficaz através de um maior preenchimento dos espaços interfibrilares da dentina descalcificada [MIYAZAKI et al., 1995; BRAGA et al., 2000], foram introduzidos os agentes de união que apresentam partículas de cargas nanométricas em suas composições [LI et al., 2000; SANTINI et al., 2000]. Essas partículas têm a função inicial de penetrar nos espaços entre as fibras colágenas, preenchendo essas porosidades [BRAGA et al., 2000], atuando como um reforço adicional [LI et al., 2000; BRAGA et al., 2000]. Além disso, a incorporação de cargas promove um aumento significativo na viscosidade do sistema adesivo [MIYASAKI et al., 1995] que, por sua vez, ocasiona uma maior espessura do mesmo nas paredes da cavidade, tornando a interface mais resiliente e capaz de absorver as tensões geradas na contração de polimerização do compósito restaurador, mantendo, dessa maneira, a integridade das margens da restauração [UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; BRAGA et al., 2000].

O comportamento inicial dos adesivos dentinários tem-se mostrado satisfatório quando empregados corretamente dentro de suas técnicas, contudo, a atuação dos mesmos, frente à heterogeneidade do substrato dentinário e à agressividade do meio bucal, ainda é um desafio. Devido aos problemas que a infiltração de fluidos e enzimas pode ocasionar na adesão e, conseqüentemente, na longevidade da

restauração, torna-se evidente a importância de avaliar o comportamento de sistemas adesivos com diferentes composições e métodos de aplicação em função dos sítios de adesão da dentina e do tempo de armazenamento.

## 2- REVISÃO DA LITERATURA

Investigando a variação que diversos fatores podem causar na permeabilidade da dentina humana, OUTHWAITE, LIVINGSTON & PASHLEY, em 1976, observaram que o aumento da área de superfície avaliada, da temperatura e da profundidade promoveram o aumento da permeação da solução com isótopos radioativos através do substrato dentinário, enquanto o tempo pós-extração não influenciou na permeabilidade do mesmo. Os autores concluíram que o decréscimo da tortuosidade e o aumento do diâmetro e da quantidade de túbulos por área, somados à maior energia de superfície gerada pelo calor, foram os principais fatores que facilitaram a difusão através da dentina e sugeriram a realização de trabalhos “in vivo” para a comparação dos resultados.

FUSAYAMA et al., em 1979, avaliaram a resistência adesiva do sistema Clearfil Bond System-F e a compararam com as resinas Adaptic Total System, Concise Enamel Bond e Palakav, através de um aparato desenvolvido para ser empregado no teste de resistência à tração. Foram utilizadas as superfícies vestibulares de incisivos centrais superiores e oclusais de molares humanos, sendo que, na metade das amostras de cada grupo, o esmalte e a dentina foram condicionados com ácido fosfórico a 40% por 60 segundos antes da inserção dos materiais. As amostras ficaram armazenadas em água a 37°C por 1 semana, 1 ou 3 meses, antes de serem submetidas ao teste de tração. Os autores concluíram que o sistema Clearfil Bond System-F apresentou valores mais altos de adesão do que os outros sistemas avaliados

tanto para o substrato dentinário quanto para o esmalte, e, o condicionamento ácido total promoveu um aumento considerável da resistência adesiva.

Para avaliar a importância da penetração de monômeros no substrato dental, NAKABAYASHI, et al., em 1982, empregaram a resina 4-META em superfícies de esmalte e dentina condicionadas com soluções de ácido cítrico e cloreto férrico a 1% ou a 10 e 3% (solução 10/3) respectivamente por 30 segundos. Após a cimentação de cilindros de resina acrílica e estocagem por 24 h em água destilada a 37°C, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de tração a uma velocidade de 2 mm/min. A média da resistência adesiva foi de 18 MPa na dentina condicionada. A análise em MEV sugeriu que os monômeros possuem afinidade pelo tecido dentinário, uma vez que os mesmos infiltraram na dentina intratubular e intertubular. Os autores concluíram que os substratos dentais desmineralizados podem ser reforçados por monômeros com grupamentos hidrófilos e hidrófobos, promovendo uma adesão confiável após a polimerização dos mesmos.

Baseados na hipótese de que a difusão da água e de outras enzimas presentes na cavidade bucal, através da restauração de compósito, pode causar a liberação de íons das partículas de carga, promovendo, com o tempo, a degradação hidrolítica da restauração, SÖDERHOLM et al., em 1984, realizaram um estudo no qual pastilhas confeccionadas a partir de três compósitos para restaurações posteriores- P-10, Profile e Class II e de uma resina microparticulada- Isopast, foram armazenadas separadamente em tubos contendo 7,0 ml de água destilada por 30 dias. Findo essa

etapa, as amostras foram transferidas para novos tubos para permanecerem armazenadas por mais 30 dias. Esse procedimento foi repetido por seis vezes. A concentração de íons liberados na água foi determinada através de espectrofotômetro de absorção atômica, e a topografia da superfície das amostras e os sinais de degradação hidrolítica foram avaliados em MEV. Todos os materiais liberaram silício nos diferentes períodos de armazenamento, indicando que a degradação hidrolítica ocorre não somente nas partículas de carga expostas na superfície, mas também naquelas presentes no interior da matriz do compósito, uma vez que para essas partículas o processo de liberação ocorreu tardiamente devido à lenta difusão da água pelo corpo da restauração. A presença de microfraturas foi observada nos materiais que apresentaram uma maior liberação de íons, visto que nessas amostras a penetração da água gerou uma pressão osmótica que causou a expansão do compósito e, como consequência, a formação de trincas em sua superfície. Os autores concluíram que, dos materiais investigados, a resina microparticulada apresentou a maior estabilidade no ambiente úmido.

Para determinar quais os efeitos do amaciamento químico causado por fluidos bucais simulados na resistência ao desgaste e na dureza de resinas compostas, MCKINNEY & WU, em 1985, utilizaram os compósitos quimicamente ativados Adaptic, Profile e Silar, e o sistema fotoativado Prisma-Fil, na confecção de discos que, após o polimento superficial, foram armazenados em soluções com diferentes parâmetros de solubilidade por 7 dias a 37°C. Os resultados obtidos revelaram que todos os materiais avaliados apresentaram um decréscimo da dureza Knoop,

principalmente quando foram armazenados em solução de etanol a 75% em água, cuja solubilidade é suficiente para causar um afrouxamento da rede de polímeros dos materiais à base de Bis-GMA. Todos os fluidos bucais que apresentem este padrão de solubilidade podem causar a deterioração dos compósitos, sendo que a extensão da mesma depende do padrão de difusão que está intimamente relacionado com o peso molecular do líquido penetrante. Devido à grande homogeneidade do compósito fotoativado, sua superfície altamente polimerizada apresentou uma maior resistência ao desgaste, contudo, essa resistência diminuiu nas camadas mais profundas de resina nas quais a incidência de luz foi menor.

PASHLEY et al., em 1987, realizaram um estudo sobre a variabilidade da permeabilidade dos diferentes sítios da dentina humana, avaliada qualitativamente através do uso de corantes e quantitativamente pela condução hidráulica. Os autores revelaram que a área da superfície, a proximidade à polpa, a espessura e a presença ou não da “smear layer” são determinantes da permeabilidade da dentina, sendo que a dentina profunda, próxima aos cornos pulpares, descoberta pela camada de debris, apresentou maior extravasamento de fluidos devido à maior quantidade de túbulos por área de superfície que, por sua vez, são mais calibrosos e podem causar uma redução nos valores de adesão.

Sabendo que a não simulação da pressão pulpar fisiológica limita os resultados dos testes que avaliam a adesão, TERKLA et al., em 1987, realizaram um estudo no qual a capacidade de selamento de materiais restauradores foi avaliada sob a

influência do extravasamento de líquidos. Terceiros molares humanos foram acoplados a um aparelho que simula a pressão pulpar positiva de 25 mmHg através de um reservatório de fluidos, localizado a 34 cm acima das amostras, preenchido com solução fosfato-tamponada de Sorensen. A permeabilidade foi medida com o dente intacto, após o preparo de cavidades oclusais classe I e após cada passo do procedimento restaurador realizado com os compósitos P-30 e Heliomolar e seus sistemas de adesão. Findo o período de 14 e 28 dias armazenados em solução fosfato tamponada, os dentes restaurados foram conectados mais uma vez no aparelho e a permeabilidade foi novamente medida. Através desse estudo foi possível verificar que nenhum dos materiais restauradores selou a cavidade completamente, uma vez que a permeabilidade dentinária não foi 100% reduzida, e ainda que não houve diferença significativa para a permeabilidade medida após os diferentes períodos de tempo. Os autores concluíram que esse fato pode ter ocorrido devido à precipitação de cristais provenientes da solução armazenadora que vedaram a interface e a entrada dos túbulos, reduzindo a permeabilidade do dente restaurado, promovendo um resultado contrário ao esperado, uma vez que o armazenamento das restaurações pode ocasionar a deterioração da integridade da interface.

Para determinar quais são os efeitos da adesão à dentina sob condições fisiológicas de permeabilidade, pressão pulpar e umidade, MITCHEM, TERKLA & GRONAS, em 1988, utilizaram um aparato que simula a pressão pulpar fisiológica de 25 mmHg na adesão dos sistemas Scotchbond, Tenure e Gluma à dentina úmida através de dois testes: Monitorado, no qual a simulação da pressão pulpar foi realizada

através de um aparato mais complexo, e Estático, no qual a mesma foi simulada através de um aparato simplificado, em que a câmara pulpar dos dentes testados foi preenchida com água e conectada, através de um tubo, a um reservatório de água fixado a 34 cm de altura acima das amostras. Os resultados obtidos para esses adesivos revelaram que os valores de adesão à dentina diminuíram quando esta manteve suas condições fisiológicas, uma vez que a característica de hidrofobia dos mesmos é incompatível com a umidade da superfície. Foi observado ainda que a espessura da dentina varia consideravelmente na superfície oclusal, ocasionando uma maior permeabilidade e umidade acima dos cornos pulpares, o que também implicou na variação dos valores de adesão apresentados pelo teste monitorado.

A correlação entre a permeabilidade e a profundidade dentinária com a resistência adesiva de sistemas resinosos à dentina foi estudada por TAGAMI, TAO & PASHLEY, em 1990. Porções coronárias de incisivos bovinos foram conectadas a um aparato para medir a permeabilidade da dentina através da condução hidráulica em função da sua profundidade e do tratamento superficial recebido. Em seguida, os dentes foram divididos em três grupos de acordo com o sistema adesivo empregado: G1- Scotchbond/Silux sem tratamento dentinário; G2- Clearfil New Bond autopolimerizável/Clearfil FII e dentina condicionada com ácido fosfórico a 37% por 60 segundos; G3- Superbond C&B/Clearfil FII e dentina condicionada com solução 10/3 por 30 segundos. Os resultados demonstraram que a relação entre permeabilidade e profundidade dentinária depende da presença ou não da “smear layer”. Quando a “smear” estava presente (G1), não houve uma redução significativa

da adesão com o aumento da profundidade dentinária, uma vez que a permeabilidade se manteve baixa e quase inalterada. Após a sua remoção (G2 e G3), ocorreu uma relação inversa entre permeabilidade/espessura dentinária e adesão, sendo a união à dentina superficial significativamente maior e mais resistente à hidrólise do que à dentina profunda, que apresenta um maior número de túbulos e, devido a isso, é mais úmida e difícil de penetrar.

TAGAMI et al., em 1991, avaliaram o efeito da “smear layer”, criada através do preparo da superfície dentinária com pontas diamantadas e lixas de carbureto de silício, na permeabilidade desse substrato. Após a remoção do esmalte oclusal e da porção radicular, terceiros molares inclusos foram acoplados a um aparato para a medição da condução hidráulica da dentina. A lama dentinária, criada pela ação do primeiro corte, foi removida através do uso de EDTA a 0,5 M, pH 7,4, para medir-se a permeabilidade da dentina livre dessa película. Feito isso, medidas foram tomadas após o preparo da superfície com ponta diamantada número 703-8F com ou sem irrigação, após o desgaste com lixas de carbureto de silício granulação 80 e, ainda, após o tratamento da “smear”, gerada por esses abrasivos, com ácido fosfórico gel a 37% e solução 10/3. A influência da “smear layer” criada dessas três formas ainda foi avaliada através da resistência ao cisalhamento dos sistemas adesivos Scotchbond DC e Clearfil PhotoBond. Os autores observaram que na presença da lama dentinária a permeabilidade do substrato foi drasticamente reduzida, porém, esta foi recuperada pelo tratamento com as soluções ácidas, sendo que o ácido fosfórico foi mais eficaz no aumento da condução hidráulica. Os maiores valores de resistência adesiva foram

obtidos quando os adesivos foram aplicados à dentina preparada com ponta diamantada com refrigeração, contudo, em relação à adesão, diferenças na espessura da película de debris não foram importantes quando a superfície foi condicionada com ácido fosfórico. Os autores ainda concluíram que a “smear layer” criada pela lixa foi muito similar à gerada pela ponta diamantada, o que valida seu uso no preparo de superfície para testes laboratoriais.

Com o objetivo de avaliar o efeito da pressão pulpar, da profundidade da dentina e do tempo de armazenamento na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos e cimentos ionoméricos, PRATI, PASHLEY & MONTANARI, em 1991, realizaram um estudo no qual terceiros molares foram conectados a um aparato que simula a pressão pulpar através de uma coluna de solução salina com 36 cm de altura. A superfície vestibular coronária de cada dente foi desgastada em duas profundidades distintas para a obtenção das dentinas superficial e profunda, nas quais os sistemas Clearfil Photo-Bond (CPB); Gluma Bond primer/Scotchbond DC (GBP); Metafil Bonding Liner (MBL); Scotchbond 2 (SB2); GC lining cement (GCL); Vitrabond (VB) e Ziomomer (ZM) foram aplicados. Após a confecção de cilindros do material restaurador correspondente e armazenamento em ambiente úmido por 5 min ou por 24 h, as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados revelaram que, após 24 h, na dentina superficial, a pressão pulpar reduziu significativamente os valores de adesão dos sistemas MBL, SB2 e ZM, a resistência do sistema CPB aumentou enquanto as dos sistemas VB, GCL e GBP se mantiveram inalteradas. Na dentina profunda os valores de adesão dos sistemas SB2 e CPB foram

significativamente reduzidos na presença da pressão pulpar simulada, uma vez que a mesma é mais permeável e sofre maior influência do fluido pulpar, que sob pressão, possivelmente impediu a completa infiltração do adesivo na dentina desmineralizada, reduzindo, assim, a adesão de alguns sistemas, tornando-o mais susceptível à hidrólise.

SÖDERHOLM, em 1991, através de uma revisão, identificou os parâmetros que são clinicamente relevantes e devem ser reproduzidos nos testes laboratoriais. O autor observou que o armazenamento dos espécimes por longos períodos de tempo e a simulação da pressão pulpar positiva são procedimentos extremamente importantes, ao contrário da termociclagem, na avaliação da longevidade da adesão, visto que a água, ao se difundir através da interface adesiva pode ocasionar a degradação hidrolítica da rede polimérica ou da cadeia peptídica do colágeno exposto, resultando no decréscimo dos valores de resistência. Foi observado ainda que o aumento da umidade promovido pela pressão fisiológica de 25 mmHg, associado ao aumento da permeabilidade, principalmente da dentina profunda, pode interferir no mecanismo de adesão. Porém, esse fato está intimamente relacionado com as propriedades do sistema adesivo tais como hidrofília, presença ou não de solventes orgânicos e com o tipo de tratamento da lama dentinária.

RETIEF, no mesmo ano, realizou uma revisão da literatura sobre os testes laboratoriais de adesão na qual foi observado que os ensaios de cisalhamento e tração são os mais utilizados para a avaliação da resistência adesiva, sendo os dentes humanos, armazenados em solução salina, cloramina ou formol por até 6 meses,

preferidos aos bovinos na realização dos procedimentos restauradores. A dentina oclusal desgastada com lixas de carbureto de silício 180 e polida com lixas granulação 600 foi o substrato mais utilizado na maioria dos trabalhos avaliados, sendo a espessura de dentina remanescente, após o preparo da superfície, um parâmetro crítico que afeta a resistência adesiva, uma vez que o diâmetro, a densidade dos túbulos e a quantidade de dentina intertubular variam demasiadamente em diferentes sítios desse substrato. Dessa forma, é de extrema importância a padronização da dentina para que a variabilidade do experimento seja reduzida. Outro fator crítico na realização dos procedimentos restauradores é a espessura do adesivo após sua aplicação, pois uma camada espessa confere uma maior elasticidade à adesão, apesar de promover uma maior contração volumétrica do adesivo. O autor observou através desse estudo que não há uma padronização dos testes laboratoriais de adesão devido à grande variação das metodologias empregadas e, por isso, os resultados obtidos nos diferentes trabalhos não podem ser comparados.

Sabendo que os valores de adesão variam de acordo com a localização da dentina, PERINKA, SANO & HOSADA, em 1992, avaliaram a relação entre resistência à tração de sistemas adesivos com 3 características da dentina: espessura, concentração de cálcio e dureza. Superfícies vestibulares em dentina bovina foram obtidas através do desgaste com lixas de carbureto de silício granulação 600 para a aplicação dos sistemas Clearfil New Bond/ácido fosfórico 37% (G1); Clearfil Photo Bond/ácido fosfórico 37% (G2); Scotchbond 2/Scotchprep (G3); “Primer” experimental à base de NMSA a 3%/solução 10/3 (G4). Após o teste, a dentina das

amostras fraturadas foi preparada para avaliação da dureza Knoop, da espessura através de um micrômetro, e com auxílio de um Raio-x de energia dispersiva foi avaliada a quantidade de cálcio. Os grupos G1 e G2 mostraram uma correlação significativa entre a resistência à tração e a concentração de cálcio, visto que os grupos fosfatados dos ésteres do ácido fosfórico apresentaram uma interação química com os íons cálcio da dentina. O G4 apresentou a maior média de adesão devido ao embricamento mecânico satisfatório entre o “primer” à base de MNSA com as fibras colágenas expandidas pela solução 10/3, ao ponto da correlação entre a resistência adesiva e a espessura de dentina ter sido significativa. O G3 não apresentou relação com as características dentinárias, provavelmente devido à ausência do condicionamento da superfície. Os autores concluíram que uma adesão forte depende principalmente da quantidade e da qualidade das fibras colágenas, visto que, quando a espessura da dentina foi comparada com a concentração de cálcio, nenhuma correlação foi observada, ou seja, mesmo na dentina profunda, na qual os valores de adesão foram inferiores, a quantidade de cálcio é satisfatória devido à presença da dentina peritubular hipermineralizada.

NAKABAYASHI, ASHIZAWA & NAKAMURA, em 1992, avaliaram a resistência adesiva da resina 4 META/MMA-TBB e a influência do tempo de aplicação da solução 10/3 na dentina humana cariada e não cariada “in vivo”. Foram utilizados dentes condenados à extração por problemas periodontais, cujas superfícies em dentina foram condicionadas com essa solução por 10 ou 30 segundos, lavadas com água e secadas com ar por 30 segundos. Foi aplicado o sistema adesivo Superbond

C&B e, imediatamente após, os dentes foram extraídos para a observação em MET. Os procedimentos restauradores foram realizados com os dentes devidamente anestesiados. O exame microscópico revelou que a profundidade de desmineralização da dentina cariada (3-4  $\mu\text{m}$ ) foi maior do que da dentina íntegra (2  $\mu\text{m}$ ). Houve a formação da camada híbrida em todas as condições testadas pela impregnação do adesivo nas fibras colágenas e, nos casos mais favoráveis, pelo encapsulamento também da hidroxiapatita da dentina basal parcialmente desmineralizada. Foi ainda observado nas amostras condicionadas por um maior período de tempo, uma zona de colágeno exposta e não encapsulada pelo adesivo. Devido a isso, os autores concluíram que, para a formação de uma camada híbrida “in vivo” sem defeitos, deve-se evitar o condicionamento da dentina por um tempo prolongado para que a profundidade de desmineralização não seja maior do que a penetração do adesivo, ocasionando a degradação da adesão através da hidrólise da cadeia de peptídeos das fibras colágenas.

Com o propósito de examinar o efeito da secagem dentinária na resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo que utiliza o condicionamento ácido total, KANCA, em 1992, utilizou molares humanos recém-extraídos, que foram divididos em 6 grupos de acordo com o método de secagem dentinária, concentração e tempo de aplicação do ácido. Nos grupos 1 e 4 a dentina foi secada com jatos de ar durante 10 segundos a uma distância de 2 cm; no grupo 2 a dentina foi secada com jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 2 cm; nos grupos 3 e 5 a dentina foi secada com

papel absorvente apenas para a remoção do excesso de água; no grupo 6 a superfície de esmalte foi secada com jatos de ar. Os métodos de secagem foram empregados após aplicação e lavagem do ácido fosfórico a 10% por 30 segundos nos grupos 1, 2 e 3 e ácido fosfórico a 32% por 15 segundos nos grupos 4, 5 e 6. Após esses procedimentos o sistema adesivo All Bond foi aplicado e cilindros de compósito foram confeccionados para o teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados obtidos demonstraram que a média dos valores de adesão do grupo 4 (3,35 MPa) foi a mais baixa, apresentando diferença estatística significativa das médias dos grupos 1 (16,38 MPa) e 2 (16,11 MPa), que não foram estatisticamente diferentes entre si, mas foram significativamente menores do que as dos grupos 3 (29,34 MPa), 5 (25,01 MPa) e 6 (30,43 MPa)- esmalte. O autor concluiu que a explicação para valores mais altos de resistência adesiva e melhor adaptação do sistema à dentina úmida está na interação da água contida no substrato com solventes orgânicos presentes nos adesivos. A acetona faz com que a pressão de vapor da água aumente, volatilizando parte desta, e ainda reduz a tensão superficial da mesma, facilitando o molhamento e penetração do “primer” na superfície condicionada. Essa interação do solvente com a água não acontece quando a dentina está desidratada, causando uma redução dos valores de adesão.

VAN MEERBEEK et al., em 1992, avaliaram, através de uma revisão, os fatores que afetam a adesão aos tecidos mineralizados. Foi concluído que as variáveis relacionadas com a estrutura físico-química dos aderentes tais como umidade, permeabilidade e localização influenciam demasiadamente a adesão. Dessa forma, é

importante que o substrato dentinário seja condicionado para que haja a abertura dos túbulos e exposição das fibras colágenas facilitando a infiltração do “primer” que promove o aumento da energia da superfície, favorecendo a molhabilidade e facilitando a penetração do adesivo que, por sua vez, deve apresentar baixa viscosidade, hidrofília, alta resistência coesiva, pouca contração de polimerização e baixo módulo de elasticidade, o que favorece o aumento da elasticidade do mesmo. Os autores observaram ainda que os sistemas com alto conteúdo de carga e alto módulo de elasticidade apresentaram menor contração volumétrica, contudo a tensão de contração gerada durante a polimerização é maior, podendo afetar a integridade da interface dente/material restaurador.

Através da observação de que o elo fraco da adesão se encontra na camada basal de dentina desmineralizada não penetrada por resina, WATANABE & NAKABAYASHI, em 1993, investigaram a durabilidade da adesão de um sistema adesivo aplicado diretamente sobre a dentina bovina não condicionada, coberta com a lama dentinária. O composto, à base de 5% em peso de 2-fenil-P, 0,5% de CQ e 0,5% de NPG dissolvidos em TEGDMA, foi aplicado sobre a superfície dentinária intacta, deixado em repouso durante 60 segundos e fotoativado por 60 segundos. Após a inserção da resina composta, as amostras foram armazenadas em água por 24 h, 6 meses e 1 ano antes da realização do teste de tração. As amostras fraturadas foram observadas em MEV e em MET. Os resultados obtidos revelaram um decréscimo significativo dos valores de adesão após 6 meses e 1 ano de avaliação, e a fratura dos espécimes ocorreu principalmente entre a “smear layer” e a dentina

subjacente. Os autores concluíram que a imersão em água por um longo período de tempo enfraqueceu a união do sistema utilizado com a dentina, uma vez que a difusão do adesivo foi insuficiente através da lama dentinária retida e conseqüentemente a pouca quantidade de monômeros presentes no substrato dentinário foi facilmente degradada pela ação da água.

Ao estudar a influência da solução e do tempo de armazenamento nas características dos dentes utilizados para os testes “in vitro”, GOODIS et al., em 1993, observaram que as soluções à base de água destilada promoveram um aumento da permeabilidade da dentina com o aumento do tempo de armazenamento, enquanto a solução salina apresentou efeito inverso, provavelmente devido à deposição de precipitados de sais na embocadura dos túbulos. As soluções mais estáveis foram as fixadoras, como o etanol 70% e o formol 10%. Por outro lado, a resistência adesiva do sistema Scotchbond 2 não foi afetada por essas variáveis, com exceção dos dentes armazenados em solução salina, que apresentaram valores mais altos de adesão após o período de 6 meses e, devido a isso, os autores concluíram que essa solução não deve ser utilizada como meio de estocagem de dentes.

Devido à necessidade de se obter mais informações a respeito da longevidade da adesão em função da degradação hidrolítica, BURROW, TAGAMI & HOSODA, em 1993, testaram os sistemas Clearfil Photo Bond, Super Bond D-Liner (quimicamente ativado), KB-100 (experimental), aplicados à dentina bovina previamente tratada com ácido fosfórico a 37%, agente CA, solução 10/3 ou “primer”

do sistema KB-100- solução de fenil-P, NMSA e HEMA, de acordo com cada grupo experimental. Em alguns grupos a resina intermediária Protect Liner foi inserida após a hibridização. Os dentes restaurados com cilindros de compósito foram armazenados em água tamponada por 24 h, 1, 3, 6 e 12 meses antes do teste de tração e avaliação em MEV. O armazenamento por maiores períodos de tempo promoveu o aumento de fraturas dos espécimes nos componentes resinosos e um decréscimo nos resultados de resistência adesiva, com exceção do sistema autocondicionante (KB-100), cujos resultados foram estáveis devido à sua simplicidade de técnica. Por outro lado, esse sistema apresentou uma característica única na qual a maior parte das fraturas ocorreu entre o adesivo e a resina composta. Isso provavelmente se deve à fraca adesão entre os dois materiais, uma vez que a restrita penetração do adesivo no substrato ocasiona uma limitada disponibilidade de radicais livres para se unir aos da resina, proporcionando uma união química inferior à ideal, tornando o sistema mais susceptível à degradação hidrolítica. Os autores concluíram que, para testar a longevidade da adesão, é de fundamental importância que as amostras sejam armazenadas em soluções controladas por longos períodos de tempo para que ocorra a absorção de água na área adesiva e degradação hidrolítica, uma vez que tais fatores não podem ser observados unicamente através da ciclagem térmica.

A importância da natureza hidrófila dos sistemas adesivos frente ao aumento da umidade foi mostrada em 1993, por DAVIDSON, ABDALLA & DE GEE, através de um estudo “in vitro”, no qual segmentos coronários de molares humanos com 2,5 a 3 mm de espessura remanescentes de dentina polida com lixas SiC 600 foram

conectados, através de tubos plásticos, a uma coluna de água para produzir uma pressão de 36 cmH<sub>2</sub>O na superfície dentinária. Dezesseis amostras foram preparadas para cada material, sendo que em 8 a adesão foi realizada com a pressão pulpar simulada na dentina úmida e na outra metade, na dentina secada com jatos de ar por 2 a 5 min. Oito amostras adicionais foram preparadas sem pressão pulpar, para serem submetidas à termociclagem. O sistema Clearfil Liner Bond (CLB) foi o que apresentou os maiores valores de resistência ao cisalhamento, seguido do Tenure (TN), All Bond 2 (AB2), Clearfil Photo Bond (CPB), PUB 2, XR Bond (XR), Syntac (SY), Scotchbond 2 (SB2) e Pertac (PT). A simulação da pressão pulpar não causou o decréscimo da adesão na dentina intermediária para os sistemas CLB, XR e PT, sendo que o mesmo não aconteceu para os sistemas AB2, PUB2, SB2 e SY, possivelmente devido à menor polimerização desses sistemas frente ao aumento da umidade ou devido à presença de monômeros menos hidrófilos em suas composições. Valores mais altos de resistência foram observados quando a adesão foi realizada no substrato úmido e a aplicação de tensões térmicas apresentou maior influência nos resultados dos adesivos que não removeram a “smear layer”.

ØILO, em 1993, discutiu, em uma revisão de literatura, a adesão e os fatores que influenciam os testes mecânicos de adesão. Foi relatado que a resistência adesiva, que é a força por unidade de área requerida para fraturar uma união, sofre uma grande variação de acordo com os testes aplicados “in vitro”, e 3 fatores principais apresentam importante influência nos resultados obtidos: a área utilizada para a adesão e o tipo de aplicação da força, sendo que os testes de tração e cisalhamento

são os mais utilizados e áreas menores apresentam maiores resultados; a qualidade do substrato, em que se deve dar preferência a dentes humanos armazenados no máximo até 6 meses e ao emprego da dentina superficial vestibular, lingual ou palatina, uma vez que essas superfícies possuem menor variação de permeabilidade, e da área ocupada pelos túbulos; e as condições de armazenamento dos corpos-de-prova para avaliar a durabilidade da adesão, que pode ser a curto prazo, em água a 37°C por 24 h ou a longo prazo, em água a 37°C por 6 meses. O autor concluiu que há a necessidade de padronizar os testes e sugeriu as normas da “International Organisation for Standardisation” (ISO 11405) para isto.

Com o propósito de comparar a morfologia de dentes fraturados com a da superfície dentinária coberta com a “smear layer” através do uso do MEV, PASHLEY et al., em 1993, utilizaram terceiros molares que foram divididos em 4 grupos: G1- dentina fraturada e mantida úmida; G2- dentina fraturada e secada com ar; G3- dentina com “smear layer” e mantida úmida; G4- dentina com “smear layer” e secada com ar. Em metade das amostras de cada grupo foi realizado o condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 30 s. Através do uso do MEV, foi possível observar mudanças físicas significativas na dentina após o seu condicionamento, tais como: alargamento dos túbulos pela desmineralização da matriz peritubular, aumento das porosidades da matriz intertubular e exposição das fibras colágenas a uma profundidade que variou de 5 a 10 µm. As amostras condicionadas e secadas com ar (grupos 2 e 4) apresentaram um colágeno colapsado, condensado, com fibras

fusionadas e redução dos espaços e canais interfibrilares. Essas alterações foram ocasionadas pela evaporação da água que proporcionava o suporte físico para as fibras, após a remoção dos minerais pelo ácido. Nos grupos 1 e 3, nos quais a dentina condicionada foi mantida úmida, foi possível observar a desmineralização da sua superfície, a abertura dos túbulos e a manutenção do arcabouço das fibras colágenas intacto, com a presença de canais e de poros entre os mesmos. Os autores concluíram que a manutenção do substrato úmido, após o condicionamento ácido, é de fundamental importância para que as fibras colágenas permaneçam na sua conformação física original, favorecendo a total penetração e ocupação do adesivo dentinário nos espaços que anteriormente eram preenchidos por minerais, formando a camada híbrida, que é o principal mecanismo de adesão.

Devido à grande importância do substrato dentinário para a odontologia restauradora, MARSHALL Jr., em 1993, realizou uma revisão sobre suas características, propriedades e microestrutura. A dentina é um tecido hidratado de composição química e física complexa, formado por vários elementos como túbulos cercados por uma dentina altamente mineralizada peritubular, uma matriz intertubular, fibras colágenas embebidas em cristais de apatita, fluidos dentinários e outras proteínas não colágenas. Esse substrato é composto por 50% em volume de minerais, 30% de matéria orgânica e 20% de água, apresentando mudanças estruturais e de permeabilidade marcantes de acordo com sua localização e profundidade. A área ocupada pelos túbulos e seu diâmetro variam de 22% e 2,5  $\mu\text{m}$  perto da polpa, sendo

essa região mais permeável, para 1% e 0,8  $\mu\text{m}$  próximo da junção amelo-dentinária. As variações na permeabilidade da dentina ocorrem por diferenças regionais, irregularidades tubulares associadas a depósitos minerais, componentes orgânicos dos processos odontoblastos e ainda devido à própria conformação tubular que varia em relação à tortuosidade. Em adição, um extravasamento do fluido dentinário ocorre em função de uma pressão pulpar positiva através dos túbulos, o que mantém a dentina constantemente em um estado hidratado, sendo a dentina profunda mais úmida. A união à dentina ocorre basicamente pela retenção micromecânica, através da formação da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos, porém a variação morfológica e estrutural da dentina auxilia na variabilidade dos resultados de adesão, que normalmente têm se mostrado maiores na dentina superficial do que na dentina profunda. Contudo, o mecanismo de retenção micromecânica depende também das características dos sistemas adesivos que devem ser satisfatórias para a penetração dos seus monômeros na totalidade do substrato descalcificado.

Com o objetivo de examinar e localizar a microinfiltração através da camada híbrida, SANO et al., em 1994 a, utilizaram o MEV para investigar a infiltração do corante nitrato de prata em cavidades classe V confeccionadas em dentina bovina, condicionadas com ácido fosfórico gel a 37% por 40 segundos, lavadas e secadas com jatos de ar por 10 segundos e posteriormente restauradas com o sistema Clearfil Photo Bond/Clearfil Brighth. Foi observada a ausência de fendas marginais em todas as interfaces adesivas das restaurações, possivelmente devido à maior espessura do

adesivo nessa área que promoveu um aumento da elasticidade da restauração. Apesar disso, houve a presença de nitrato de prata entre a camada híbrida e a dentina desmineralizada que não foi penetrada pelo adesivo, sugerindo, assim, um novo padrão de microinfiltração que, segundo os autores, pode afetar a durabilidade da adesão através da hidrólise do colágeno exposto.

Devido à importância clínica de se testar a adesão regional em pequenas áreas de dentina, SANO et al., em 1994 b, realizaram um estudo para avaliar a relação entre a área de superfície com a resistência de sistemas adesivos. O esmalte oclusal de 20 terceiros molares foi removido e as superfícies em dentina foram polidas com lixas de SiC 600 para a aplicação dos sistemas Scotchbond Multi Uso/ácido maleico 10% (SBMU), Clearfil Liner Bond 2/autocondicionante (CLB2) e Vitremer (VT). Coroas com 5 mm de altura foram construídas com compósito ou com ionômero de vidro e, após armazenamento por 24 h em água, os dentes restaurados foram seccionados no sentido do seu longo eixo, e a interface dente/restauração das fatias obtidas foram desgastadas com pontas diamantadas até a obtenção de áreas adesivas com diferentes diâmetros que foram submetidas ao teste de tração. Os resultados revelaram que houve uma relação inversa entre o tamanho da área com a resistência adesiva para os 3 sistemas avaliados, uma vez que áreas menores apresentaram maiores valores de adesão devido à menor incorporação de defeitos. O sistema CLB2 apresentou os maiores valores de resistência, seguido pelo SBMU e VT. Os autores concluíram que o teste de microtração, além de promover fraturas de natureza adesiva na maioria dos

espécimes com áreas inferiores a 1 mm<sup>2</sup>, permite ainda a utilização de um único dente no preparo de várias amostras, o que facilita a realização dos ensaios laboratoriais.

Para avaliar a influência das variáveis profundidade e maturidade dentinária na resistência ao cisalhamento de 3 sistemas adesivos, BURROW et al., em 1994, utilizaram discos de dentina superficial ou profunda obtidos de molares humanos extraídos de pacientes jovens (menos de 30 anos) e idosos (mais de 50 anos), nos quais foram aplicados os sistemas adesivos Scotchbond Multi Uso (SBMU), Superbond D-liner (SBDL) e o Clearfil Liner Bond 2 (CLB2) de acordo com as instruções dos fabricantes, para a realização do teste de resistência ao cisalhamento e avaliação através de MEV. Os resultados revelaram que a profundidade e a idade dentinária não influenciaram na resistência dos sistemas adesivos avaliados, apesar de um leve decréscimo das médias na dentina profunda. Houve a formação de uma camada híbrida espessa para o SBMU e para o SBDL, quando comparados ao sistema autocondicionante que apresentou uma zona mais fina e mais difusa, apesar dos valores iniciais de adesão não terem apresentado diferença estatística significativa, o que fez com que os autores concluíssem que a qualidade, e não a espessura da camada híbrida, é o fator mais importante para a resistência adesiva. Contudo, mais estudos devem ser realizados para avaliar a longevidade da união.

A “smear layer” é uma camada porosa que permite a difusão de água e outros solutos, apesar de diminuir intensamente a energia de superfície e a permeabilidade da dentina, prejudicando a adesão. Devido a isso, foram lançadas no mercado várias

gerações de adesivos cujos mecanismos de ação se diferenciavam de acordo com o tratamento dessa camada de debris. Mais recentemente surgiram os sistemas que apresentam altas concentrações de componentes ácidos que têm a função de promover o aumento do padrão de difusão de monômeros através da “smear” e da dentina subjacente. Esses sistemas foram avaliados em um estudo realizado por WATANABE, NAKABAYASHI & PASHLEY, em 1994, no qual o principal objetivo foi observar, através de MET, a camada híbrida formada por essas resinas experimentais. Superfícies em dentina bovina foram polidas seqüencialmente por 10 segundos com lixas de SiC 600 para a padronização da espessura da lama dentinária e posteriormente divididas em 6 grupos (n=5) de acordo com a concentração de fenil-P- 0, 5, 10, 20, 30 e 40%- utilizada em solução de 70% de água e 30% de HEMA para o teste tração. Outras amostras foram confeccionadas para avaliação microscópica nas quais “primers” com as mesmas concentrações de fenil-P e HEMA supracitadas foram aplicados em superfícies de dentina fraturada, sem “smear”, e em superfícies de dentina cobertas com uma “smear” compacta (SiC 600) ou mais frouxamente unida (SiC 180). Os resultados mostraram que os valores máximos de adesão foram obtidos com 20% de fenil-P, contudo esses valores não diferiram significativamente para os obtidos pelos sistemas com 30 e 40% do mesmo. A presença da lama dentinária prejudicou a penetração do sistema autocondicionante, principalmente quando a mesma se encontrou mais densamente formada na superfície através das lixas de SiC 600, uma vez que a “smear layer” reduziu a agressividade dos monômeros ácidos que, por sua vez, desmineralizaram com menor intensidade e profundidade a dentina subjacente, impedindo uma maior penetração dos

componentes resinosos no aderente. Além da camada híbrida pouco espessa, os prolongamentos resinosos se mostraram curtos e ocos devido à presença do “smear plug” hibridizado, levando os autores a sugerir a realização de testes de longevidade com estes sistemas.

Com o propósito de demonstrar as evidências de um selamento satisfatório da dentina condicionada e mantida úmida “in vivo”, com o uso de um sistema adesivo hidrófilo à base de acetona, TAY et al., em 1994, realizaram preparos cavitários do tipo classe V na superfície vestibular de pré-molares devidamente anestesiados. O esmalte e a dentina das cavidades foram condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, lavados com água e secados com um breve jato de ar que deixou a superfície levemente úmida. O sistema adesivo All Bond 2 foi aplicado de acordo com instruções do fabricante, e as cavidades foram restauradas com o compósito Z-100. Os dentes permaneceram 28 dias em função no ambiente bucal antes da extração. Através da análise em MEV e MET foi possível observar a formação da camada híbrida sem defeitos pela total penetração do adesivo na dentina desmineralizada e também a presença de prolongamentos resinosos nos túbulos dentinários e a hibridização das paredes dos mesmos. De acordo com essas observações, os autores concluíram que o condicionamento ácido total aumenta a permeabilidade da dentina e otimiza a infiltração dos monômeros hidrófilos de sistemas à base de acetona na dentina úmida, selando efetivamente as cavidades restauradas “in vivo”, evitando a movimentação de fluidos bucais e/ou dentinários através da interface, o que diminui a resistência da adesão e facilita a invasão bacteriana.

ELIADES, em 1994, observou que a composição de um sistema adesivo requer o equilíbrio entre muitas variáveis que governam a performance clínica da adesão. Essas variáveis incluem as propriedades que os sistemas devem apresentar para a otimização da adesão que são: baixa tensão superficial do adesivo, baixa viscosidade, alta fluidez ou grupos funcionais que promovam ou facilitem a absorção física na dentina condicionada; componentes que aumentem a permeabilidade e a rugosidade clínica do substrato, aumentando conseqüentemente a área disponível para adesão; monômeros com satisfatórias propriedades mecânicas de resistência coesiva e de flexibilidade para formar uma interface resistente e elástica, reduzindo, assim, a contração de polimerização e os problemas que a mesma ocasiona na durabilidade da adesão, e, ainda, a espessura da película formada pelos monômeros, evitando que o grau de polimerização dos mesmos seja reduzido pela infiltração do oxigênio. O autor concluiu que os modernos testes de adesão conseguem avaliar a influência dessas variáveis na interação entre os tecidos e os materiais biológicos, e que soluções aquosas devem ser utilizadas via pressão pulpar simulada ou através do armazenamento a longo prazo, para avaliar a estabilidade hidrolítica dos sistemas adesivos.

Através de uma revisão de literatura, WATANABE & NAKABAYASHI, em 1994, analisaram os métodos mais utilizados para se medir a adesão no Japão. Foi observado que os testes mecânicos de resistência ao cisalhamento e de resistência à tração são os mais encontrados na literatura. A fratura, no teste de tração, ocorre

inicialmente no elo mais fraco do espécime, o que o torna muito útil na obtenção dos verdadeiros valores de resistência, contudo, para a realização desse teste é necessário um aparato especial de difícil confecção. O teste de resistência ao cisalhamento é muito difundido na odontologia, porém a fratura nesse tipo de ensaio nem sempre acontece no ponto mais frágil do espécime, o que pode mascarar a verdadeira resistência adesiva da interface. Os autores observaram ainda que, para avaliar a longevidade da adesão, as amostras devem ser armazenadas em água a 37°C por, no mínimo, 6 meses e sugeriram que as fibras colágenas expostas não encapsuladas por monômeros resinosos, que formam o elo mais fraco da adesão, pois são susceptíveis à hidrólise, podem ser protegidas pela deposição de minerais através de um processo de remineralização da dentina desmineralizada não hibridizada, aumentando, assim, a durabilidade da restauração.

Sabendo que a incorporação de cargas promove uma melhora nas propriedades físicas dos sistemas adesivos, MIYASAKI et al., em 1995, realizaram um estudo “in vitro” para determinar o efeito da quantidade dessas partículas na adesão à dentina. Sistemas experimentais contendo 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70% de carga (SiO<sub>2</sub>) foram formulados a partir do adesivo do Imperva Bond e aplicados às superfícies de dentina bovina previamente tratadas com “primer”. Posteriormente à hibridização, os dentes restaurados com cilindros de resina composta foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento, que revelou que os maiores valores de resistência foram obtidos pelos sistemas com 10 a 20% de carga em sua composição. Foi ainda observado que o aumento da concentração de carga

promoveu um decréscimo significativo da adesão, visto que esses sistemas apresentaram menor capacidade de difusão no substrato, devido à sua alta viscosidade, ocasionando defeitos internos na camada híbrida, apesar de formar uma camada elástica na interface dente/material restaurador, capaz de absorver as tensões geradas durante a contração de polimerização.

Tem sido relatado que o fluido pulpar, que extravasa na superfície dentinária através dos túbulos, devido a uma pressão positiva, influencia significativamente a adesão. Baseados nessa afirmação, NIKAIDO et al., em 1995, testaram os sistemas Scotchbond Multi Uso/ácido maleico a 10% (SBMU) e Clearfil Liner Bond 2/autocondicionante (CLB2) em superfícies de dentina profunda de molares humanos acoplados a um aparato que simulou a pressão pulpar estática de 15 cmH<sub>2</sub>O durante a hibridização. Como fluido pulpar foi utilizada solução salina ou soro bovino diluído em água. Findo o período de 24 h de armazenamento em água, as amostras foram submetidas ao ensaio de resistência ao cisalhamento e avaliadas em MEV. Os resultados revelaram que os dois sistemas avaliados não foram diferentes entre si, contudo, a adesão dos mesmos foi significativamente mais alta quando a solução de soro bovino foi utilizada, uma vez que o contato do HEMA ou do NMSA com a mesma promoveu a coagulação de proteínas provenientes do soro, diminuindo o extravasamento de fluidos pelos túbulos, o que conseqüentemente facilitou o aumento da resistência. Mesmo assim, os autores observaram que na região acima dos cornos pulpares, o grande fluxo de fluidos preveniu a completa infiltração dos monômeros, resultando na contaminação da superfície e formação de trincas no adesivo.

Em uma revisão realizada por PASHLEY et al., em 1995, foi observado que existem inúmeras variáveis que podem influenciar os testes de adesão, e são essas diferenças que vão promover uma grande variabilidade nos resultados obtidos. A simulação do fluido pulpar é muito importante sob esse aspecto, uma vez que mimetiza as verdadeiras condições bucais e pode causar um decréscimo dos valores de resistência dos sistemas mais sensíveis à umidade. Essa simulação pode ser realizada substituindo o fluido pulpar por água, solução fisiológica e plasma bovino diluído em solução salina, a uma pressão de 25 mmHg, em um estado fisiológico, ou 11 mmHg simulando um dente anestesiado. A área adesiva também constitui um fator muito importante na adesão, áreas maiores parecem conter mais defeitos que induzem maior quantidade de falhas coesivas na dentina e ao decréscimo na resistência adesiva, por isso, há a tendência atual da utilização de áreas menores do que 2 mm<sup>2</sup> como no teste mecânico de microtração, no qual a área adesiva utilizada é reduzida ao mínimo para assegurar o desenvolvimento da tensão máxima nessa região. Além disso, o teste de microtração apresenta outras vantagens tais como a ocorrência de falhas na grande maioria de natureza adesiva, a obtenção de vários espécimes a partir de um único dente, a avaliação regional da adesão e, principalmente, a possibilidade da realização do teste simulando condições clínicas. Contudo, cuidados devem ser tomados para que as amostras não desidratem antes da aplicação do teste, ocasionando alterações nos resultados obtidos.

Com o propósito de avaliar o efeito do envelhecimento em etanol na resistência à fratura de resinas compostas, FERRACANE & BERGE, em 1995, conduziram um estudo no qual 3 séries de compósitos fotoativados compostos por 50% em peso de Bis-GMA, 50% em peso de TEGDMA e diferentes conteúdos de carga, grau de conversão de monômeros e porcentagem de carga tratada com silano, foram comparados em função da resistência à fratura após os períodos de 1 e 6 meses armazenados em solução de etanol a 75% em água. Os resultados obtidos com os testes de dureza Knoop, resistência à fratura, medida do grau de conversão dos monômeros e avaliação em MEV revelaram que todas as amostras avaliadas, com exceção das que receberam uma fotoativação adicional, apresentaram uma redução significativa dos valores de resistência à fratura e dureza após 6 meses de armazenamento, sendo que essa redução foi diretamente proporcional à diminuição do conteúdo de carga e do tempo de polimerização. A presença de grande quantidade de carga silanizada promoveu um decréscimo do grau de conversão da cadeia polimérica, contudo, a adesão entre a carga e a matriz, através do silano, foi de fundamental importância para o aumento da resistência à fratura dos compósitos. De acordo com esse estudo foi possível concluir que todas as variáveis avaliadas influenciaram, em diferentes proporções, o grau de degradação da matriz de Bis-GMA produzido por um solvente eficaz como o etanol, sendo que a insuficiente polimerização e a adesão entre a carga e a matriz foram os principais fatores para o amaciamento do compósito e, conseqüentemente, para a redução da resistência à fratura do mesmo.

Para avaliar o padrão de microinfiltração dentro da camada híbrida formada nas margens em dentina, SANO et al., em 1995 a, utilizaram o compósito Silux e os sistemas All Bond 2/ácido fosfórico a 10%, Superbond C & B/solução 10/3, Scotchbond Multi Uso/ácido maleico, Clearfil Liner Bond/agente CA e o sistema experimental autocondicionante KB-2000 em restaurações cervicais do tipo classe V, confeccionadas na face vestibular de terceiros molares humanos. Findo o polimento das restaurações, os dentes foram imersos em solução de nitrato de prata por 24 h. A análise em MEV revelou que não houve penetração do corante nas margens em esmalte, de forma contrária, os íons de prata foram observados nas margens em dentina em uma zona porosa não infiltrada por resina abaixo da camada híbrida em todas as amostras, na presença ou não de fendas marginais. Esse padrão de infiltração, denominado nanoinfiltração, se apresentou com menor intensidade nas amostras hibridizadas com o sistema autocondicionante, o que sugere que a fina camada híbrida formada pelo mesmo é mais uniforme, apesar da limitada infiltração de resina. Os autores sugeriram que a completa difusão e polimerização dos monômeros na dentina desmineralizada é de fundamental importância para criar uma adesão forte e duradoura, livre de defeitos que possam causar a degradação da interface através da penetração lenta de fluidos bucais e dentinários.

Para testar a hipótese de que a dentina desmineralizada infiltrada por resina tem a mesma resistência da dentina íntegra, SANO et al., em 1995 b, realizaram um estudo no qual a resistência à tração da dentina mineralizada (G1), desmineralizada (G2) e desmineralizada infiltrada por resina (G3) foi medida. No grupo 3 foram

utilizados os sistemas All Bond 2, Scotchbond Multi Uso, Clearfil Liner Bond 2, Superbond C & B e Clearfil Photobond aplicados à dentina tratada com EDTA, após o condicionamento com os respectivos condicionadores de cada sistema. Os resultados obtidos com o ensaio de microtração mostraram que a dentina desmineralizada pela ação de ácidos apresenta resistência e rigidez drasticamente reduzida se comparada à dentina mineralizada. Contudo, após a infiltração dos monômeros resinosos, a resistência à tração e rigidez desse substrato foi restaurada. Os autores concluíram que a resistência total da dentina infiltrada depende da resistência e do volume de cada componente. O colágeno contribui pouco para esse fato, uma vez que seu conteúdo não é alterado pelo condicionamento ácido. O aumento da resistência total da dentina é principalmente causado pelo adesivo que deve apresentar satisfatória resistência coesiva entre suas moléculas, difusibilidade para que seu volume total aumente dentro do substrato, e também, para que o colágeno da dentina desmineralizada seja totalmente encapsulado por monômeros resinosos, não havendo a formação de uma zona não impregnada que representa o elo mais fraco da adesão.

Para identificar a localização real das porosidades nanométricas dentro da camada híbrida formada por adesivos dentinários, SANO et al., em 1995 c, confeccionaram discos de dentina a partir de terceiros molares humanos, que foram unidos entre si, após o condicionamento ácido e aplicação dos sistemas All Bond 2 e Clearfil Liner Bond, e imersos em solução de nitrato de prata por 24 h. Parte das amostras não foi corada e serviu como controle negativo. Através da análise em MEV

e MET, os autores observaram o acúmulo de partículas de prata em toda a espessura da camada híbrida que pode ter sido causado pela formação de canais através da absorção de água pelos monômeros hidrófilos, pela incompleta volatilização do etanol do interior da camada híbrida, restringindo a conversão dos monômeros resinosos em polímeros e ainda pela contração de polimerização do adesivo. Foi observado ainda que a incompleta penetração do mesmo na dentina desmineralizada também constituiu um fator crucial para a nanoinfiltração, sendo que, nesse caso, as partículas de prata se encontram acumuladas na região basal da zona de interdifusão. Dessa forma, tomou-se evidente que a qualidade da adesão está intimamente relacionada com o completo encapsulamento do colágeno por resina, evitando, assim, a hidrólise ocasionada pela infiltração de fluidos através das porosidades da interface.

Através da análise em MEV e de testes de resistência à tração, YOSHIYAMA *et al.*, em 1995, avaliaram a morfologia da interface e a resistência adesiva dos sistemas All Bond 2 e Imperva Bond que foram aplicados à dentina superficial ou profunda, condicionada com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos ou não. Os resultados obtidos revelaram que a espessura da camada híbrida foi maior na dentina desmineralizada profunda (4-8  $\mu\text{m}$ ) do que na dentina desmineralizada superficial (2-4  $\mu\text{m}$ ), e isso provavelmente ocorreu devido à maior rapidez de desmineralização desse substrato, por apresentar maior quantidade de túbulos por área, contendo canais acessórios nos quais uma difusão lateral ocorreu em adição à penetração vertical. Contudo, uma desmineralização mais profunda do substrato não assegura uma maior

penetração do adesivo, podendo haver a formação de uma camada híbrida com defeitos em seu interior. Quando a dentina não foi condicionada, houve a formação de uma zona de interdifusão com espessura mínima de 0,5  $\mu\text{m}$  nas duas profundidades de desgaste. Mesmo assim, os valores de resistência à tração dos 2 adesivos avaliados na dentina superficial não diferiram significativamente dos apresentados quando a dentina foi condicionada, comprovando que a espessura da camada híbrida não interfere nos valores iniciais de adesão. Porém, o contrário ocorreu na dentina profunda, na qual os valores de adesão decresceram significativamente, quando a mesma não foi condicionada, provavelmente devido à escassa formação de prolongamentos resinosos e à pouca área de dentina intertubular disponível para a adesão por contato de superfícies.

Para determinar se a resistência adesiva dos “primers” à base de HEMA é afetada pela presença da água ou da acetona em sua composição ou pelo aumento do tempo de aplicação do mesmo e se o grau de conversão dos monômeros resinosos é prejudicado pela contaminação por água, JACOBSEN & SÖDERHOLM, em 1995, utilizaram superfícies dentinária bovinas que foram condicionadas com ácido fosfórico a 10% por 30 segundos, lavadas e secadas com papel absorvente. Findo esses procedimentos, soluções de HEMA e acetona ou HEMA e água foram aplicadas nas superfícies por 30 ou 120 segundos, seguidas de um leve jato de ar, para a posterior aplicação de um adesivo composto por HEMA e Bis-GMA, com 0,05; 0,10; 0,20; 0,40 ou 0,80 ml de água. Confeccionaram-se cilindros de resina composta P-50 sobre a

área adesiva, e o teste de resistência ao cisalhamento foi realizado depois de 30 dias de armazenamento em água. Os resultados mostraram que os “primers” à base de acetona apresentaram maiores valores de resistência do que os “primers” à base de água, cujos valores de adesão aumentaram com o aumento do tempo de aplicação, pois ocasionou a evaporação da água contida por entre as fibras colágenas, facilitando a penetração do adesivo. Contudo, esses resultados ainda foram inferiores aos da acetona. A polimerização do adesivo decresceu em 25% ou mais, quando mais de 0,20 ml de água foram incorporados à sua composição. Os autores concluíram que, apesar da umidade ser importante para a penetração dos “primers”, principalmente os que são à base de acetona, a presença de excesso de água antes da aplicação do adesivo pode interferir no grau de polimerização dos seus monômeros, visto que mesmos os solventes orgânicos mais fortes não conseguem volatilizar toda a água presente, enfraquecendo a adesão.

Com o objetivo de observar através do MEV a interface resina/dente produzida “in vivo”, WALSHAW & McCOMB, em 1995, utilizaram os sistemas adesivos Scotchbond Multi Uso, All Bond 2 e Prisma Universal Bond 3 em cavidades classe V profundas, realizadas na face vestibular de pré-molares vitais devidamente anestesiados, nos quais a dentina e o esmalte foram condicionados pelos respectivos ácidos de cada sistema, com exceção do PUB 3 que só utilizou o condicionamento ácido em esmalte. Após a restauração das cavidades com o compósito Prisma APH, os dentes foram extraídos e armazenados em água a 4°C por um período que não excedeu 4 semanas. Através da análise em MEV, foi possível observar que a espessura

da camada híbrida dos sistemas que condicionaram a dentina variou entre 2 e 5  $\mu\text{m}$ , apresentando uma maior densidade de adesivo na sua região mais externa e uma incompleta penetração deste nas áreas mais internas, o que pode ocasionar uma redução da qualidade e longevidade da adesão. As autoras concluíram que existe ainda a possibilidade de haver um decréscimo do grau de polimerização dos monômeros nas camadas mais profundas de dentina vital desmineralizada devido à presença de oxigênio e água em maiores concentrações nessa região, sendo que esses fatores tornam a adesão à dentina menos predizível.

SWIFT Jr., PERDIGÃO & HEYMANN, em 1995, realizaram uma revisão sobre os mecanismos de união. Foi observado que a adesão ao esmalte é simples, confiável e tem sido rotineiramente utilizada, enquanto a adesão à dentina é mais difícil e menos predizível, uma vez que ela depende de variáveis inerentes ao seu substrato como: localização, composição, espessura, grau de umidade, permeabilidade, presença ou não do extravasamento de fluidos devido à pressão pulpar, profundidade de descalcificação e integridade das fibras colágenas e também de fatores inerentes ao adesivo como: baixa viscosidade, hidrofilia e molhabilidade. Os autores concluíram que, quando a dentina desmineralizada não é completamente infiltrada pelos monômeros resinosos, devido aos fatores supracitados, uma zona de colágeno é exposta, mas não completamente encapsulada pelo agente resinoso, tornando-se um elo fraco na adesão pela redução da resistência da interface e deterioração das margens, devido à hidrólise das ligações peptídicas dessas fibras.

Em 1996, BURROW, SATOH & TAGAMI conduziram um estudo para determinar a resistência adesiva do sistema dual Clearfil Photobond após 3 anos de avaliação. Para tal, superfícies bovinas em dentina foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 40 segundos para a aplicação do “primer” composto por 5-NMSA em etanol a 80% seguido do adesivo em metade das amostras e sem a aplicação prévia do “primer” na outra metade (controle). Após a inserção de uma fina camada da resina intermediária fotoativada, Protect Liner, os espécimes foram armazenados em solução de água tamponada com 0,4% de azida sódica por 1, 30, 90, 180, 360 e 1080 dias. Os resultados obtidos através do teste de tração e avaliação em FE-MEV revelaram que o grupo controle obteve menores valores de adesão devido à pouca infiltração do adesivo na dentina desmineralizada, porém esses resultados não apresentaram um decréscimo significativo após estocagem em água. O grupo que recebeu tratamento prévio com o “primer”, apesar dos altos valores iniciais de adesão, teve sua resistência significativamente reduzida após o terceiro ano de armazenamento. Os autores sugeriram que as causas mais prováveis para esse decréscimo foram a degradação hidrolítica do colágeno exposto, o afrouxamento da cadeia polimérica e ainda a diluição e remoção dos monômeros resinosos não polimerizados, ocasionando porosidades na camada híbrida que constituem o elo fraco da adesão.

Com o propósito de avaliar a interação de sistemas adesivos com a dentina humana “in vivo”, PERDIGÃO et al., no ano de 1996, utilizaram pré-molares

devidamente anestesiados e com indicação ortodôntica para extração, na confecção de cavidades classe I que foram hibridizadas e restauradas com compósitos para avaliação da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos através de FE-MEV. Os resultados revelaram que o sistema Clearfil Liner Bond 2 não penetrou nos túbulos vedados com o “smear plug” em diversas áreas e formou uma camada híbrida muito fina e não uniforme, apresentando um comportamento contrário do que se tem avaliado nos promissores testes realizados “in vitro”. O sistema OptiBond, que contém 36% de partículas de carga, mostrou um acúmulo do seu viscoso adesivo nos ângulos das cavidades e uma falha da união entre o topo da zona de interdifusão e a resina fluida. Por ser um material quimicamente ativado, ocorreu a incorporação de bolhas de ar durante a sua manipulação, que possivelmente interferiu na polimerização do mesmo. O sistema Prime & Bond 2.0 não apresentou falhas na adesão quando impregnou corretamente a dentina desmineralizada, contudo, em algumas áreas houve uma deficiente penetração dos monômeros na rede de colágeno. Os autores concluíram que os sistemas adesivos avaliados não foram capazes de prevenir completamente a formação de fendas na interface, sendo que camadas mais espessas de adesivos promoveram uma melhor dissipação das tensões da contração de polimerização que continua sendo um dos principais problemas da adesão.

STRAWN et al., em 1996, avaliaram os efeitos causados pelo tempo de estocagem e pelas soluções de armazenamento no substrato dentinário antes da realização dos procedimentos restauradores. Vinte e sete discos de dentina padronizados foram armazenados em água destilada com timol a 0,02%, água filtrada,

soro fosfato tamponado com timol a 0,02%, solução com 70% de etanol e 30% de água destilada ou formol a 10%, de acordo com seu grupo experimental, por 1, 2, 7, 14, 21 ou 28 dias. As mudanças químicas e as propriedades ópticas da superfície dentinária foram avaliadas através de espectrofotômetro após cada período de tempo. Embasados nos resultados obtidos, os autores concluíram que as maiores alterações ocorreram no componente mineral da dentina, provavelmente devido à variação do pH das soluções e/ou devido à deposição dos componentes das soluções sobre a superfície. A água filtrada e purificada foi o melhor meio de armazenagem, pois foi a que causou a menor alteração da dentina. No entanto, quando a fixação da mesma é necessária, o melhor meio de armazenagem é o formol a 10%. Foi ainda concluído que o tempo de estocagem é um fator importante nas alterações do substrato, uma vez que as propriedades mecânicas da dentina decresceram com o aumento do período de armazenagem.

MACIEL et al., em 1996, avaliaram os efeitos da desidratação por vários métodos no aumento da rigidez da matriz de dentina humana descalcificada. Pedacos retangulares de dentina (8 x 1,7 x 0,9 mm) foram descalcificados por EDTA com pH 7,4 durante 5 dias e posteriormente submetidos à desidratação química através da imersão em acetona, etanol, HEMA ou em glutaraldeído por 10, 30 ou 60 min, sendo que as amostras entre esses tratamentos retornavam à água para observar se as alterações na rigidez eram reversíveis. Os efeitos da secagem com ar também foram avaliados. O módulo de elasticidade e a rigidez das amostras foram medidos através do método “cantilever”. Os resultados revelaram que a rigidez da matriz de dentina

descalcificada úmida é muito baixa (7,7 MPa), e, quando essas amostras são desidratadas quimicamente pela ação dos solventes orgânicos ou fisicamente pelo ar, sua rigidez aumenta consideravelmente, sendo esse aumento revertido pelo reumedecimento das amostras. Durante a secagem com ar, as forças de tensão de superfície causam o colapso das fibras colágenas desmineralizadas decrescendo seu volume para 32,5% do original, durante a desidratação com os solventes orgânicos, os espaços preenchidos por água não foram submetidos às forças de tensões superficiais do ar e, com isso, contraíram menos. Devido a isso, se a superfície de dentina condicionada for ressecada com ar, as fibras colágenas colapsam, tornando-se menos permeáveis. Esse fato, apesar de dificultar a difusão dos monômeros resinosos entre a trama de fibras, favorece a formação de ligações de hidrogênio adicionais entre as moléculas do colágeno, o que pode torná-lo mais resistente mecanicamente à degradação.

Tem sido relatado que a presença da “smear layer” na superfície dentinária compromete a adesão a esse substrato. Devido a isso, NAKABAYASHI & SAIMI, em 1996, realizaram um estudo cujo propósito foi avaliar a confiabilidade da adesão de “primers” autocondicionantes aplicados à dentina não desmineralizada e livre da lama dentinária, visto que essa camada de debris é muito fraca, mesmo quando reforçada pelo adesivo. Superfícies em dentina bovina, preparadas com lixas SiC 600, foram polidas com pastas diamantadas e posteriormente limpas em ultra-som para a remoção de todos os contaminantes superficiais. Após a delimitação da área adesiva, o “primer” autocondicionante composto por uma solução aquosa com 20% de fenil-P

e 30% de HEMA foi aplicado às superfícies por 30 ou 60 segundos para a posterior aplicação de um adesivo à base de fenil-P e TEGDMA e da resina composta. Em um terceiro grupo (controle) o “primer” não foi utilizado, e somente o adesivo foi aplicado previamente ao compósito. Os resultados obtidos com o teste de tração e após análise em MEV e MET revelaram que os valores de adesão foram estatisticamente semelhantes para os diferentes tempos de aplicação do “primer” autocondicionante, contudo, os mesmos foram significativamente maiores do que os valores obtidos pelo grupo controle. O aumento do tempo de aplicação do “primer” ocasionou o aumento da espessura da camada híbrida formada através da desmineralização da dentina intacta pelo sistema adesivo cuja acidez proporcionou a formação de canais de difusão, pelos quais os monômeros resinosos infiltraram. Os autores concluíram que uma camada híbrida mais uniforme e com menor inclusão de defeitos é formada quando sistemas autocondicionantes são aplicados. Contudo, é de fundamental importância que a “smear layer” seja removida previamente à aplicação dos mesmos para agilizar a sua difusão, visto que os constituintes da lama dentinária consomem grandes quantidades de fenil-P, reduzindo a acidez do sistema e limitando sua capacidade de desmineralização e penetração na dentina subjacente, formando um complexo híbrido com a presença da “smear” como contaminante.

WALSHAW & McCOMB, em 1996, investigando os fatores clínicos para a obtenção de uma adesão satisfatória à dentina, observaram ser necessário uma completa infiltração do “primer” dos sistemas adesivos na dentina condicionada. Essa penetração depende do grau de hidrofília dos seus monômeros, da profundidade de

desmineralização, do uso de solventes voláteis como a acetona e o etanol, da aplicação efetiva desse “primer” na superfície e, principalmente, do grau de umidade dentinária, pois é muito importante que a superfície dentinária não seja desidratada após o condicionamento ácido para não haver o colapso das fibras colágenas, formando uma barreira à difusão do “primer”. Por outro lado, a umidade em excesso pode resultar na diluição dos adesivos, separação de fases, formação de bolhas de ar e micelas resinosas que dificultam a hibridização e a formação de prolongamentos resinosos. Foi ainda observado que, quando o sistema adesivo não penetra eficazmente no substrato, forma-se uma área basal de colágeno exposto e não encapsulado abaixo da camada híbrida, enfraquecendo a adesão e tornando-a mais susceptível às falhas pela hidrólise dos peptídeos.

Com o objetivo de avaliar a infiltração de adesivos no substrato dentinário “in vivo” e “in vitro”, **FERRARI et al.**, em 1996, utilizaram os sistemas Prime & Bond 2.0, Scotchbond Multi Uso Plus e Clearfil Liner Bond 2 em uma única camada ou aplicados em 2 camadas no preparo de amostras para avaliação em MEV. As imagens obtidas revelaram que a camada híbrida e os prolongamentos resinosos formados “in vitro” por esses adesivos apresentaram morfologia semelhante aos formados “in vivo”, principalmente quando o substrato é mantido úmido após o condicionamento ácido. Os sistemas Prime & Bond 2.0 e Scotchbond Multi Uso Plus promoveram uma adesão íntima entre a dentina e a resina, formando uma camada híbrida densa e longos prolongamentos resinosos. Quando aplicado por apenas 30 segundos em uma única camada, o sistema autocondicionante Clearfil Liner Bond 2 promoveu apenas uma

desmineralização parcial da “smear layer” e dos “smear plugs”, formando uma zona híbrida muito fina e poucos prolongamentos nos túbulos que não foram completamente preenchidos por resina. Ao aumentar o tempo de aplicação desse adesivo para 60 segundos, a “smear layer” foi totalmente dissolvida, facilitando a formação de uma camada híbrida mais espessa e de “tags” com prolongamentos laterais, o que pode ser de fundamental ajuda para a obtenção de uma adesão mais resistente e duradoura.

A avaliação dos fenômenos que ocorrem na interface adesiva, quando um sistema à base de acetona é aplicado à superfície dentinária mantida com excesso de água, foi realizada por TAY, GWINNETT & WEI, em 1996 a, através da análise em MEV. Foram utilizados discos de dentina preparados com lixas de carbureto de silício 600, condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, lavados com água por 20 segundos, para a aplicação do sistema All Bond 2, após a secagem da dentina por 3 maneiras diferentes: no grupo 1, através de jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 20 cm; no grupo 2, por pequenos pedaços de papel absorvente; no grupo 3, a dentina não foi secada e ainda foram aplicados 40 ml de água destilada sobre a superfície que ficou sobremolhada. Após visualização em MEV foi possível observar que no grupo 1 houve a formação da camada híbrida e de sólidos prolongamentos resinosos dentro dos túbulos. Características similares foram observadas no grupo 2, porém algumas pequenas bolhas de ar se formaram na superfície da camada híbrida devido ao aumento da umidade. No grupo sobremolhado, o excesso de água promoveu uma separação de fases dos componentes mais hidrófobos do “primer”,

ocasionando a perda de um selamento efetivo dos túbulos, devido à presença de micelas ou glóbulos de resina que impediram a formação de prolongamentos resinosos. Houve também uma descontinuidade da camada do “primer” devido à presença de grandes espaços vazios ou parcialmente preenchidos por uma substância porosa, aprisionados entre a camada do adesivo e a camada híbrida. Os autores concluíram que a manutenção da umidade do substrato é fundamental para a obtenção de uma adesão satisfatória. Contudo, o excesso de umidade, como o que ocorre na dentina vital profunda desmineralizada, pode ocasionar a deterioração da mesma pela presença de defeitos na interface e pelo incompleto selamento dos túbulos, responsáveis pelo aumento da microinfiltração através das margens.

No mesmo ano (1996 b), TAY, GWINNETT & WEI, realizaram um estudo similar para avaliar, através de MET, a influência do excesso de água na interface adesiva de um sistema à base de acetona. A mesma metodologia foi utilizada na aplicação do sistema All Bond 2 em discos de dentina secados com ar por 3 segundos, com papel absorvente ou deixados com excesso de água após o condicionamento com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos. Os resultados obtidos nesse estudo, através da análise em MET, confirmaram os resultados anteriores obtidos pela análise em MEV. Foi observado que, apesar dos adesivos à base de acetona e álcool terem um melhor desempenho no substrato úmido, sua adesão é prejudicada pela presença do excesso de água, pois esses solventes não conseguem volatilizá-la totalmente, e, com isso, parte desta permanece no substrato, interagindo irreversivelmente com monômeros não miscíveis em água, competindo com os mesmos por espaço, o que

ocasiona a diminuição da densidade de penetração e do grau de polimerização desses agentes dentro das fibras colágenas, promovendo a formação de glóbulos de resina e de grandes bolhas de ar que impedem um selamento marginal satisfatório e, conseqüentemente, reduzem a longevidade da restauração através da deterioração da adesão.

UNO & FINGER, em 1996, avaliaram a relação entre o condicionamento da dentina com várias concentrações de ácidos e períodos de aplicação com a profundidade de desmineralização e a profundidade de penetração do adesivo. Foram utilizados os ácidos maleico a 1%, oxálico a 1,6% e o ácido fosfórico a 5, 10, 20, e 35% com 5% de espessante por 30 segundos no método direto de avaliação, que determinou o grau de desmineralização da dentina de acordo com o tipo e a concentração do ácido utilizado. O ácido fosfórico a 20% foi utilizado ainda por 15, 60 ou 120 segundos no método indireto para avaliar os efeitos do tempo de aplicação do ácido na desmineralização. Esses procedimentos foram seguidos da aplicação do “primer” Gluma 3, do adesivo Gluma 4 e da resina Pekafil para observação da profundidade de penetração dos monômeros. Os resultados revelaram que a profundidade de desmineralização aumentou com o aumento da concentração e do tempo de aplicação do ácido, contudo a espessura da camada híbrida não correspondeu à profundidade de desmineralização da dentina, quando ácidos mais fortes foram utilizados por um período maior de tempo, restando uma camada de colágeno não encapsulado na dentina desmineralizada que enfraquece a adesão. Os autores observaram ainda que camadas híbridas mais espessas apresentam maior

elasticidade, prevenindo a formação de fendas na interface geradas pelas tensões da contração de polimerização do material resinoso, porém, a espessura da camada híbrida não está diretamente relacionada com a resistência adesiva do sistema empregado.

Com o propósito de testar novos sistemas adesivos que combinam condicionador e “primer” em um único frasco, em 1997, GORDAN et al., utilizaram os sistemas autocondicionantes Clearfil Liner Bond 2 (G1) e Denthesive II (G2), com e sem o condicionamento prévio com ácido fosfórico a 35%, em superfícies de esmalte e dentina de molares humanos. No grupo controle foi utilizado o sistema Scotchbond Multi Uso (G3). Posteriormente à termociclagem, as amostras restauradas com cilindros do compósito Silux Plus foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento que revelou que os maiores valores de adesão em esmalte foram obtidos pelo G2 com o condicionamento e G1 sem o condicionamento. Os outros resultados foram estatisticamente inferiores, sendo que o grupo 2 sem o condicionamento prévio apresentou os piores valores de adesão. Para a dentina, o sistema Clearfil (G1) com o condicionamento revelou os mais altos valores de resistência. Quando o ácido não foi aplicado previamente, os resultados foram inferiores, mas não significativamente. Devido a isso, foi possível observar que o condicionamento autolimitante simultâneo à penetração dos monômeros facilita a hibridização do substrato, criando uma fina camada híbrida composta por uma zona superficial de “smear layer” modificada e uma camada subjacente de dentina infiltrada. A utilização desses sistemas em conjunto com o HEMA aumenta a molhabilidade e a hidrofília dos mesmos,

resultando em altos valores de resistência adesiva. Contudo, mais estudos devem ser realizados para avaliar a durabilidade da adesão.

No ano de 1997, SÖDERHOLM realizou uma revisão a respeito da sensibilidade técnica dos adesivos dentinários. O autor observou que, para a obtenção de uma adesão satisfatória à dentina, é necessário que o substrato seja mantido úmido após o condicionamento ácido, fazendo com que a rede de fibras colágenas permaneça em seu estado expandido, mantendo, dessa forma, os espaços interfibrilares intactos, o que facilita a penetração dos monômeros resinosos e uma completa hibridização da dentina desmineralizada. Quando isso não ocorre, o colágeno exposto não encapsulado pode ser hidrolizado, ocasionando a deterioração da adesão. Devido a isso, surgiram os sistemas adesivos que apresentam “primers” autocondicionantes pela incorporação de monômeros ácidos em suas composições. Esses sistemas desmineralizam a dentina, ao mesmo tempo que carregam os monômeros resinosos, eliminando assim, todos os problemas técnicos associados com o passo prévio da aplicação e lavagem do ácido. Contudo, é possível que esses sistemas continuem liberando íons de hidrogênio com o passar do tempo, desmineralizando o aderente, mesmo após a polimerização do adesivo, enfraquecendo a dentina subjacente à camada híbrida. O autor concluiu que mais estudos a longo prazo devem ser realizados com esses sistemas e que, apesar das desvantagens do condicionamento prévio, a lavagem do ácido assegura a remoção dos íons de hidrogênio, reduzindo os riscos associados com a liberação contínua do mesmo.

Sabendo que a formação de “tags” e de seus prolongamentos resinosos laterais, além da camada híbrida, influencia positivamente a adesão entre a dentina e a resina, FERRARI, GORACCI & GARCÍA-GODOI, em 1997, realizaram um estudo para investigar a formação dessas retenções micromecânicas pelos sistemas adesivos frasco único, aplicados sob condições clínicas. A dentina oclusal de molares vitais não anestesiados foi preparada para avaliação da interface em MEV após a aplicação dos sistemas Prime & Bond 2.1, Single Bond e Syntac Spring com ou sem o condicionamento prévio com ácido fosfórico. Todos os sistemas avaliados apresentaram o mesmo aspecto dos mecanismos de retenção micromecânica na dentina condicionada, com a formação da camada híbrida (2-7  $\mu\text{m}$ ), de “tags” e prolongamentos resinosos laterais, essenciais para a obtenção de uma adesão forte e duradoura. O mesmo não foi observado quando os produtos testados foram aplicados à dentina não condicionada. Os autores concluíram que situações favoráveis, tais como a manutenção do substrato úmido após o condicionamento ácido e a correta aplicação dos adesivos hidrófilos à base de acetona, auxiliam na obtenção de uma hibridização satisfatória, através da difusão dos monômeros resinosos pela dentina desmineralizada, favorecendo ainda a qualidade e a durabilidade da adesão, mesmo frente aos desafios clínicos.

Para avaliar o efeito da localização da dentina, do tipo e do pH do ácido utilizado, na profundidade de desmineralização do substrato, MARSHALL Jr. et al.,

em 1997, utilizaram os ácidos cítrico e fosfórico com diferentes concentrações (pH 0,95, 2,0 e 4,0), em discos de dentina superficial e profunda, obtidos de terceiros molares recém extraídos. Após a quantificação das mudanças estruturais ocorridas na dentina inter e peritubular foi possível observar que o decréscimo do pH dos ácidos utilizados promoveu um maior padrão de desmineralização da dentina, contudo, o ácido cítrico parece ser um agente condicionador mais efetivo do que o ácido fosfórico possivelmente devido à formação de complexos cálcio/citrato em adição à simples dissolução dos minerais. O método utilizado falhou em revelar diferenças significativas no padrão de condicionamento entre as duas profundidades de dentina. Entretanto foi possível observar que a desmineralização da dentina profunda ocorre mais rapidamente do que a da dentina superficial devido à maior quantidade de túbulos e canais laterais que facilitam a difusão dos condicionadores, porém essa desmineralização em pouco tempo se estabiliza através do tamponamento dos ácidos promovido pela alta concentração de minerais presentes na dentina peritubular.

PASHLEY & CARVALHO, em 1997, realizaram uma revisão na qual os autores observaram que a capacidade de penetração da resina na dentina é de extrema importância para a adesão, evitando a presença de uma zona de colágeno exposto não encapsulado que enfraquece e deteriora a interface através de uma lenta degradação hidrolítica. Vários fatores são cruciais para essa completa hibridização, como o aumento da permeabilidade dentinária pela descalcificação e remoção da “smear layer” que apresenta uma baixa permeabilidade representada por canais preenchidos por água que são suficientes para o transporte de solventes e solutos,

porém limitam a infiltração do sistema adesivo na dentina adjacente. Dessa forma, agentes ácidos devem ser utilizados para facilitar essa difusão. Além disso, uma profundidade não excessiva de desmineralização e a manutenção do substrato úmido são essenciais para a otimização da mesma. Uma adesão mais estável é conseguida através da formação de uma camada híbrida menos espessa e mais uniforme sem a incorporação de porosidades e ainda pela formação de prolongamentos resinosos intimamente ligados às paredes dos túbulos através da hibridização da dentina peritubular, contudo a variação da dentina sólida e da densidade dos túbulos em função da proximidade com a polpa promove diferentes resultados de adesão. Na dentina superficial, que contém poucos túbulos, a penetração dos monômeros resinosos na dentina intertubular é responsável pela maior parte da resistência adesiva, já na dentina profunda, os túbulos dentinários são mais abundantes e, com isso, a adesão intratubular provavelmente é responsável por uma larga fração da retenção. Além desse fato, a formação dos “tags” é extremamente importante para o selamento da dentina contra a permeação de líquidos extrabucais e de enzimas bacterianas. Os autores observaram ainda que a penetração do adesivo na dentina desmineralizada, dependendo da sua proximidade com a polpa, pode ser dificultada pelo afloramento do fluido pulpar. Na presença da “smear layer” a redução da espessura da dentina não causa variações na umidade do substrato. De forma contrária, a realização do condicionamento ácido promove um aumento da concentração da água que preenche as porosidades da dentina, tornando o deslocamento da mesma mais difícil pelos solventes orgânicos, o que pode ocasionar uma diluição do adesivo e redução da

concentração dos monômeros na dentina desmineralizada, tornando evidente a importância do papel da umidade da dentina na adesão.

GORDAN et al., em 1998, avaliaram o selamento marginal promovido por sistemas adesivos que apresentam “primers” autocondicionantes em restaurações do tipo classe V. As cavidades foram preparadas na face vestibular de 60 terceiros molares, que aleatoriamente foram divididos em 5 grupos (n=12) de acordo com o adesivo utilizado, Clearfil Liner Bond 2 ou Denthesive II, e ainda em função do tratamento aplicado, com ou sem condicionamento prévio com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos. O sistema Scotchbond Multi Uso foi utilizado, conforme instruções do fabricante, como controle. Finda a restauração das cavidades, as amostras foram termocicladas e armazenadas por 24 h em soluções de corantes para a avaliação qualitativa do grau de infiltração dos mesmos. A análise dos resultados revelou não haver diferenças significativas entre os grupos avaliados, porém, apenas o grupo do Clearfil Liner Bond 2, sem o condicionamento, apresentou infiltração na interface formada entre o esmalte e o compósito. Diferente dos sistemas convencionais, os “primers” ácidos combinam o condicionamento da “smear layer” e da superfície de dentina intacta com a penetração simultânea dos monômeros resinosos, evitando que ocorra uma discrepância entre a profundidade de desmineralização da dentina e a extensão da penetração do adesivo, o que torna sua técnica menos sensível, resultando em um satisfatório selamento inicial da interface. Contudo, a técnica do condicionamento ácido parece ainda ocasionar uma maior integridade das margens em esmalte.

Em 1998, PRATI et al., desenvolveram um estudo para avaliar a resistência ao cisalhamento e a morfologia da interface dentina/resina formada por adesivos dentinários classificados como frasco único- Prime & Bond 2.0, Prime & Bond 2.1, Single Bond e Syntac Single, múltiplos passos- Scotchbond Multi Uso Plus e OptiBond FL, e autocondicionantes- Clearfil Liner Bond 2 e Clearfil KB 1300. Todos os sistemas foram utilizados, de acordo com instruções dos fabricantes, em cavidades classe I, V e em discos de dentina para posterior avaliação em MEV. Para o ensaio de resistência ao cisalhamento, 45 dentes foram preparados para obtenção de superfícies em dentina com duas profundidades distintas: dentina média e profunda. A média da espessura da camada híbrida e do diâmetro dos “tags” formados para cada adesivo foi tomada, e os dados obtidos com essa medida e com os valores de adesão foram submetidos à análise estatística que revelou que a morfologia da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos depende basicamente do sistema empregado e da localização da dentina, sendo mais espessos em dentina profunda, porém menos homogêneo e com mais porosidades, o que prejudica a qualidade da adesão. A morfologia e a resistência adesiva obtidas pelos adesivos frasco único foram semelhantes às obtidas pelos sistemas múltiplos passos e ainda, apesar da fina camada híbrida formada pelos sistemas autocondicionantes, os valores iniciais de resistência por eles apresentados foram satisfatórios, contudo, seus curtos “tags” exibiram-se ocos, devido à presença dos “smear plugs” o que pode prejudicar a longevidade da adesão.

Com o propósito de medir a resistência regional à microtração em várias porções do esmalte e da dentina humana e observar, através de MEV, a interface formada pelos sistemas autocondicionantes Clearfil Liner Bond 2 e Fluoro Bond, YOSHIYAMA et al., em 1998, utilizaram 12 caninos humanos, dos quais foram removidos o esmalte e a dentina mais externos da superfície vestibular da coroa e raiz, respectivamente, para a aplicação dos sistemas adesivos e restauração com compósito. Superfícies adesivas com menos de 1 mm<sup>2</sup> foram obtidas para o teste de microtração e mais 4 dentes foram preparados para avaliar a morfologia da interface através de MEV. Os resultados obtidos revelaram que a resistência adesiva de ambos sistemas foi maior na dentina coronária, não apresentando diferença estatística significativa para os valores obtidos pela dentina radicular das porções cervical e média, contudo, a adesão foi significativamente menor para o esmalte e para a dentina radicular apical. Os sistemas avaliados apresentaram uma fina camada híbrida e prolongamentos resinosos curtos, porém largos, o que contribui sobremaneira para o aumento da resistência adesiva. Apesar dos altos valores iniciais de adesão, os autores observaram que a durabilidade e a integridade da interface formada por esses sistemas podem ser prejudicadas pela presença de áreas de dentina que não foram satisfatoriamente condicionadas devido ao tamponamento dos ácidos e, conseqüentemente, à formação de precipitados que impediram a correta infiltração de monômeros resinosos nessas regiões, o que provavelmente facilita a nanoinfiltração. Além disso, a pouca espessura da camada híbrida e a fraca camada de “smear layer” hibridizada podem apresentar insuficiente resiliência e resistência para suportar as tensões térmicas e mecânicas comuns ao ambiente bucal, resultando em falhas e na deterioração da adesão.

Com o propósito de investigar a influência da dentina desmineralizada não impregnada por monômeros resinosos na longevidade da adesão, KATO & NAKABAYASHI, em 1998, aplicaram na superfície dentinária de dentes bovinos um “primer” à base de 4-META e acetona e um adesivo dentinário fotoativado composto por 4-META/TEGDMA-CQ/NPG, após o condicionamento com ácido fosfórico a 65% por 30 s. Os dentes permaneceram imersos em água a 37°C por 1 dia, 1 semana, 1, 3, 6 e 12 meses antes de serem preparados para o ensaio de tração e avaliação em MEV. Através dos resultados obtidos, foi possível observar que houve um decréscimo significativo dos valores de adesão após 1 semana de armazenamento, no entanto, os valores mais baixos foram apresentados pelos espécimes armazenados por 1 ano, provavelmente devido à quebra hidrolítica das ligações peptídicas das fibras colágenas, visto que a fratura dos mesmos ocorreu na dentina desmineralizada.

Através do teste de resistência à tração e avaliação em MEV, em 1998, HAYAKAWA, KIKUTAKE & NEMOTO avaliaram a efetividade da adesão dos “primers” autocondicionantes em função da concentração de ésteres do ácido fosfórico e do tempo de aplicação. Dois tipos de sistemas foram aplicados em esmalte em dentina por 15, 30 e 60 segundos, sendo um composto por solução aquosa com 5, 10, 20 ou 30% de fenil-P em HEMA e o outro composto por solução aquosa com 5, 10, 20 ou 30% de MDP em HEMA. Os resultados obtidos revelaram que esses sistemas são efetivos não somente na dentina como também em esmalte e que a resistência adesiva dos mesmos aumenta com o aumento da concentração de

monômeros ácidos e do tempo de aplicação dos “primers”, mas não em progressão linear. Através das imagens em MEV foi possível observar que os sistemas autocondicionantes parcialmente dissolvem a “smear layer” permitindo a penetração dos monômeros resinosos, porém restringindo a quantidade e a profundidade de difusão, resultando em zonas híbridas pouco espessas, apesar dos valores iniciais satisfatórios de adesão.

Para correlacionar a espessura da camada híbrida e a influência de diferentes tempos de condicionamento ácido da dentina com a resistência adesiva de sistemas resinosos, PIOCHI et al., em 1998, utilizaram 775 molares humanos com superfícies em dentina intermediária para a aplicação dos sistemas Gluma CPS/ácido fosfórico a 20%, Syntac/ácido fosfórico a 36%, Scotchbond Multi Uso/ácido maleico a 10%, Single Bond/ácido fosfórico a 36% e Prime & Bond 2.0/ácido fosfórico a 36%, após o tratamento da superfície com seus respectivos condicionadores ácidos por 15, 30, 60 e 120 segundos. Amostras de cada grupo foram confeccionadas sem o condicionamento do aderente. A profundidade de penetração dos monômeros foi revelada pela incorporação de corantes fluorescentes nos sistemas adesivos, e a resistência adesiva foi obtida através do teste de resistência à tração. A espessura da camada híbrida apresentou uma relação direta com o tempo de condicionamento da dentina, porém, o mesmo não aconteceu com os valores de adesão que decresceram significativamente com o aumento do período de condicionamento, provavelmente devido à discrepância entre a profundidade de desmineralização com a profundidade de penetração dos monômeros resinosos, ocasionando uma zona basal de colágeno

não encapsulado, que constitui o elo fraco da união. Ainda, um tempo excessivo de condicionamento induziu a precipitação de cristais de fosfato de cálcio na superfície que reduziram a permeabilidade do substrato e conseqüentemente a penetração dos adesivos no mesmo.

ARMSTRONG, BOYER & KELLER, em 1998, utilizaram o ensaio mecânico de microtração para determinar a resistência de sistemas adesivos. Superfícies dentinárias de 6 molares humanos foram condicionadas com ácido fosfórico gel a 32% e deixadas visivelmente úmidas para a aplicação dos sistemas All Bond 2 e OptiBond FL. Coroas com 6 mm de altura foram confeccionadas incrementalmente com o compósito Prodigy na área adesiva e, posteriormente, os dentes restaurados foram seccionados nos sentidos méso-distal e vestibulo-lingual para a obtenção de espécimes retangulares. Os resultados obtidos, após o teste mecânico e avaliação em MEV, revelaram que não houve diferença estatística significativa entre os dois sistemas estudados, apesar do sistema OptiBond FL ter apresentado menores valores iniciais de adesão. Os autores concluíram que o teste de microtração é válido e muito promissor, pois apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais maiores valores de resistência, maior número de falhas interfaciais adesivas, capacidade de medir a resistência regional, utilização de poucos dentes no experimento, coeficiente de variação e médias calculadas em um único dente, capacidade de testar a adesão em superfícies irregulares e áreas muito pequenas e ainda facilita a visualização dos espécimes em MEV. Esses fatores contribuem para a comparação dos resultados obtidos em

diferentes estudos uma vez que eliminam as variáveis envolvidas com heterogeneidade do substrato dentinário.

Investigando o efeito da área adesiva na resistência ao cisalhamento e à microtração de sistemas adesivos, PHRUKKANON, BURROW & TYAS, em 1998, utilizaram 60 molares humanos que foram divididos em 4 grupos de acordo com o adesivos utilizados: Scotchbond Multi Uso Plus, OptiBond FL, OptiBond Solo e One Step. Cada grupo foi dividido em 3 subgrupos com intenção de preparar espécimes com 1,2; 1,4; ou 2,0 mm de diâmetro de área adesiva com formato cilíndrico. Os resultados obtidos após os testes mecânicos, revelaram que a adesão é muito mais dependente da área adesiva utilizada do que do teste mecânico empregado. Os valores apresentados pela área de 1,2 mm de diâmetro foram significativamente maiores do que os da área de 2,0 mm, e semelhantes aos da área de 1,4 mm, para todos os sistemas adesivos avaliados. Os autores observaram ainda que valores de adesão foram menores para o sistema OptiBond FL, apesar do mesmo apresentar composição semelhante ao sistema OptiBond Solo. Esse fato provavelmente aconteceu devido à maior concentração de partículas de carga (40%) apresentada por esse adesivo que o tornou mais viscoso e, conseqüentemente, menos capaz de penetrar totalmente na dentina desmineralizada.

TAY, GWINNETT & WEI, em 1998, avaliaram a influência do conteúdo de água dos "primers" à base de acetona/álcool na estrutura da interface adesiva. Discos de dentina foram condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos e

divididos em 3 grupos. No grupo A, as superfícies dentinárias foram ressecadas por 30 segundos com jatos de ar; no grupo B, as superfícies foram secadas com jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 20 cm, e no grupo C as superfícies dentinárias foram secadas por papel absorvente, permanecendo visivelmente úmidas. Três versões diferentes do sistema All Bond 2 foram utilizadas, nas quais o “primer” apresentava na sua composição ausência de água (Subgrupo 1) ou incorporação de 5% (Subgrupo 2) ou 17% (Subgrupo 3) da mesma. Findos esses procedimentos, as amostras foram analisadas em MEV. As imagens obtidas revelaram que no grupo A1, o “primer” sem água em sua composição não conseguiu penetrar na dentina ressecada devido ao colapso das fibras colágenas. Nos grupos B1, A2, C2 e B3, a infiltração do “primer” se limitou a aproximadamente 1  $\mu\text{m}$ , uma vez que as condições de umidade dentinária e/ou a concentração de água no adesivo não favoreceram a infiltração completa do “primer”. Nos grupos C1, B2, e A3, houve a formação de uma camada híbrida densa, pois a integridade dos espaços interfibrilares foi mantida pela água presente no substrato ou recuperada pelo reumedecimento do colágeno através do “primer”, permitindo sua expansão e uma satisfatória infiltração da resina. No grupo C3, foi observada a presença de glóbulos de resina no interior dos túbulos e bolhas de ar na superfície da camada híbrida, devido ao excesso de água contido no “primer” e na dentina. Os autores concluíram ser de suma importância a manutenção da umidade balanceada no substrato condicionado, uma vez que situações extremas como o ressecamento e o sobremolhamento podem causar o decréscimo e a deterioração da adesão, principalmente dos sistemas à base de acetona que são mais sensíveis a essas

variações e devem ser utilizados cautelosamente em situações “in vivo” em que os fatores ambientais tais como fluido dentinário e pressão pulpar positiva podem influir negativamente.

CARVALHO, em 1998, realizou uma revisão bibliográfica sobre os aspectos relacionados com a adesão. Foi observado que a adesão ao esmalte é bem fundamentada e rotineiramente utilizada com grande sucesso. A adesão à dentina é mais complicada e menos predizível, por ser um substrato muito heterogêneo, e só foi realmente elucidada a partir da técnica do condicionamento ácido total e formação da camada híbrida. A retenção micromecânica pela difusão do agente resinoso nos canais interfibrilares é dependente de vários fatores como o aumento da permeabilidade dentinária pela remoção da “smear layer” e exposição das fibras colágenas; manutenção do substrato descalcificado úmido, porém não sobremolhado; e ainda pela presença de monômeros hidrófilos e solventes orgânicos que restauram a energia de superfície da dentina condicionada, tornando-a mais receptiva à penetração da resina fluida hidrófoba. É de fundamental importância para uma adesão mais resistente e duradoura, uma completa infiltração da dentina desmineralizada pelos monômeros, havendo a formação de uma camada híbrida que não necessariamente precisa ser espessa, mas impreterivelmente deve ser uniforme e homogênea. Dessa forma, para eliminar os problemas relacionados com a difusão dos monômeros no substrato condicionado, surgiram os sistemas autocondicionantes, cuja principal vantagem é a menor sensibilidade de técnica que reflete em uma maior uniformidade de adesão, uma vez que o “primer” é diretamente aplicado sobre a “smear layer” e,

com isso, o controle da umidade é menos crítico para a obtenção de uma adesão satisfatória. Contudo, o autor observou que uma eventual não-uniformidade da espessura e da composição da “smear layer” pode determinar uma ineficiência do condicionamento através desta e não infiltração na dentina subjacente, causando um decréscimo da união.

Com o objetivo de avaliar a resistência à tração de sistemas adesivos com “primers” autocondicionantes, MIYASAKA & NAKABAYASHI, em 1999, utilizaram soluções aquosas de 30% de HEMA com 1, 5 e 20% de fenil-P, por 10 segundos e soluções de 30% de HEMA com 1% de fenil-P por 10, 30 e 60 segundos, em superfícies dentinárias bovinas, desgastadas com lixas granulação 180 e condicionadas com 20 µl de EDTA com pH de 7,4. Os resultados obtidos revelaram que os valores de adesão decresceram significativamente com o aumento da concentração do monômero ácido e do tempo de aplicação da solução. Através da avaliação em MEV, foi possível observar que a espessura da camada híbrida aumentou de 1 para 3 µm, quando a concentração de fenil-P aumentou de 1 para 20% e o período de aplicação de 10 para 60 s. Esse fato confirma a hipótese de que a profundidade de desmineralização da dentina depende da agressividade e do tempo de aplicação do ácido, contudo, camadas híbridas mais espessas não promoveram, necessariamente, maiores valores de adesão, uma vez que o que importa para a resistência adesiva é o grau de penetração dos monômeros resinosos no substrato descalcificado. Os autores concluíram, ainda, que o tratamento da dentina através da remoção da “smear layer”

pelo condicionamento da superfície com EDTA associado à aplicação de “primers” à base de fenil-P, proporciona uma alta qualidade de hibridização do substrato e, conseqüentemente, valores de adesão satisfatórios.

LUCENA – MARTIN et al., em 1999, realizaram um estudo para avaliar a eficácia da adesão de sistemas frasco único aplicados sobre a dentina com pressão pulpar simulada e a influência do tempo de armazenamento na resistência ao cisalhamento desses adesivos. Com terceiros molares, com superfície em dentina profunda, acoplados ao aparato que simula a pressão pulpar fisiológica, foram divididos aleatoriamente em 5 grupos (n=20), de acordo com os adesivos utilizados: G1-Syntac Single; G2-Prime & Bond 2.0; G3-One Step; G4-Single Bond e G5-OptiBond Solo. As amostras foram armazenadas em água por 1 ou 4 semanas até o início do ensaio de resistência. Os autores observaram que os resultados obtidos nesse estudo foram menores, quando comparados com os resultados apresentados em outros trabalhos nos quais a dentina superficial foi utilizada como substrato para adesão, e ainda que a resistência adesiva decresceu significativamente após o período de 4 semanas de imersão em água. Eles concluíram que a dentina profunda, por ser mais permeável, principalmente após o condicionamento ácido, se apresentou com excesso de umidade, devido ao extravasamento de fluidos ocasionado pela pressão positiva simulada, e conseqüentemente, essa umidade causou o decréscimo dos valores de adesão pela diluição dos “primers” e ainda dificultou a penetração dos monômeros resinosos na dentina desmineralizada, promovendo a presença de uma

área de colágeno desprotegido, mais susceptível à hidrólise, que possivelmente causou o decréscimo dos valores de adesão, após 4 semanas de imersão em água.

Os efeitos da profundidade da dentina e da configuração cavitária na adesão foram avaliados por YOSHIKAWA et al., em 1999, em um estudo no qual os adesivos Clearfil Liner Bond 2, One-Step e Super-Bonder D Liner foram aplicados a superfícies de dentina superficial e profunda (fator cavitário= 1) e ainda em preparos cavitários do tipo classe I cuja parede pulpar também se encontrava em dentina profunda (fator cavitário= 3). Após a inserção incremental da resina Clearfil Photo Posterior, as amostras foram armazenadas em água a 37°C por 24 h até o início do preparo das mesmas para o ensaio de microtração e análise em MEV das superfícies fraturadas. Os resultados demonstraram não haver diferença estatística significativa entre os valores obtidos pelo adesivo autocondicionante em dentina superficial e profunda, uma vez que esses sistemas são menos sensíveis às variações na profundidade da dentina e das conseqüências que essas possam apresentar na adesão. O mesmo não aconteceu com os sistemas que utilizaram o condicionamento prévio do substrato, nos quais os valores de adesão decresceram significativamente para dentina profunda. O aumento do fator cavitário promoveu o decréscimo da adesão de todos os sistemas adesivos avaliados devido às tensões geradas durante a contração de polimerização do compósito que enfraquecem a sua união com as paredes do preparo. Contudo, esse fato só foi significativo para o sistema Super-Bond D Liner que apresentou maior sensibilidade à profundidade da dentina, resultando em menores valores de adesão, insuficientes para suportar a carga gerada na interface.

Com o propósito de avaliar o efeito da densidade (DT) e da área ocupada pelos túbulos dentinários (AO) na resistência à tração (RT) de dois sistemas adesivos, Clearfil Liner Bond 2 (LB) e Prime & Bond 2.1 (PB), GIANNINI, em 1999, utilizou superfícies oclusais em dentina de terceiros molares humanos desgastadas em 3 diferentes níveis de profundidade: profunda, média e superficial. Após a hibridização das mesmas e aplicação do compósito Z-100, os dentes foram preparados e submetidos ao teste de tração. Os espécimes fraturados na interface adesiva foram preparados para avaliação em MEV. Os valores médios em MPa foram: LB  $26,04 \pm 10,25$  e PB:  $42,64 \pm 15,20$ . O sistema PB apresentou uma significativa relação inversa entre DT e RT; e AO e RT. Nenhuma correlação estatisticamente significativa foi observada entre os dois parâmetros para o adesivo LB. O autor concluiu que, quanto maior a DT e AO, menor a RT para o adesivo PB que apresentou valores médios de RT superiores em relação ao adesivo LB.

A qualidade da adesão à dentina é de significativa importância para a longevidade da restauração uma vez que a infiltração de fluidos através da interface ocasiona a redução da resistência adesiva pela hidrólise do colágeno desprotegido e diluição dos monômeros não convertidos em polímeros. Devido a isso, SANO et al., em 1999, realizaram um estudo “in vivo” para avaliar as mudanças morfológicas da camada híbrida, frente aos desafios bucais, com o passar do tempo. Para tal, cavidades em dentina foram preparadas em dentes de macacos, sob ação de anestesia geral, para a aplicação do sistema autocondicionante Clearfil Liner Bond 2. Os dentes

foram extraídos imediatamente, 180 e 360 dias após a realização das restaurações para serem submetidos ao ensaio de microtração e análise em FE-MEV. Os resultados demonstraram não haver diferenças significativas entre os valores de adesão obtidos nos três períodos avaliados, contudo, foi observado um aumento de porosidades na camada híbrida com o passar do tempo, devido à hidrólise dos componentes resinosos hidrófilos polimerizados ou não. Provavelmente, o meio potencialmente ácido promovido pelo “primer” autocondicionante dificultou a total conversão dos monômeros em uma resistente cadeia polimérica, promovendo a perda acentuada dos mesmos e o aumento do volume ocupado pela água infiltrada, que conseqüentemente causou o decréscimo do módulo de elasticidade da camada híbrida. Esses fatores sugerem que a deterioração da adesão nas interfaces envelhecidas ocorreram devido à perda de material resinoso ao invés da degradação hidrolítica das fibras colágenas.

Um estudo laboratorial foi conduzido por BARKMEIER, HAMMESFAHR & LATTA, em 1999, para determinar a resistência adesiva do sistema Prime & Bond 2.1 de acordo com as suas diferentes formas de aplicação. Superfícies vestibulares em esmalte e dentina foram preparadas com lixas de carbureto de silício 600 e divididas em 9 grupos (n=10). O sistema Prime & Bond 2.1 foi aplicado na dentina, com ou sem condicionamento com ácido fosfórico, durante 30 ou 20 segundos, fotoativado por 10 segundos e reaplicado. Em outro grupo, o adesivo foi aplicado em única camada por 20 segundos. No esmalte, a única variação de tratamento foi o tempo de aplicação, uma vez que todas as superfícies foram condicionadas. Os resultados do teste de resistência ao cisalhamento revelaram que a adesão do sistema Prime & Bond

2.1 foi significativamente maior em esmalte do que em dentina, contudo, não houve diferença significativa entre as três formas de aplicação e entre os valores de resistência apresentados pela dentina condicionada ou íntegra, uma vez que a presença do PENTA, pode ter causado uma desmineralização da superfície. Dessa forma, os autores concluíram que quando utilizado na técnica do substrato úmido, o sistema Prime & Bond 2.1 apresenta valores satisfatórios de resistência adesiva.

PEREIRA et al., em 1999, utilizaram o teste de microtração para comparar a adesão em diferentes sítios de dentina de acordo com a permeabilidade e umidade intrínseca desse substrato. Para tal, terceiros molares, com superfície oclusal em dentina e espessura de “smear layer” padronizada com lixas de carbureto de silício 600, foram aleatoriamente divididos em 3 grupos: no G1- os adesivos Clearfil Liner Bond 2 (CLB2), autocondicionante, e One Step (OS), frasco único, foram aplicados à superfície sem a simulação da pressão pulpar; no G2- os mesmos sistemas foram aplicados à superfície dentinária sob o efeito da pressão pulpar simulada de 15 cmH<sub>2</sub>O; no G3- os adesivos foram aplicados na dentina ressecada durante a noite por um dissecador. Após a confecção de coroas de compósito na superfície hibridizada, os dentes foram seccionados para obtenção de espécimes, da área acima dos cornos pulpares, da região central e da periferia, que foram submetidos ao teste de microtração. Nenhuma diferença regional significativa foi observada para o sistema CLB2 nos grupos G1 e G2. O mesmo não ocorreu com o sistema OS que apresentou um decréscimo significativo de resistência adesiva na região mais úmida acima dos cornos pulpares, nesses mesmos grupos. As médias de resistência apresentadas pelo

grupo G3 foram estatisticamente menores para os dois sistemas avaliados, sem evidências de diferenças regionais de adesão, uma vez que o ressecamento da superfície dificultou a interação e difusão dos sistemas na dentina subjacente. Os autores concluíram que a umidade intrínseca da dentina é um fator de extrema importância para a adesão de sistemas adesivos, principalmente dos que utilizam o condicionamento prévio do substrato. O aumento da permeabilidade, através da remoção da “smear layer” e alargamento dos túbulos, facilita o extravasamento de fluidos, que ocorre em maior quantidade nas áreas próximas à polpa. Esse excesso de umidade da superfície ocasiona a diluição do “primer” e resulta no fenômeno do sobremolhamento. Contudo, a variação da umidade e a simulação de uma pressão pulpar positiva não influenciaram a adesão dos sistemas autocondicionantes, que se mostraram menos sensíveis aos efeitos das diferenças regionais da dentina.

Com o objetivo de revisar os fatores que afetam a permeabilidade do adesivo na dentina desmineralizada durante a adesão, CARVALHO et al., em 1999, relataram que a formação da camada híbrida ideal requer a infiltração de monômeros na totalidade da dentina desmineralizada e a completa polimerização dos mesmos para reforçar e proteger o colágeno exposto, resultando em uma camada adesiva estável e impermeável. No entanto, alguns fatores prejudicam essa permeação e, entre eles, a presença do colágeno colapsado resultante da desmineralização da “smear layer”, o grau de umidade do substrato após o condicionamento ácido, a localização e profundidade dentinária foram os mais citados. Os autores relataram que, apesar da infiltração do adesivo ocorrer lateralmente através dos túbulos e canais laterais, a

redução das porosidades interfibrilares, devido aos fatores supracitados, pode causar o decréscimo da concentração dos monômeros na camada híbrida e, conseqüentemente, a formação de áreas defeituosas que formam o elo fraco da adesão e facilitam a infiltração de fluidos bucais que, por sua vez, causam a degradação hidrolítica do colágeno não protegido e dos monômeros não polimerizados.

Por meio de uma revisão da literatura, UNTERBRINK & LIEBENBERG, em 1999, observaram que a adesão à dentina apresenta muitas variáveis relacionadas com a técnica adesiva. Eles relataram que um dos principais problemas da hibridização é a discrepância entre a profundidade de dentina desmineralizada e a profundidade de infiltração dos monômeros resinosos que promove a formação de uma área de colágeno exposto não encapsulado sujeita à degradação hidrolítica, que, conseqüentemente, reduz os valores de resistência e a durabilidade da restauração. Contudo, os autores afirmaram que os sistemas hidrófilos com solventes orgânicos, quando utilizados estritamente dentro da técnica recomendada pelos fabricantes, formam uma camada híbrida densa e sem defeitos, menos susceptível à agressividade do meio bucal e, além disso, adesivos mais viscosos, que apresentam cargas na sua composição, apesar de apresentarem um maior módulo de elasticidade, absorvem mais as tensões geradas durante a contração de polimerização, pois formam uma camada mais espessa na parede da cavidade, conferindo a mesma elasticidade que reduz a formação de trincas na interface e, conseqüentemente, a infiltração marginal.

Investigando a hipótese de que o aumento da concentração de água presente na composição de sistemas adesivos pode resultar em polímeros com propriedades físicas inferiores, PAUL et al., em 1999, utilizaram soluções de “primers” experimentais quimicamente ativadas, compostas por HEMA, CQ e 5, 9, 17 ou 29% de água respectivamente, de acordo com cada grupo experimental, e de adesivos consistindo em uma mistura de HEMA, Bis-GMA, CQ e 5, 9, 17 ou 29% de água em volume, na confecção de espécimes que foram submetidos aos testes de tração, módulo de elasticidade, dureza e alongamento após 1 hora de armazenamento em ambiente seco ou 24 h de armazenamento em água. As amostras dos adesivos contendo 17 e 29% de água não foram testadas, pois uma solução homogênea não foi obtida mesmo após mistura em ultra-som. Os resultados mostraram que as propriedades mecânicas das amostras do “primer” e adesivo armazenadas em ambiente seco não foram alteradas pela incorporação de até 9% de água em suas soluções antes da polimerização. Acima disso houve um decréscimo significativo das mesmas. O armazenamento dos polímeros do “primer” em água por 24 h promoveu um decréscimo significativo das suas propriedades, por outro lado, somente as amostras de adesivo com mais de 5% de água foram afetadas significativamente. Devido a isso, foi possível concluir que a degradação dos polímeros ocorre mais intensamente em função do seu armazenamento em água, que pode ocasionar o afrouxamento da rede polimérica e a solubilização dos monômeros não convertidos, do que da concentração da mesma nos sistemas antes da polimerização.

Uma revisão da literatura foi realizada por GALE & DARVELL, em 1999, com o intuito de elucidar os fatores que acometem a permeabilidade dentinária. Os autores observaram que o tecido dentinário intacto é muito permeável e possibilita a penetração de moléculas no seu interior sem que haja necessariamente a presença de fendas na interface adesiva. Essa permeabilidade se deve à presença de túbulos que se estendem paralelamente uns aos outros desde a câmara pulpar até a junção amelo-dentinária. Além desses, há ainda a formação de túbulos secundários que promovem a união entre os canais principais, e quando penetrados pelos monômeros resinosos, aumentam significativamente os valores de adesão. A formação da “smear layer” na superfície decresce significativamente a permeabilidade da dentina, reduzindo a penetração do adesivo na mesma. O condicionamento ácido, além de remover essa camada de debris, promove o alargamento dos túbulos, facilitando a difusão dos monômeros, contudo essa difusão pode ser prejudicada na dentina vital pelo extravasamento do fluido pulpar através de uma pressão pulpar positiva de 25 mmHg. Os autores observaram que outros mecanismos vitais, em adição ao fluido dentinário, reduzem a penetração na dentina “in vivo”, dentre eles, a presença dos prolongamentos dos odontoblastos e o bloqueio pela precipitação de proteínas do sangue e de minerais devido à traumas ou ao envelhecimento são os mais freqüentes.

PERDIGÃO et al., em 1999, realizaram um estudo para avaliar a atuação de uma solução aquosa com HEMA no reumedecimento da dentina ressecada, devido à capacidade desse monômero hidrófilo de aumentar a molhabilidade, penetração e adaptação do adesivo no substrato dentinário. Superfícies vestibulares de incisivos

bovinos foram preparadas para o teste de resistência ao cisalhamento e avaliação em MEV. Após o condicionamento ácido, o substrato dentinário foi secado levemente com papel absorvente, ressecado com jatos de ar por 5 segundos a 2 cm de distância ou ressecado com jatos de ar e reumedecido com solução de HEMA e água- Aqua-Prep- para a aplicação dos sistemas OptiBond Solo, Prime & Bond 2.1 e Single Bond, de acordo com cada grupo experimental. Os maiores valores de resistência foram obtidos com a dentina úmida, uma vez que todos os sistemas adesivos apresentaram uma satisfatória penetração no substrato condicionado. Esses valores foram semelhantes aos obtidos pelo substrato reumedecido pela solução Aqua-Prep que promoveu uma expansão das fibras colágenas e um aumento dos espaços interfibrilares, facilitando a penetração dos sistemas adesivos. Houve um decréscimo significativo da adesão, quando a dentina foi ressecada com jatos de ar devido ao colapso do colágeno, contudo, esse fato não interferiu significativamente na atuação do sistema Single Bond, uma vez que o mesmo apresenta água na sua composição capaz de reumedecer o substrato. O sistema Prime & Bond 2.1 apresentou valores inferiores de adesão, provavelmente devido à secagem mais intensa do substrato com papel absorvente. A ausência de HEMA nesse sistema faz com que a difusão do adesivo seja prejudicada. Dessa forma, há a necessidade de que o aderente esteja satisfatoriamente úmido para que a acetona auxilie na difusão do mesmo, favorecendo a completa hibridização. Os autores relataram ainda que a incompleta penetração dos monômeros resinosos na dentina desmineralizada possivelmente não causa um grande prejuízo à adesão, visto que a remoção das proteínas não colágenas pelo condicionamento ácido favorece a remineralização da zona de colágeno exposta

e não encapsulada em condições ambientais ideais, fazendo com que a nanoinfiltração e todos os problemas ocasionados por ela sejam temporários e sem importância clínica a longo prazo.

Para investigar se a inconsistência dos valores de adesão obtidos com o teste de microtração foi causada pelo preparo do espécime, pelas propriedades do material, pela heterogeneidade do substrato aderente ou pela sensibilidade da técnica, SHONO et al., em 1999, realizaram um estudo no qual uma nova versão do teste de microtração foi desenvolvida. Superfícies em dentina superficial e profunda foram obtidas para a aplicação dos sistemas One-Step, por dois diferentes clínicos, e Tokuso MacBond e posterior confecção da porção coronária com o compósito Z-100. Após o armazenamento em água a 37°C por 24 h, cada dente foi seccionado verticalmente para a obtenção de fatias que foram mais uma vez seccionadas, originando palitos retangulares com aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> de diâmetro. Cada espécime foi testado individualmente pela versão “nontrimming” do teste de microtração, e o modo de fratura foi analisado em MEV. Os resultados revelaram que o clínico B obteve resultados de adesão maiores e mais uniformes com o sistema One Step do que o clínico A, e essa diferença está muito mais relacionada com a sensibilidade de técnica desse sistema do que com variações promovidas pelo teste de adesão empregado. Através da metodologia empregada, foi possível observar que os valores de resistência apresentaram diferenças em função da localização da dentina para os 2 sistemas avaliados. Os autores concluíram que as maiores diferenças observadas na adesão

estão muito mais relacionadas com a variabilidade do operador, do substrato e da técnica de aplicação do que com a composição dos sistemas adesivos utilizados.

TAY et al., em 1999, realizaram um estudo para examinar a ultra estrutura da interface adesiva formada pelo sistema frasco único Prime & Bond NT que apresenta em sua composição cargas nanométricas com superfícies modificadas cuja função inicial é de promover um maior preenchimento dos espaços interfibrilares da dentina desmineralizada e, conseqüentemente, aumentar a resistência interna da camada híbrida. Vinte e quatro discos de dentina foram divididos em 2 grupos de acordo com o tipo de condicionamento utilizado. No grupo 1 foi aplicado o condicionador sem lavagem e no grupo 2 as superfícies dentinárias foram condicionadas com ácido fosfórico gel a 36% por 15 s. Após o condicionamento, uma única camada do sistema Prime & Bond NT foi aplicada e os discos de dentina foram unidos pela interface adesiva aos pares para serem avaliados em TEM e em Espectrofotômetro de Energia de Dispersão. Os resultados obtidos revelaram que as cargas nanométricas ficaram acumuladas na camada adesiva e ao redor dos orifícios de entrada aos túbulos e não conseguiram penetrar nos espaços interfibrilares em ambas situações avaliadas. Os autores concluíram que a reposição dos cristais de apatita perdidos durante a desmineralização não pôde ser realizada pelas cargas nanométricas presentes no adesivo, ocasionando a formação de uma camada híbrida defeituosa. No entanto, a maior espessura da película adesiva na interface funciona como uma camada mais elástica, capaz de absorver tensões durante a contração de polimerização.

Com a premissa de determinar a profundidade de desmineralização da dentina intacta de sistemas que apresentam “primers” autocondicionantes com diferentes valores de pH e ainda avaliar os efeitos da espessura da “smear layer” na hibridização da mesma pelo sistema Clearfil SE Bond, TAY et al., em 2000 a, utilizaram 28 discos de dentina média divididos entre os dois experimentos. No primeiro experimento, as superfícies foram desgastadas com lixas de carbureto de silício, granulação 600, com o objetivo de padronizar a espessura da “smear” criada. Dezesesseis discos dentinários foram divididos em 4 grupos, dos quais três formados por “primers” autocondicionantes: Clearfil Liner Bond 2 (pH= 1,4); Clearfil Liner Bond 2V (pH= 2,8) e Clearfil SE Bond (pH= 2,0), e um grupo controle formado pelo sistema All Bond 2 sem o condicionamento prévio da dentina. Para o segundo estudo, as superfícies dentinárias foram desgastadas com lixas de carbureto de silício granulações 600, 180 e 60, de acordo com seu grupo experimental, para a aplicação do sistema Clearfil SE Bond. O controle consistiu na aplicação desse “primer” autocondicionante na dentina crio-fraturada com ausência da película de “smear layer”. Após a adesão, todas as amostras foram preparadas para avaliação em MET, através do qual se pôde observar que os sistemas com “primers” ácidos foram capazes de penetrar através da lama dentinária com suficiente acidez para condicionar a superfície subjacente de dentina intacta e formar uma camada híbrida autêntica que se apresentou mais espessa para o sistema com maior acidez, enquanto o sistema All Bond 2 não foi capaz de promover a hibridização da dentina, apesar de ter-se difundido pela película de debris. A aplicação do sistema Clearfil SE Bond à dentina com diferentes espessuras de “smear layers” não interferiu na formação de uma zona dentina

hibridizada, cuja resistência inicial foi independente da sua espessura. Contudo, os autores concluíram que a lama dentinária pode oferecer grandes prejuízos à durabilidade da adesão, uma vez que essa camada de debris dificulta a penetração do adesivo e, conseqüentemente, a integração dos “tags” resinosos com a camada híbrida ao seu redor, promovendo uma interface formada por uma película fina e descontínua de monômeros, cuja atuação mediante a ciclagem térmica e as tensões mastigatórias ainda é desconhecida e necessita de estudos a longo prazo.

Ainda no mesmo ano (2000 b), TAY *et al.*, desenvolveram uma pesquisa para avaliar a influência da “smear layer” na adesão do sistema autocondicionante Clearfil Mega Bond à dentina. Terceiros molares com superfícies em dentina foram aleatoriamente divididos em 3 grupos experimentais, nos quais a lama dentinária foi criada pelo desgaste com lixas de carbureto de silício com diferentes granulações: G2- granulação 600; G3- granulação 180; G4- granulação 60. No grupo 1, os dentes foram criofaturados, e as superfícies resultantes se apresentaram livres da película de debris. Após a aplicação do sistema adesivo, as superfícies foram restauradas com compósito, preparadas para a versão “nontrimming” do teste de microtração, e as interfaces obtidas após a fratura das amostras foram avaliadas em MEV e MET. Através dos resultados obtidos, observou-se que o sistema Clearfil Mega Bond, apesar de apresentar um complexo híbrido de pouca espessura, revelou altos valores iniciais de resistência adesiva (em média 50 MPa) tanto para a dentina coberta pela “smear layer” formada pelo desgaste com as diferentes granulações de lixas, quanto para as superfícies livres dessa película. A hibridização da “smear layer” e sua incorporação na

camada híbrida foi possível devido ao mecanismo de ação desse sistema adesivo que apresenta acidez suficiente para dissolver a mesma e desmineralizar a dentina subjacente ao mesmo tempo que carrega monômeros resinosos, resultando em uma adesão inicial mais uniforme e resistente. Contudo, a longevidade dessa união ainda é uma incógnita e necessita de estudos a longo prazo.

Com o objetivo de determinar a resistência à tração e o módulo de elasticidade da dentina humana desmineralizada após diferentes períodos de armazenamento, CARVALHO et al., em 2000, utilizaram palitos de dentina desmineralizada pela imersão em EDTA a 0,5 mol/L por 6 dias a 25°C, que foram armazenados em solução salina fosfato-tamponada (pH= 7.4), sem adição de agentes antimicrobianos, em temperatura ambiente, por 24h (grupo controle); 18 e 48 meses. Após esses períodos, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência à tração e os resultados obtidos foram utilizados para calcular o módulo de elasticidade dos mesmos. Amostras do grupo controle e do grupo armazenado por 48 meses foram preparadas para avaliação em MET. Nenhuma mudança significativa nas propriedades mecânicas da dentina desmineralizada foi observada após o longo período de armazenamento uma vez que os resultados obtidos após 48 meses não diferiram estatisticamente dos valores obtidos após 24h. As imagens obtidas em TEM revelaram fibras colágenas intactas sem sinais de degradação e a presença de algumas bactérias no interior dos túbulos. Os autores concluíram que a precipitação de sais sobre e no interior da dentina desmineralizada possivelmente causou o aumento da rigidez, mas não da resistência, das fibras colágenas, contrariando a hipótese de que a solução salina

causaria a degradação dessas fibras e a redução das propriedades mecânicas das mesmas. Além disso, os autores ressaltaram que o condicionamento com EDTA, por ser menos agressivo, permitiu uma menor profundidade de desmineralização do substrato e, conseqüentemente, uma infiltração mais uniforme de resina, evitando, assim, a presença de colágeno exposto na área adesiva.

Para confirmar a hipótese de que o colágeno exposto, não encapsulado, é mais susceptível à hidrólise, HASHIMOTO et al., em 2000 a, realizaram um estudo “in vivo” no qual cavidades classe II, confeccionadas em molares decíduos anestesiados, foram hibridizadas pela técnica da adesão ao substrato úmido pelo sistema Scotchbond Multi Uso, restauradas com o compósito Z100 e avaliadas imediatamente e após envelhecimento no próprio ambiente bucal por 1, 2 e 3 anos. Findos esses períodos, os dentes foram extraídos e preparados para o teste de microtração, e as superfícies fraturadas foram analisadas em MEV. Através da análise estatística, foi possível observar que os valores de adesão decresceram significativamente após os diferentes períodos de avaliação. As evidências estruturais sugeriram que esse decréscimo pode ter sido ocasionado pela infiltração de fluidos na dentina desmineralizada não infiltrada e conseqüente degradação hidrolítica das fibras colágenas não encapsuladas e ainda pela separação entre as partículas rígidas de carga e a matriz provocada pela absorção de água pelo compósito, ocasionando uma falha interfacial, formação de trincas e redução das propriedades mecânicas do mesmo em uma situação clínica.

A qualidade e a durabilidade do selamento da interface dente/material restaurador são de primordial importância para a longevidade da restauração. Devido a isso, LI, BURROW & TYAS, em 2000, avaliaram, através de FE-MEV, o padrão de infiltração de partículas de nitrato de prata na dentina tratada com os sistemas adesivos Single Bond, One Coat Bond, Prime & Bond NT com condicionador sem lavagem e PermaQuik. Todos os sistemas falharam em promover um selamento satisfatório da interface, principalmente o sistema Prime & Bond NT que apresentou infiltração de partículas de prata em quase toda espessura da fina camada híbrida por ele formada e ainda na região abaixo desta camada, indicando que a dentina desmineralizada não foi completamente infiltrada pelos monômeros resinosos. Os autores sugeriram que as cargas nanométricas presentes no adesivo se acumularam na superfície dentinária, formando uma barreira à penetração dos monômeros resinosos, promovendo a formação de uma zona hibridizada fina (1-2  $\mu\text{m}$ ) e não uniforme, que conseqüentemente facilita a infiltração marginal e degradação hidrolítica do colágeno não encapsulado.

A influência do meio de armazenamento na durabilidade da adesão à dentina de cimentos resinosos foi avaliada por KITASAKO et al., em 2000. Devido aos efeitos deletérios que os desinfetantes químicos promovem na resistência adesiva, os autores utilizaram para a realização desse estudo água e solução salina tamponada, trocadas todos os dias ou não trocadas durante um ano, sem a adição de agentes antimicrobianos, como soluções de armazenamento para dentina bovina restaurada

com os cimentos Panavia 21, Bistite e MASA Bond. Os resultados obtidos com o teste de resistência ao cisalhamento revelaram não haver diferença estatisticamente significativa entre as duas soluções avaliadas, porém, os resultados de adesão foram significativamente menores para os grupos nos quais as mesmas foram trocadas todos os dias. Segundo os autores, a troca constante das soluções provavelmente acelerou a hidrólise da interface entre a camada híbrida e a dentina desmineralizada e não infiltrada por monômeros resinosos e ainda induziu a perda de cálcio da dentina, resultando em uma maior exposição de colágeno desprotegido. De maneira diferente, quando as soluções não foram substituídas, ocorreu um equilíbrio das trocas de íons cálcio entre estas e a dentina.

A resistência e a durabilidade da adesão à dentina desmineralizada intertubular depende do grau de infiltração dos monômeros resinosos nos espaços interfibrilares previamente ocupados por cristais de hidroxiapatita. Devido a isso, PASHLEY et al., em 2000, desenvolveram um macromodelo para determinar, através de espectrofotometria, a quantidade de HEMA absorvido, após os períodos de 1, 10, 100 e 1000 min, pela dentina desmineralizada por EDTA a 0,5 M e secada com jatos de ar e compará-la com a infiltração do mesmo na dentina intacta, na dentina desmineralizada com EDTA a 0,5 M e mantida úmida, na dentina desmineralizada com EDTA a 0,5 M e secada quimicamente com acetona e, finalmente, na dentina desmineralizada por 1 ou 10 min com ácido fosfórico a 37%. Os resultados demonstraram que a dentina intacta foi o substrato que menos absorveu HEMA e que a dentina desmineralizada ressecada apresentou apenas 4% da quantidade total de

HEMA que penetrou no substrato desmineralizado úmido, que, por sua vez, foi significativamente menor do que a concentração desse monômero observada na dentina fixada pela acetona. O aumento do tempo de condicionamento com o ácido fosfórico não promoveu uma maior infiltração do HEMA, porém, o aumento do tempo de imersão das amostras no HEMA promoveu uma maior infiltração do mesmo em todos os grupos estudados. Dessa forma, os autores concluíram que a quantidade de infiltração de monômeros resinosos na dentina desmineralizada depende principalmente do grau de expansão da matriz de colágeno.

PERDIGÃO, em 2000, através de uma revisão sobre sistemas adesivos, revelou que a união ao esmalte é um procedimento simples e eficaz, enquanto a adesão à dentina continua sendo um grande desafio e, devido a isso, novas composições de adesivos dentinários surgem no mercado com freqüência, sendo os “primers” autocondicionantes exemplos dessa nova geração. Esses sistemas apresentam uma grande facilidade de técnica, uma vez que monômeros ácidos foram incorporados às suas composições, eliminando o condicionamento ácido prévio da superfície e todos os problemas que este ocasiona. Apesar de apresentarem uma camada híbrida muito fina, os resultados iniciais de resistência adesiva à dentina são satisfatórios, contudo, o contrário tem sido observado em relação à atuação destes no esmalte. O autor concluiu que os sistemas que utilizam o condicionamento ácido total ainda representam o melhor método para a obtenção de uma adesão eficaz, uma vez que a longevidade dos adesivos autocondicionantes e sua performance frente aos desafios bucais são desconhecidas.

Com o propósito de avaliar os resultados de adesão obtidos através dos testes de cisalhamento, tração e a versão “nontrimming” do teste de microtração, CARDOSO, BRAGA & CARRILHO, em 2000, utilizaram os sistemas Single Bond, Scotchbond Multi Uso Plus e Etch & Prime, que são respectivamente sistemas frasco único, múltiplos passos e autocondicionante, no preparo de amostras específicas para cada metodologia aplicada. Os resultados obtidos através da fratura dos espécimes revelou que o teste de microtração apresentou o menor coeficiente de variação e a maior média de resistência que provavelmente foi ocasionada pela menor inclusão de defeitos nas pequenas áreas adesivas utilizadas para a realização desse teste. Além disso, o uso de áreas com aproximadamente 1mm<sup>2</sup> de diâmetro ainda oferece a vantagem de mapear a adesão em diferentes regiões e profundidades de dentina, tornando possível a avaliação da influência da composição do substrato na adesão.

Devido à hipótese de que a incompleta penetração de monômeros resinosos na rede de micro poros do colágeno sem suporte mineral pode resultar em uma delicada zona dentro da camada híbrida responsável pela redução da adesão, PERDIGÃO et al., em 2000, testaram o efeito de diferentes condicionadores ácidos na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos e correlacionaram os valores de adesão com a profundidade de desmineralização da dentina intertubular. Os sistemas Opitbond Solo, PermaQuick e Single Bond foram aplicados nas superfícies dentinárias tratadas com ácido fosfórico gel a 37,5% (Kerr- profundidade de desmineralização- pd= 5,8 µm), ácido fosfórico gel a 35% (Ultraetch- pd= 1,9 µm) ou ácido fosfórico gel a 35%

(Scotchbond- pd= 3,0  $\mu\text{m}$ ), de acordo com cada grupo experimental. O tempo de 15 segundos de condicionamento foi padronizado para todos os grupos. Finda a termociclagem, os espécimes foram conduzidos ao teste de cisalhamento que revelou não haver correlação entre a espessura da camada híbrida e a resistência adesiva, contudo, camadas híbridas mais espessas absorveram melhor as tensões geradas durante a contração de polimerização. A análise em MET demonstrou que todos os sistemas penetraram satisfatoriamente na dentina desmineralizada, apesar dos sistemas que apresentam carga em sua composição terem promovido um acúmulo de monômeros na interface entre a dentina e a resina, formando uma camada intermediária de adesivo muito espessa. Os autores concluíram que os diferentes tipos de condicionadores ácidos em gel não afetam a resistência adesiva de sistemas frasco único quando os mesmos são aplicados por 15 segundos, seguindo as recomendações dos fabricantes.

Os sistemas adesivos com adição de cargas surgiram baseados no conceito das paredes elásticas da cavidade, no qual a elasticidade da interface dentina/restauração compensa as tensões de contração de polimerização do material restaurador. Por apresentarem tamanhos nanométricos, as partículas de carga penetram na dentina desmineralizada e produzem uma camada híbrida parcialmente preenchida com as mesmas. Com o propósito de avaliar a influência da presença dessas cargas na resistência à tração de sistemas adesivos, BRAGA, CESAR & GONZAGA, em 2000, realizaram um estudo no qual superfícies em dentina de dentes bovinos foram

preparadas para a hibridização com sistemas adesivos que apresentam ou não carga. Os resultados revelaram que o sistema Single Bond (sem carga- sc- 15,6 MPa) apresentou os maiores valores de adesão, que foram significativamente maiores dos obtidos pelos sistemas Prime & Bond NT de presa “dual” (com carga- cg- 8,5 MPa) e Prime & Bond 2.1 (sc- 7.1 MPa), contudo, os mesmos não apresentaram diferença estatística significativa para os adesivos Prime & Bond NT (cg- 11,3 MPa) e OptiBond Solo (cg- 11,8 MPa). Os autores concluíram que a performance dos sistemas com carga não foi tão expressiva quando comparados aos sistemas sem carga, porém, a condição experimental avaliada não incluiu o fator cavidade, no qual a presença de carga pode ter maior influência. Além disso, os sistemas adesivos à base de acetona apresentaram-se sensíveis à técnica, resultando no decréscimo dos valores de adesão em função da variação da umidade do substrato.

Com a intenção de avaliar as propriedades adesivas do sistema Clearfil SE Bond e compará-las com as dos adesivos Clearfil Liner Bond 2 e Clearfil Liner Bond 2V, HARADA et al., em 2000, realizaram um estudo no qual o esmalte e dentina bovinos e a dentina humana foram utilizados para testar esses sistemas, através dos ensaios de tração e microtração. Os resultados revelaram valores semelhantes de adesão para todos os adesivos avaliados, sendo que os mesmos foram levemente menores para o esmalte quando comparados à dentina. A análise em MEV revelou uma camada híbrida com espessura entre 1 e 1,5  $\mu\text{m}$  para todos os sistemas e ainda a incompleta formação de prolongamentos resinosos nos túbulos dentinários devido à

não-remoção dos “smear plugs”. Os autores concluíram que apesar do “primer” do sistema SE Bond apresentar menor acidez do que o ácido fosfórico utilizado nos sistemas convencionais, o mesmo proporciona resultados iniciais satisfatórios de resistência adesiva uma vez que a sua técnica é simples e não requer cuidados para manutenção dos espaços entre as fibras colágenas.

Através do teste de “Push-Out”, FRANKENBERGER, KRÄMER & PETSCHERT, em 2000, avaliaram a resistência adesiva dos sistemas Syntac Classic, Scotchbond Multi Uso Plus e Prime & Bond 2.1 aplicados em cavidades dentinárias de acordo com as instruções dos seus fabricantes e ainda com a simulação de erros técnicos, tais como: tempo prolongado de condicionamento, ressecamento com ar da superfície desmineralizada, secagem do “primer” imediatamente após sua aplicação e secagem excessiva do “primer”. A aplicação de erros resultou em menores valores de adesão para todos os sistemas estudados, revelando uma alta sensibilidade técnica, principalmente para o sistema frasco único à base de acetona Prime & Bond 2.1., que deve ser utilizado estritamente de acordo com seu protocolo de adesão.

Devido à importância da integridade marginal das restaurações de compósitos, SANTINI, PLASSCHAERT & MITCHELL, em 2000, realizaram um estudo “in vitro” para avaliar a infiltração da interface produzida por sistemas adesivos com carga aplicados à dentina úmida ou seca. Cavidades classe V foram preparadas na junção amelo/cementária das faces vestibulares e linguais de 60 molares e pré-molares, que foram aleatoriamente divididos em 5 grupos de acordo com o sistema adesivo

utilizado: OptiBond Solo, Perma Quick PQ1, ou Prime & Bond NT aplicado em uma ou duas camadas. O sistema Prime & Bond 2.1 foi utilizado como controle. Metade das cavidades para cada adesivo foi secada com jatos de ar por 15 segundos após o condicionamento ácido, e a outra metade foi deixada visivelmente úmida. Finda a hibridização, os dentes foram restaurados com compósito, termociclados e armazenados em solução de corante por 24 h. Após a avaliação do grau de penetração do corante, as amostras foram preparadas para observação em MEV. Todos os grupos apresentaram infiltração das margens em esmalte e dentina/cimento, contudo, o sistema Prime & Bond NT apresentou significativamente mais infiltração na interface cervical, quando aplicado em única camada, do que os outros sistemas avaliados. Os autores observaram que o selamento marginal satisfatório pode ser obtido através de uma completa infiltração do sistema adesivo no substrato condicionado, para tal, é extremamente importante que esse sistema apresente uma molhabilidade ideal para se difundir. A incorporação de partículas de cargas nanométricas (7 nm) e de dois tipos de pequenas resinas no adesivo Prime & Bond NT, promoveu um aumento da sua viscosidade, o que pode ter ocasionado um decréscimo da sua molhabilidade e conseqüentemente da sua capacidade de difusão, promovendo uma interface não completamente selada, o que contribuiu para a infiltração marginal.

A incompleta impregnação de monômeros resinosos na rede de fibras colágenas expostas pelo condicionamento ácido resulta na redução dos valores de adesão, sendo que uma inadequada hibridização aumenta, de forma considerável,

com o aumento da profundidade de desmineralização. Devido a isso, HASHIMOTO et al., em 2000 b, realizaram um estudo para avaliar a influência do tempo de condicionamento ácido na espessura da camada híbrida e na resistência adesiva. Superfícies em dentina foram condicionadas com ácido fosfórico gel a 35% por 15, 60, 120 e 180 segundos de acordo com seu grupo experimental. Após a hibridização com o sistema Scotchbond Multi Uso e restauração com o compósito Z-100, os dentes foram preparados para obtenção de espécimes para o teste de tração. Amostras de cada grupo foram preparadas para determinar a relação entre a espessura da camada híbrida e o tempo do condicionamento em MEV. O aumento do tempo de condicionamento causou a diminuição dos valores de adesão e formação de uma camada híbrida mais espessa e menos densa, no entanto, essa diferença só foi significativa a partir do condicionamento por 120 segundos. Devido a isso, foi possível confirmar a premissa desse estudo, na qual o tempo prolongado de condicionamento promoveu uma desmineralização profunda do substrato, o que dificultou a completa infiltração do adesivo e uma adequada hibridização, resultando em valores mais baixos de adesão, visto que falhas são mais facilmente induzidas nessas áreas.

Para avaliar o papel da espessura da camada intermediária de adesivo nas tensões geradas durante a contração de polimerização dos compósitos e na infiltração das margens da restauração, CHOI, CONDON & FERRACANE realizaram um trabalho em 2000, no qual a carga máxima de contração do compósito Herculite XRV foi obtida através de um tensilômetro à medida que a espessura da camada de adesivo do sistema Scotchbond Multi Uso variou de 20 para 300  $\mu\text{m}$ . Para o teste de

infiltração, 24 incisivos bovinos com cavidades foram divididos em 4 grupos experimentais (n=6) nos quais as variáveis em estudo eram o fator cavitário (C)- C=2 e C=3- e a espessura do sistema adesivo. Finda a hibridização, as cavidades foram restauradas com compósito, e os dentes foram imersos em solução de nitrato de prata por 24 h para avaliar o grau de penetração do corante em estereomicroscópio. Os resultados mostraram que a tensão de contração de polimerização e, em consequência, a infiltração das margens, decresceram significativamente com o aumento da espessura da camada de adesivo que apresentou baixo módulo de elasticidade capaz de absorver e liberar essas tensões. Contudo, os autores afirmaram que uma camada espessa de resina sem carga na interface pode ocasionar uma maior contração volumétrica da restauração, sendo que a incorporação de cargas no adesivo, apesar de amenizar esse problema, causa um aumento da dureza dessa camada interfacial e, ainda, o fator cavidade atua negativamente na qualidade da união dente/restauração.

Com o objetivo de avaliar a influência dos métodos de secagem da dentina na resistência às forças de cisalhamento de dois sistemas adesivos dentinários, PEREIRA & PAULILLO, em 2000, utilizaram as superfícies vestibular, lingual ou palatina em dentina de 105 terceiros molares hígidos recém-extraídos e armazenados em solução de formol a 10% com pH neutro. Após o condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos e lavagem com jatos de água por 20 segundos, foram empregados 7 métodos de secagem dentinária: jatos de ar por 30 segundos (grupos 1 e 2); jatos de ar por 5 segundos (grupos 3 e 4); sem secagem (dentina sobremolhada, grupos 5 e 6);

bolinhas de algodão seco (grupos 7 e 8); bolinhas de algodão úmido (grupos 9 e 10); esponja (pincel tipo “microbrush”, grupos 11 e 12) e papel absorvente (grupos 13 e 14). Em seguida, o sistema adesivo Prime & Bond 2.1 foi aplicado nos grupos ímpares, e nos grupos pares utilizou-se o sistema adesivo Scotchbond Multi Uso. Cilindros com 3 mm de diâmetro e 5 mm de altura foram confeccionados com a resina composta Z100 na área delimitada para a adesão, obtendo um total de 210 corpos-de-prova. Após 7 dias de armazenamento em ambiente a 37°C com 100% de umidade relativa, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento a uma velocidade de 0,5 mm/min. O teste t-Student apontou os resultados em MPa: Grupo 9= 23,2 (a), G3= 21,3 (ab), G2= 19,5 (bc), G10= 18,6 (bc), G14= 16,3 (cd), G8= 16,1 (cd), G4= 14,6 (de), G13= 14,0 (de), G11= 13,9 (de), G7= 13,5 (de), G12= 12,1 (e), G1= 8,2 (f), G5= 2,7 (g) e G6= 2,4 (g). Através da análise estatística foi possível concluir que os valores de adesão para o sistema Prime & Bond 2.1 foram estatisticamente maiores quando esse adesivo foi aplicado na dentina deixada úmida pelo método de secagem. Por outro lado, médias satisfatórias de resistência para o sistema Scotchbond Multi Uso foram obtidas, quando esse foi aplicado ao substrato seco. Contudo esses valores não apresentaram diferença estatística significativa para os resultados dos grupos em que a dentina permaneceu mais úmida após a sua secagem. Ambos os adesivos apresentaram uma menor resistência adesiva quando aplicados ao substrato sobremolhado, no qual nenhum método de secagem foi empregado.

Para comparar a resistência à microtração de sistemas adesivos à dentina, BOUILLAGUET et al., em 2001, utilizaram porções radiculares de incisivos centrais bovinos que foram preparadas com lixas de SiC 600 para a obtenção de superfícies dentinárias, com espessura da “smear layer” padronizada, nas quais os sistemas múltiplos passos: Scotchbond Multi Uso Plus- G1 e OptiBond FL- G2, frascos únicos: Prime & Bond NT- G3, Scotchbond 1- G4, Excite- G5 e Asba Single Component Adhesive- G6 e autocondicionantes: Clearfil Liner Bond 2V- G7 e Prompt L- G8, foram aplicados. Findos a hibridização e a restauração com o compósito Z-100, todas as amostras foram preparadas para o teste de microtração. Os resultados revelaram que o grupo 1 apresentou os maiores valores de adesão, seguido do G2, G4, G7, G3, G6, G5 e G8. Os sistemas múltiplos passos apresentaram uma camada mais espessa do adesivo na interface de união, que possivelmente proporcionou uma maior absorção das tensões da contração de polimerização do compósito, resultando nos valores mais altos de adesão. O sistema Prime & Bond NT promoveu a formação de uma camada híbrida que, apesar de espessa, apresentou defeitos no seu interior. Foi observado ainda ser de extrema importância o tempo de aplicação dos sistemas autocondicionantes, principalmente dos quimicamente ativados, uma vez que um maior tempo de aplicação pode ser necessário para uma satisfatória desmineralização e infiltração dos monômeros na dentina, resultando em uma adesão estável e duradoura.

### 3- PROPOSIÇÃO

O propósito deste estudo foi avaliar a influência do sítio de adesão dentinária, dentina acima da região dos cornos pulpares e abaixo da fóssula oclusal central, e do tempo de armazenamento em água destilada, 7, 60 ou 180 dias, na resistência à tração dos sistemas adesivos Clearfil Mega Bond, Prime & Bond NT e Prime & Bond 2.1 aplicados sob condições de pressão pulpar simulada.

## 4- MATERIAIS E MÉTODO

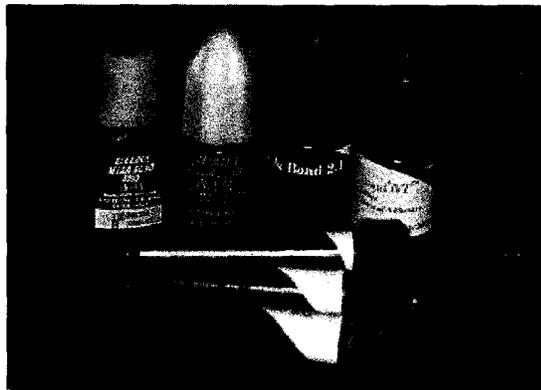
## 4.1- MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados um compósito odontológico microhíbrido e três sistemas adesivos dentinários, sendo dois de frasco único, com e sem carga, e um autocondicionante (FIG. 4.1). As marcas comerciais, fabricantes e seus respectivos componentes estão descritos no QUADRO 4.1.

## QUADRO 4.1

Marca comercial, componentes e fabricantes dos materiais utilizados no ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

MARCA COMERCIAL	COMPONENTES	FABRICANTES
PRIME & BOND 2.1 (Sistema adesivo de frasco único)	-PENTA; -Resinas elastoméricas-(R-5-62-1) (U e B); -Acetona; -Hidrofluoreto de Cetilamina; -Iniciadores e Estabilizadores.	Dentsply Indústria e Comércio Ltda. Petrópolis-RJ-Brasil Lote-51765 Val.- Outubro/2001
PRIME & BOND NT (Sistema adesivo de frasco único com carga)	-PENTA; -Resinas Di e Trimetacrilato; -Acetona; -Hidrofluoreto de Cetilamina; -Fotoiniciadores e Estabilizantes; -Sílica coloidal nanométrica silanizada.	Dentsply Indústria e Comércio Ltda. Petrópolis-RJ-Brasil Lote- 990622 Val.- Junho/2001
CLEARFIL MEGA BOND (Sistema adesivo autocondicionante)	-Primer- MDP; Dimetacrilato hidrófilo, Canforoquinona; HEMA; Água; N, N Dietanol p-toluidina. -Adesivo- MDP, Bis-GMA, HEMA, Dimetacrilato hidrófobo, N,N Dietanol p-toluidina; Canforoquinona; Sílica coloidal silanizada.	Kuraray Co., Ltd. J. Morita- USA inc Osaka , Japão. Lote- 011151 Val.- Nov/2000
TPH SPECTRUM (Resina composta micro-híbrida)	-Resina Bis-GMA Uretano modificada; -Boro Silicato de Alumínio e Bário silanizado; -Sílica pirolítica silanizada; -Canforoquinona; EDAB; Corantes; -Hidroxitolueno butilado.	Dentsply Indústria e Comércio Ltda. Petrópolis-RJ-Brasil Cor- A 3,5 Val.- Nov/2001



**FIG. 4.1**

Materiais utilizados no ensaio de tração: sistemas adesivos Clearfil Mega Bond, Prime & Bond 2.1 e Prime & Bond NT e resina composta TPH Spectrum.

## **4.2- MÉTODO**

### **4.2.1- DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

O fator em estudo foi a resistência à tração em três níveis experimentais:

**Sistemas adesivos-** Clearfil Mega Bond, Prime & Bond NT e Prime & Bond 2.1;

**Sítio de adesão dentinária-** dentina acima da região dos cornos pulpares e dentina abaixo da fossula oclusal central; **Períodos de armazenamento-** 7, 60, 180 dias. A

variável de resposta foi a resistência às forças de tração, em Mega Pascal, medida em 407 espécimes, em forma de paralelepípedos, obtidos de 27 terceiros molares hígidos.

A combinação desses 3 níveis constituiu 18 grupos experimentais em um delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x3x3.

### **4.2.2- COLETA, LIMPEZA E ARMAZENAMENTO DOS DENTES**

Trinta e seis terceiros molares humanos íntegros, 27 para o ensaio de tração e 9 para avaliação em MEV, foram obtidos no Centro Cirúrgico da Área de Cirurgia Buco-

Maxilo Facial da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP- UNICAMP), de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da FOP- UNICAMP (Anexo 4). Após a extração, os elementos dentais foram armazenados em solução de formol a 10% [RETIEF, 1991; GOODIS et al., 1993] em temperatura ambiente. Em seguida, através de curetas periodontais nº 13-14 (Duflex– SS White) e de jatos de bicarbonato de sódio e água (Profi II- Dabi Atlante S.A. Ind. e Com. Ltda.), realizaram-se a raspagem e profilaxia dos dentes que, após esses procedimentos, foram armazenados em água destilada [RETIEF, 1991; STRAWN et al., 1996], por um período de no máximo 30 dias, antes do início da realização dos testes.

#### 4.2.3- PREPARO DOS DENTES: OBTENÇÃO DOS FRAGMENTOS DENTAIS.

As porções coronárias dos elementos dentais foram seccionadas, perpendicularmente ao seu longo eixo, próximo da junção amelo-dentinária da fóssula oclusal central (FIG. 4.2), através de discos diamantados dupla face (KG Sorensen Ind e Com. Ltda.) em baixa rotação, sob refrigeração água/ar, para a obtenção das superfícies em dentina oclusal [RETIEF, 1991] de profundidade média em todos os dentes. Os elementos que apresentaram sulcos oclusais muito profundos foram eliminados do estudo para evitar que ilhotas de esmalte permanecessem na área adesiva. Em seguida, uma segunda secção paralela à anterior foi realizada, pelo mesmo processo, aproximadamente 5 mm abaixo da junção amelo-cementária, na

altura da furca radicular (FIG. 4.3). Findo esse procedimento, o assoalho da câmara pulpar foi removido com brocas de aço esféricas (Malleifer- SS White do Brasil) números 2 e 4, em alta rotação, com irrigação ar/água, para o acesso à câmara pulpar, visando à obtenção da medida da espessura dentinária e para, posteriormente, possibilitar a conexão dos dentes com o aparelho que simula a pressão pulpar fisiológica.

Após a remoção do tecido pulpar dos fragmentos dentais com auxílio de colheres de dentina (Duflex- SS White- FIG. 4.4), as impurezas originadas durante os cortes foram removidas através de banho em ultra-som (T 14- Thornton Impetch Eletrônica Ltda.) por 12 minutos.

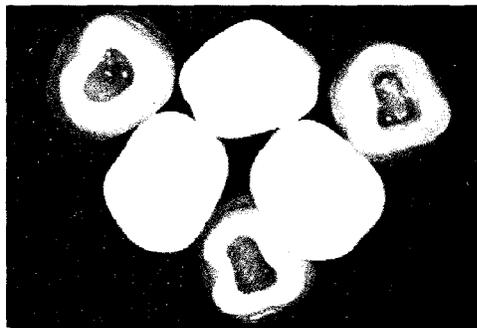


**FIG. 4.2**



**FIG. 4.3**

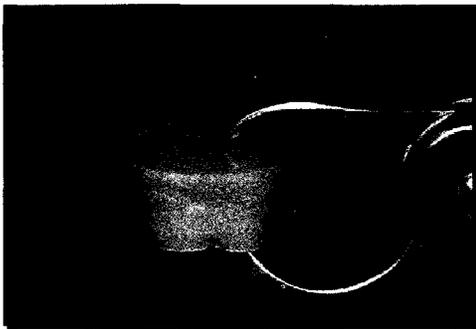
Localização do corte na região coronária. Localização do corte na região radicular.



**FIG. 4.4**

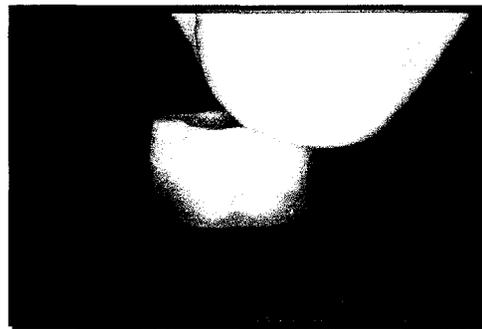
Fragmentos dentais obtidos após a realização dos cortes e remoção do tecido pulpar.

Findos esses procedimentos, as superfícies oclusais dos fragmentos dentais foram desgastadas com lixas de carbureto de silício (SiC- Carburundum Abrasivos- Ind. Bras.), números 180 e 320 [TAGAMI et al., 1991; RETIEF, 1991], em politriz elétrica giratória refrigerada a água (Arotec- APL-4) até a obtenção de uma superfície plana em dentina, com aproximadamente 3 mm de espessura na região central do dente, dentina central, e 1 mm acima dos cornos pulpaes [MITCHEM et al., 1988]. Essas dimensões foram aferidas com o auxílio de um especímetro (Stainless) (FIG. 4.5). Em seguida, realizou-se o acabamento das superfícies em dentina (FIG. 4.6) através do desgaste manual com lixas de carbureto de silício úmidas (3M- 411Q), número 600 [RETIEF, 1991; PEREIRA et al., 1999; TAY et al., 2000 a; TAY et al., 2000 b], durante 15 segundos, proporcionando, dessa forma, a padronização da espessura da “smear layer” [WATANABE et al., 1994].



**FIG. 4.5**

Aferição da espessura da dentina com auxílio do especímetro.



**FIG. 4.6**

Acabamento da superfície dentinária através do desgaste com lixas SiC 600.

Posteriormente ao acabamento, os fragmentos dentais foram lavados com jatos de água destilada por 15 segundos, secados com papel absorvente, identificados e distribuídos através de sorteio entre os grupos experimentais, sendo em seguida

conectados ao aparelho que simula a pressão pulpar fisiológica e armazenados em água destilada sob o efeito da mesma, durante 24 horas, antes do início dos procedimentos restauradores.

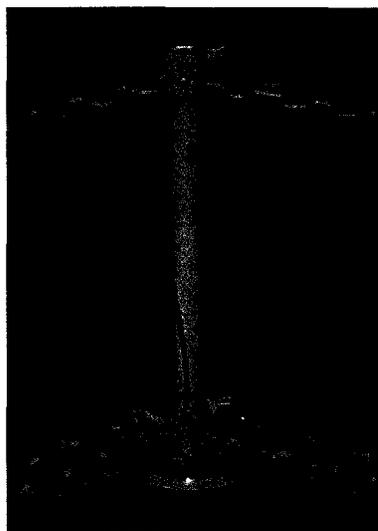
#### 4.2.4- SIMULAÇÃO DA PRESSÃO PULPAR

Para simular a pressão pulpar fisiológica de 25 mmHg [MARSHALL Jr., 1993] foi confeccionado um aparelho para cada sistema adesivo (Prime & Bond 2.1, Prime & Bond NT e Clearfil Mega Bond), totalizando três aparelhos idênticos, que foram construídos baseados na estática dos fluidos na qual a pressão é exercida exclusivamente por uma coluna líquida e homogênea. A altura da coluna de água necessária para promover uma pressão de 25 mmHg foi calculada através da equação:  $1 \text{ mmHg} = 13,6 \times 10^{-3} \text{ mca}$  (coluna de água em metros)

$$25 \text{ mmHg} = X \text{ mca} \quad \text{Donde } X = 0,34 \text{ mca}$$

Cada aparelho apresentava uma base cilíndrica com haste vertical na qual quatro hastes horizontais foram fixadas por meio de parafusos do tipo “borboleta”, duas na região inferior do aparelho e as outras duas na sua região superior. Cada haste horizontal superior apresentava quatro anéis metálicos de cada lado, totalizando oito anéis por haste e dezesseis anéis por aparelho, nos quais seringas plásticas descartáveis de 12 ml/cc foram fixadas por meio de uma cola à base de cianoacrilato (Super Bond- Loctite Brasil Ltda.). Nas hastes inferiores foram coladas dezesseis placas acrílicas, medindo 3 x 3 x 0,3 cm, com perfuração central de 2 mm de diâmetro interno, 34 cm abaixo do nível da água das seringas descartáveis [TERKLA et al., 1987; MITCHEM et al., 1988]. Os dentes foram fixados nas placas acrílicas, sobre as

perfurações, com a abertura de entrada à câmara pulpar voltado para a placa, através da mesma cola, e a interface dente/placa foi vedada com um adesivo à base de silicone (Flexite- Alba Química Ind. e Com. Ltda.). Um conector flexível de borracha com 1,5 mm de diâmetro interno foi acoplado a cada seringa proporcionando a ligação das mesmas à placa de acrílico correspondente (FIG. 4.7; Anexo 5).



**FIG. 4.7-** Aparelho simulador da pressão pulpar.

Antes de conectar as mangueiras aos dentes, as câmaras pulpares dos mesmos foram preenchidas com água destilada, através de seringa com agulha para evitar a formação de bolhas de ar no interior do sistema hidráulico. Após esses procedimentos, as seringas e os conectores foram preenchidos com água destilada para a obtenção de uma coluna de água de 34 cm de altura para que a pressão pulpar fisiológica estática de 25 mmHg fosse simulada [TERKLA et al., 1987; MITCHEM et al., 1988]. Anteriormente ao início dos procedimentos restauradores, os fragmentos dentais, fixados aos aparelhos simuladores da pressão pulpar, permaneceram submersos em água destilada contidas em cubas plásticas para evitar a desidratação dos mesmos.

#### 4.2.5- GRUPOS EXPERIMENTAIS

Foram utilizados 27 terceiros molares, dos quais no mínimo 10 espécimes em forma de paralelepípedo foram obtidos de cada sítio de adesão para a confecção de 18 grupos experimentais apresentados no QUADRO 4.2.

#### QUADRO 4.2-

Grupos experimentais para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

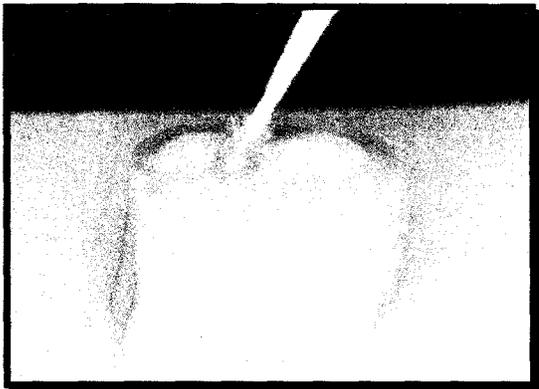
GRUPO	SISTEMA ADESIVO	SÍTIO DE ADESÃO DENTINÁRIA	TEMPO DE ARMAZENAGEM
1	Clearfil Mega Bond	Central	7 dias
2	Clearfil Mega Bond	Central	60 dias
3	Clearfil Mega Bond	Central	180 dias
4	Clearfil Mega Bond	Corno Pulpar	7 dias
5	Clearfil Mega Bond	Corno Pulpar	60 dias
6	Clearfil Mega Bond	Corno Pulpar	180 dias
7	Prime & Bond NT	Central	7 dias
8	Prime & Bond NT	Central	60 dias
9	Prime & Bond NT	Central	180 dias
10	Prime & Bond NT	Corno Pulpar	7 dias
11	Prime & Bond NT	Corno Pulpar	60 dias
12	Prime & Bond NT	Corno Pulpar	180 dias
13	Prime & Bond 2.1	Central	7 dias
14	Prime & Bond 2.1	Central	60 dias
15	Prime & Bond 2.1	Central	180 dias
16	Prime & Bond 2.1	Corno Pulpar	7 dias
17	Prime & Bond 2.1	Corno Pulpar	60 dias
18	Prime & Bond 2.1	Corno Pulpar	180 dias

#### **4.2.6- PROCEDIMENTOS RESTAURADORES**

Antes da realização dos procedimentos restauradores, cuja seqüência de confecção foi realizada aleatoriamente através de sorteio, os aparelhos simuladores da pressão pulpar foram removidos da água destilada, e os fragmentos dentais foram mantidos sob gazes úmidas (Johnson & Johnson Ind. e Com. Ltda.), padronizando, assim, o grau de umidade da superfície dentinária e evitando que a mesma desidratasse. Imediatamente antes da aplicação dos tratamentos superficiais, a gaze foi removida e a superfície dentinária foi secada gentilmente por capilaridade, através de um pedaço de papel absorvente (Melitta do Brasil- Ind. e Com. Ltda.), durante 10 segundos. Feito isso, foi empregado um dos adesivos dentinários.

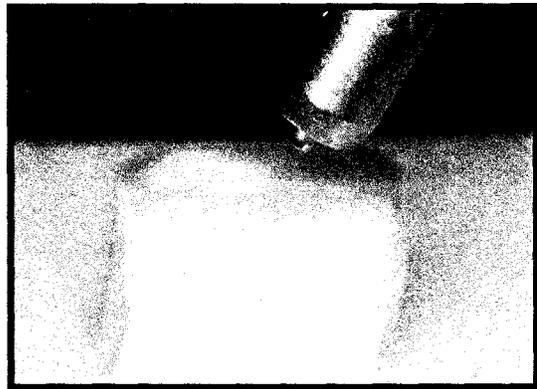
##### **4.2.6.1- CLEARFIL MEGA BOND**

O “primer” do sistema adesivo autocondicionante Clearfil Mega Bond foi aplicado uniformemente com pincel do tipo “microbrush”, em toda a superfície dentinária (FIG. 4.8). Aguardou-se 20 segundos e, após esse período, um leve jato de ar foi aplicado por 5 segundos (FIG. 4.9) para que em seguida o adesivo desse sistema fosse aplicado na mesma área (FIG. 4.10) e fotoativado por 10 segundos (FIG. 4.11), pelo aparelho XL 3000 (3M- Dental Products), seguindo as recomendações do fabricante.



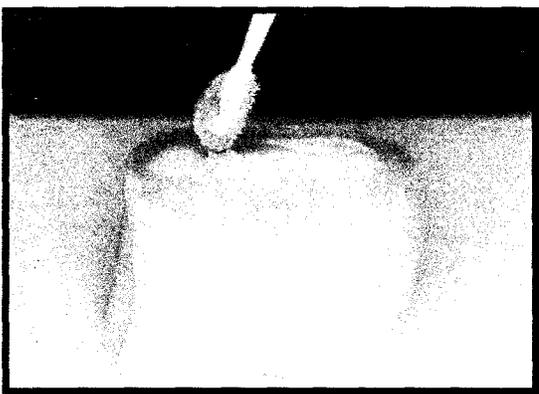
**FIG 4.8**

Aplicação do “primer” do sistema Clearfil Mega Bond.



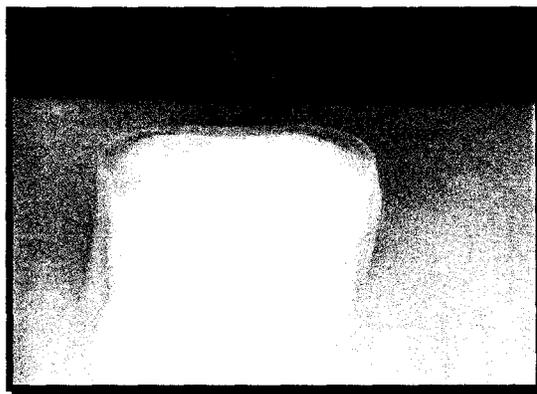
**FIG. 4.9**

Aplicação de um leve jato de ar para auxiliar na evaporação do solvente.



**FIG. 4.10**

Aplicação do adesivo do sistema Clearfil Mega Bond.



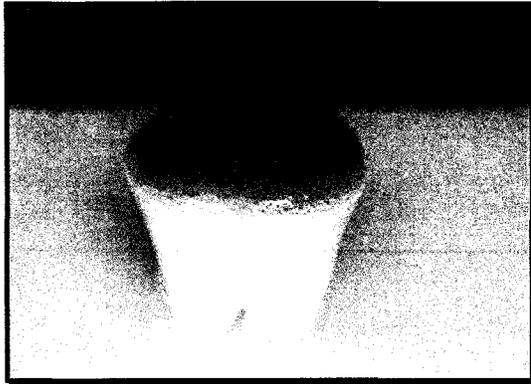
**FIG. 4.11**

Fotoativação do sistema Clearfil Mega Bond.

#### **4.2.6.2- PRIME & BOND NT**

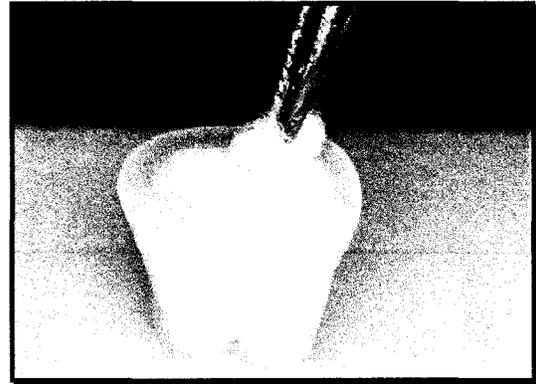
Após o condicionamento com ácido fosfórico a 35% (Dentsply- Ind. e Com. Ltda.) por 15 segundos (FIG. 4.12), lavagem com jatos de água por 30 segundos e secagem da dentina por capilaridade com bolinhas de algodão úmido (FIG. 4.13) durante 10 segundos [PEREIRA & PAULILLO, 2000], o sistema adesivo Prime & Bond NT foi aplicado uniformemente com pincel fornecido pelo fabricante (FIG. 4.14), em toda a superfície dentinária, aguardou-se 20 segundos e, em seguida, um leve jato de ar foi

aplicado por 5 segundos a uma distância de aproximadamente 10 cm para auxiliar na evaporação do solvente orgânico, e o adesivo foi fotoativado por 10 segundos (FIG. 4.15), pelo aparelho XL 3000, seguindo as recomendações do fabricante.



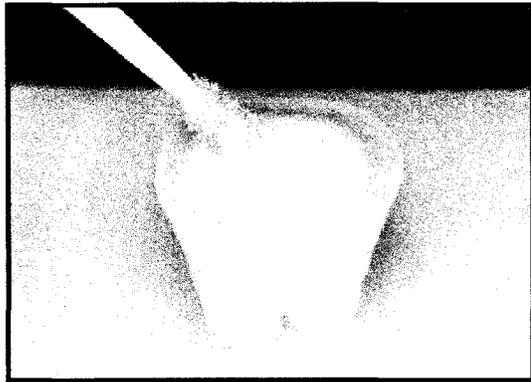
**FIG. 4.12**

Condicionamento ácido da superfície dentinária.



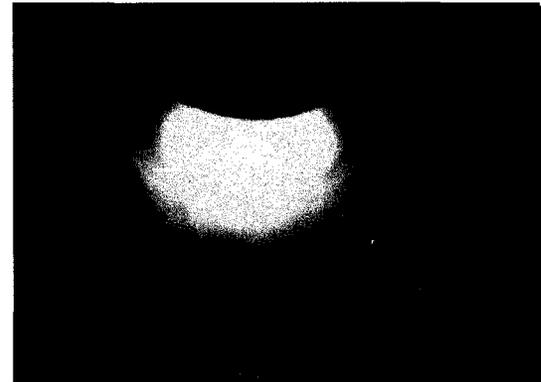
**FIG. 4.13**

Secagem da dentina com bolinhas de algodão úmido.



**FIG. 4.14**

Aplicação do sistema Prime & Bond NT.



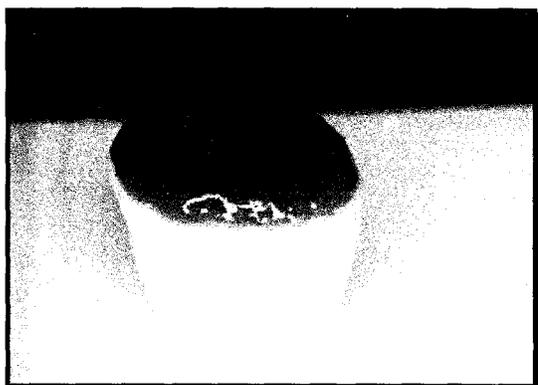
**FIG. 4.15**

Fotoativação do sistema Prime & Bond NT.

#### **4.2.6.3- PRIME & BOND 2.1**

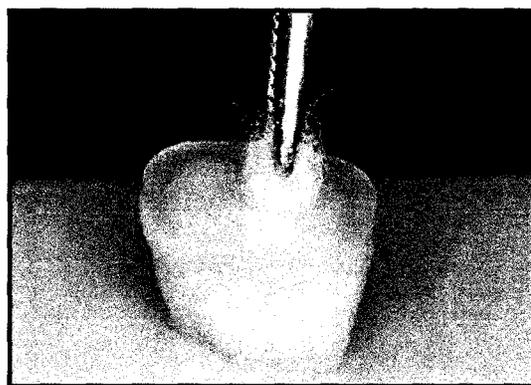
Após o condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavagem com jatos de água por 30 segundos e secagem da dentina por capilaridade com bolinhas de algodão úmido durante 10 segundos [PEREIRA & PAULILLO, 2000], o

sistema adesivo Prime & Bond 2.1 (Dentsply- Ind. e Com. Ltda.) foi aplicado uniformemente com pincel, fornecido pelo fabricante, em toda a superfície dentinária, aguardou-se 30 segundos e, em seguida, um leve jato de ar foi aplicado por 5 segundos a uma distância de aproximadamente 10 cm, o adesivo foi fotoativado por 10 segundos, pelo aparelho XL 3000, para que uma segunda camada do adesivo fosse aplicada, seguindo a mesma operação, com exceção do período de repouso de 30 segundos [BARKMEIER et al., 1999], de acordo com as recomendações do fabricante.



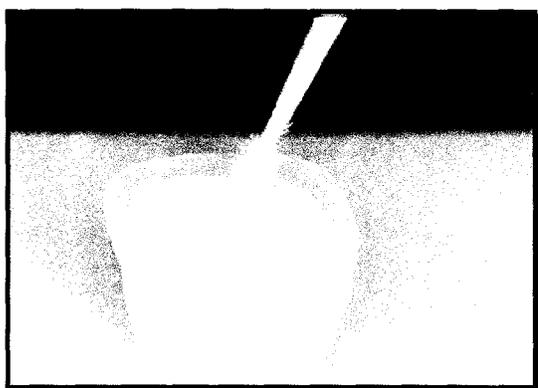
**FIG. 4.16**

Condicionamento ácido da superfície dentinária.



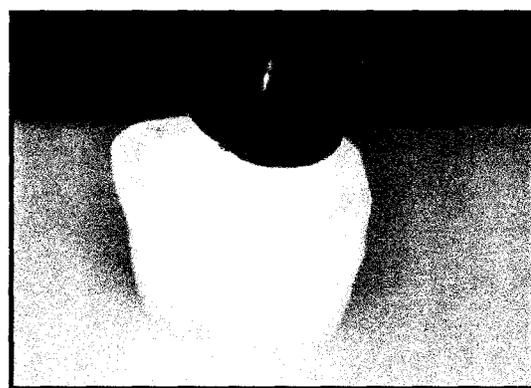
**FIG. 4.17**

Secagem da dentina com bolinhas de algodão úmido.



**FIG. 4.18**

Aplicação do sistema Prime & Bond 2.1.

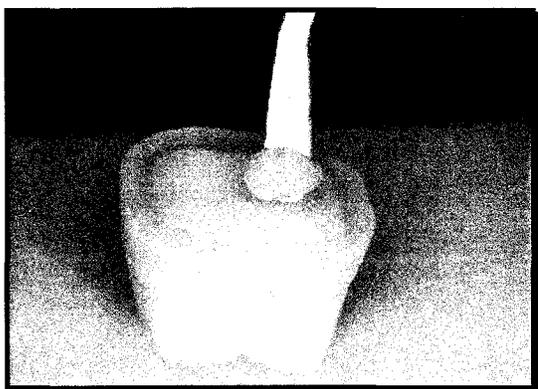


**FIG. 4.19**

Fotoativação do sistema Prime & Bond 2.1.

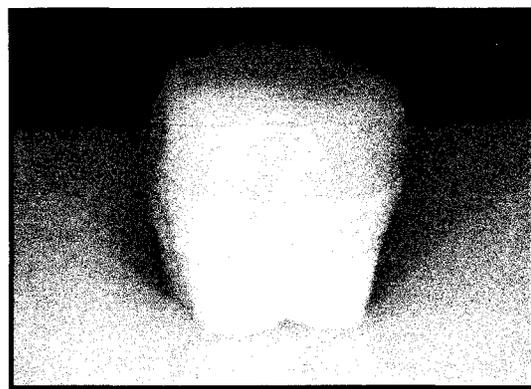
#### **4.2.6.4- INSERÇÃO DA RESINA COMPOSTA**

Seguindo a aplicação do adesivo, a resina composta TPH Spectrum (Dentsply-Ind. e Com. Ltda.), cor A<sub>3,5</sub>, foi inserida em incrementos de aproximadamente 2 mm de espessura, através de uma espátula para resina composta (Duflex- SS White; FIG. 4.20), e fotoativada por 40 segundos pelo aparelho XL 3000, nos 10 primeiros segundos a ponta emissora da luz foi posicionada cerca de 1 cm de distância. Assim foi confeccionada uma coroa em resina composta com aproximadamente 10 mm de altura (FIG. 4.21) que recebeu uma polimerização final por 40 segundos nas suas porções laterais. A cada coroa confeccionada, a intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi examinada, através de um radiômetro acoplado no próprio aparelho, para certificar que a mesma apresentava potência acima de 450 mW/cm<sup>2</sup>.



**FIG. 4.20**

Inserção da resina composta na superfície de dentina hibridizada.



**FIG. 4.21**

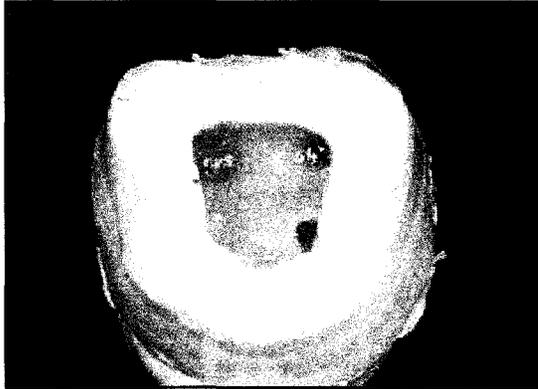
Fragmento dental restaurado com resina composta.

Todas as amostras foram confeccionadas com a simulação da pressão pulpar, em condições constantes de temperatura ( $23 \pm 1^\circ\text{C}$ ) e umidade relativa do ar (55%) aferida por higrômetro (Incoterm). Posteriormente a sua confecção, as amostras foram

armazenadas em temperatura ambiente submersas em água destilada [ØILO, 1993; WATANABE & NAKABAYASHI, 1994; KITASAKO et al., 2000], sem adição de antimicrobianos [KITASAKO et al., 2000], substituída a cada semana [KITASAKO et al., 2000], por diferentes períodos de tempo, 7, 60 e 180 dias [ØILO, 1993] sob influência constante da pressão pulpar simulada.

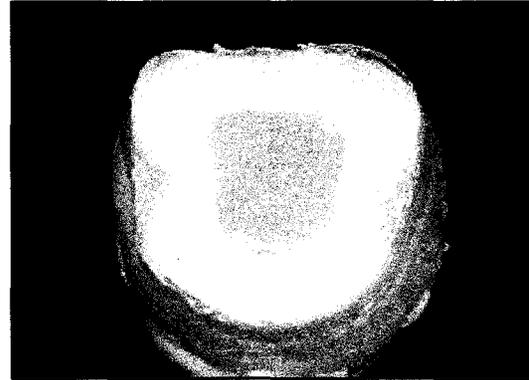
#### 4.2.7- OBTENÇÃO DOS ESPÉCIMES PARA O ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Findo o período de armazenamento, os dentes foram removidos do aparelho de pressão e, para facilitar a obtenção dos espécimes, as câmaras pulpares foram preenchidas com resina composta TPH Spectrum (Dentsply- Ind. e Com. Ltda.) após o condicionamento com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavagem com jatos de água por 30 segundos e secagem do substrato dentinário com bolinhas de algodão úmido para a aplicação do sistema adesivo Prime & Bond 2.1. Para identificar a dentina localizada na região dos cornos pulpares, foi aplicada uma resina composta pigmentada de vermelho nessa área (FIG. 4.22) antes do total preenchimento da câmara com o compósito TPH Spectrum (FIG. 4.23). Esse procedimento visou facilitar a visualização das áreas onde a adesão ocorreu na dentina com aproximadamente 1 mm de espessura.



**FIG. 4.22**

Resina composta pigmentada aplicada na região dos cornos pulpares.

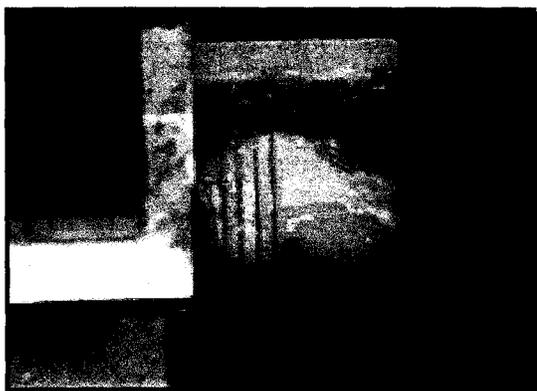


**FIG. 4.23**

Câmara pulpar totalmente preenchida com resina composta.

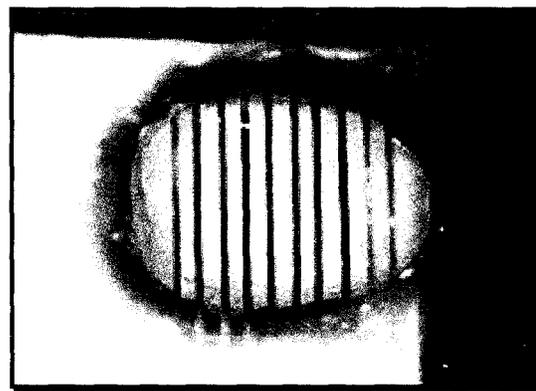
Em seguida, os dentes restaurados foram fixados, pela porção radicular, individualmente, em um dos cantos de placas de acrílico, 3 x 3 x 0,3 cm, utilizando-se inicialmente uma cola à base de cianoacrilato e posteriormente cera pegajosa (Kerr-Manufacturing Company- Sybron). Esse conjunto foi devidamente fixado a uma cortadeira de precisão (SBT- South Bay Technology inc.- Model 650), na qual um disco diamantado de alta concentração (Extec) seccionou serialmente as amostras a partir da superfície externa da “coroa” em resina composta (FIG. 4.24), paralelamente ao longo eixo do dente, nos sentidos méso-distal (FIG. 4.25) e vestibulo-lingual (FIG. 4.26). Findo esse procedimento, os dentes foram removidos da cortadeira e da placa acrílica com o auxílio de um disco diamantado dupla face adaptado em peça de mão, em baixa rotação, obtendo os espécimes na forma de paralelepípedo com áreas de secção retangular com aproximadamente 1 mm<sup>2</sup> (FIG. 4.27). As amostras foram seccionadas sobre uma cuba com água que amorteceu a queda dos espécimes. A

partir de cada dente restaurado foi obtido um número desigual de espécimes (n) para cada grupo experimental.



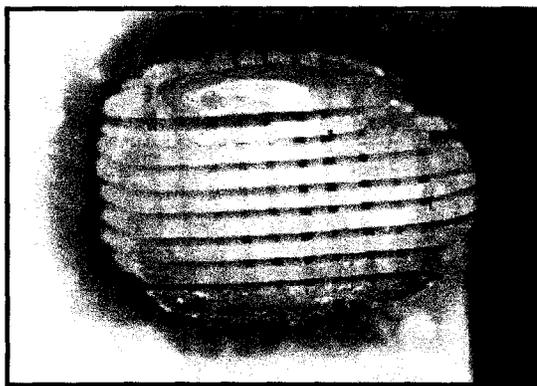
**FIG. 4.24**

Secção da amostra através do disco diamantado fixado em cortadeira de precisão.



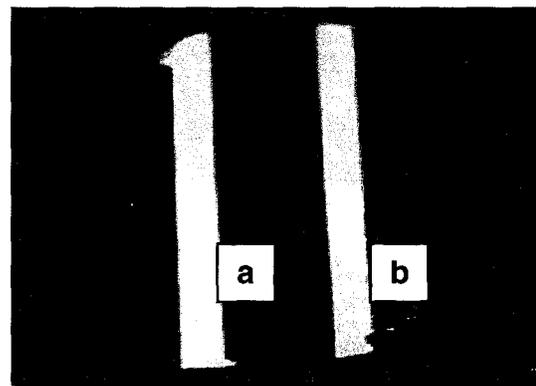
**FIG. 4.25**

Amostra seccionada no sentido méso-distal.



**FIG. 4.26**

Amostra seccionada no sentido méso-distal e vestibulo-lingual.



**FIG. 4.27**

Espécimes em forma de paralelepípedo obtidas de dentina central (a) e acima dos cornos pulpares (b).

### **4.2.3- ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO**

A seqüência de fratura dos corpos-de-prova foi realizada de forma aleatória.

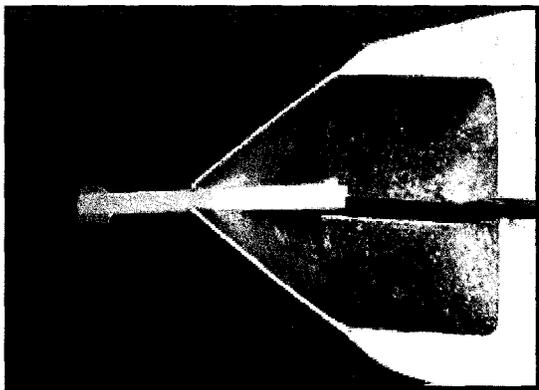
Os espécimes foram armazenados em água destilada até o início do teste de tração, sendo que o mesmo foi realizado imediatamente após o seccionamento do

último dente. Após a mensuração da área adesiva com um paquímetro digital (Starrett; FIG. 4.28), cada corpo-de-prova foi individualmente fixado pelas suas extremidades com o auxílio da cola adesiva Super Bonder gel nos “grips” de um dispositivo específico para o teste de microtração (Bencor Multi-T, Danville Engineering Co.), tomando-se o cuidado de posicionar a área adesiva próximo da metade da distância entre os dois “grips” (FIG. 4.29) através de uma leve pressão e, em seguida, o acelerador Zapit (DVA, Corona) foi aplicado para ativar o endurecimento da cola, prevenindo o escoamento da mesma para a área adesiva. O aparato foi então acoplado a uma Máquina Universal de Ensaio (Instron 4411), e o ensaio foi conduzido à velocidade de 0,5 mm/min, até a ruptura das amostras (FIG. 4.30). A carga necessária para a fratura de cada corpo-de-prova, em quilograma força (kgf), foi anotada e a resistência à fratura em Mega Pascal (MPa) foi calculada de acordo com a fórmula matemática:

$$R = \frac{\text{Força (kgf)} \times 0,098}{\text{Área (cm}^2\text{)}}$$

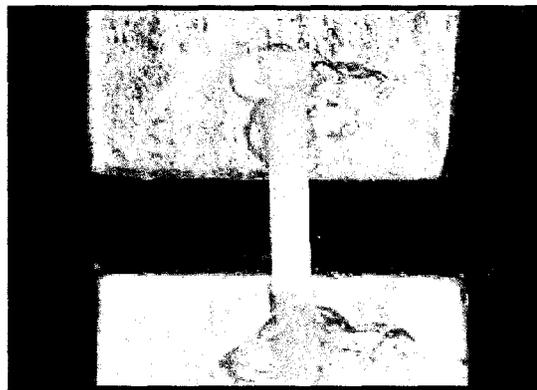
- Área do espécime em mm<sup>2</sup> dividido por 100 = Área do espécime em cm<sup>2</sup>.
- Valor da resistência em quilograma força dividido pela área do espécime em cm<sup>2</sup> = kgf/cm<sup>2</sup>.
- Kgf/cm<sup>2</sup> vezes 0,098 = MPa

Os dados de resistência obtidos em MPa foram submetidos à análise estatística.



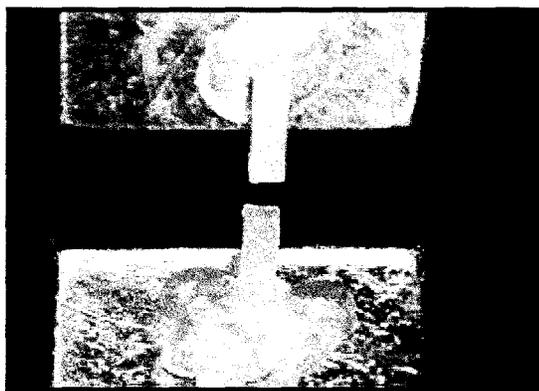
**FIG. 4.28**

Mensuração da área adesiva com paquímetro digital.



**FIG. 4.29**

Espécime fixada nos “grips” do dispositivo para o ensaio de tração.



**FIG. 4.30**

Ruptura do espécime na área adesiva.

#### **4.2.4- DELINEAMENTO ESTATÍSTICO**

Delineamento inteiramente ao acaso em um esquema fatorial 2 x 3 x 3, em que os fatores foram sítio de adesão em dois níveis- dentina acima dos cornos pulpares e dentina central; sistemas adesivos em três níveis- Clearfil Mega Bond, Prime & Bond NT, Prime & Bond 2.1 e tempo em três níveis- 7, 60 e 180 dias. A variável de resposta estudada foi resistência à tração. (TAB. 4.1)

TABELA 4.1

Delineamento Estatístico para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Substrato	1
Adesivo	2
Tempo	2
Substrato X Adesivo	2
Substrato X Tempo	2
Adesivo X Tempo	4
Substrato X Adesivo X Tempo	4
Resíduo	389
TOTAL	406

#### 4.2.5- PREPARO DAS AMOSTRAS PARA OBSERVAÇÃO NO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV).

A avaliação em MEV foi conduzida para examinar a camada híbrida formada pelos diferentes sistemas adesivos utilizados. Para tanto 9 dentes foram utilizados.

Após o período de armazenamento determinado para cada grupo, os dentes previamente restaurados foram removidos do aparelho que simula a pressão pulpar, identificados, e preparados para observação em MEV.

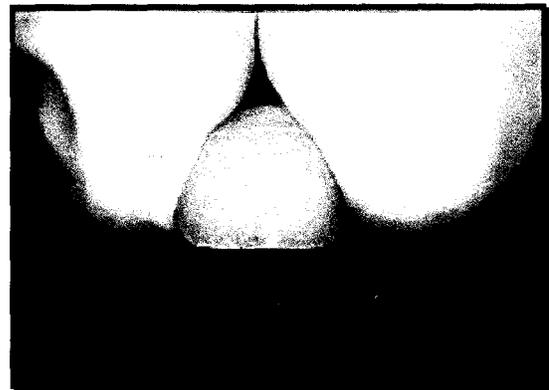
Cada elemento dental foi seccionado no sentido méso-distal, com disco diamantado dupla face cortante, em baixa rotação e irrigação constante com água para a obtenção de duas metades (FIG. 4.31). As superfícies internas de cada fragmento dental foram polidas manualmente, sob refrigeração a água, com lixas de carbureto de silício de granulação 400, 600, 1000 e 1200 (FIGS. 4.32 e 4.33). A cada

lixa, as amostras foram limpas em ultra-som por 3 minutos e posteriormente ao polimento, as mesmas foram limpas por 30 minutos no mesmo aparelho para a completa remoção das impurezas (FIG. 4.34). Findo esse procedimento, as amostras foram imersas inicialmente em solução de ácido clorídrico (HCl) 6M/l por 45 segundos (FIG. 4.35), para a remoção dos minerais da superfície que não foram encapsulados por resina, lavadas e secadas e, em seguida, depositadas em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% durante 10 minutos (FIG. 4.36), para a remoção das fibras colágenas expostas e desprotegidas. Após esse período, os dentes foram lavados com água por 20 segundos, secados com ar e fixados aos “stubs” metálicos (FIG. 4.37) através de fita adesiva dupla face (3M- Dental Products), com a interface adesiva voltada externamente, para serem metalizados (Bal-Tec- SCD 050- Sputter Coater; FIG. 4.38) e observados em Microscópio Eletrônico de Varredura (JEOL JSM- 5600 LV- FIG. ), operando em 14 KV. Fotomicrografias foram obtidas das regiões mais expressivas das interfaces adesivas.



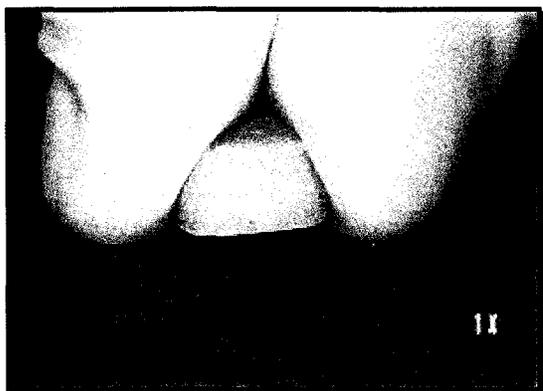
**FIG. 4.31**

Fragmentos dentais seccionados no sentido méso-distal.



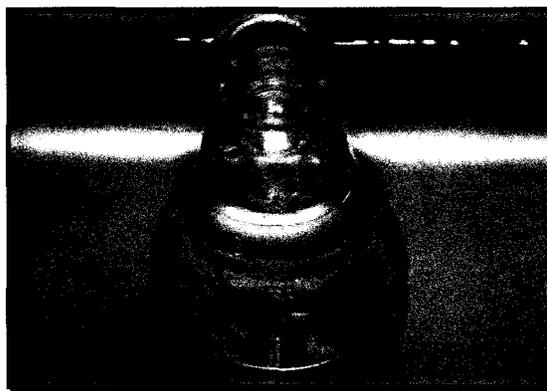
**FIG. 4.32**

Acabamento da superfície interna do fragmento dental com lixa SiC 400 para avaliação em MEV.



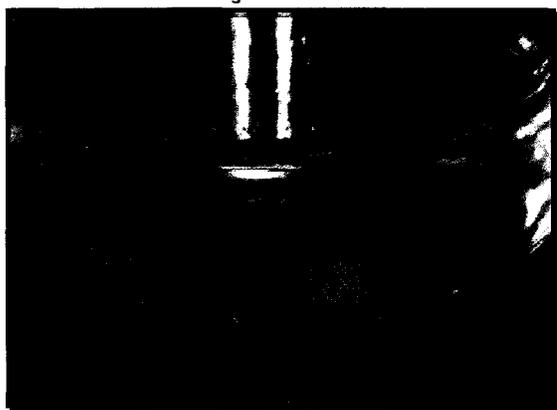
**FIG. 4.33**

Polimento da superfície interna do fragmento dental com lixa SiC 1000 para avaliação em MEV.



**FIG. 4.34**

Limpeza das amostras em ultra-som.



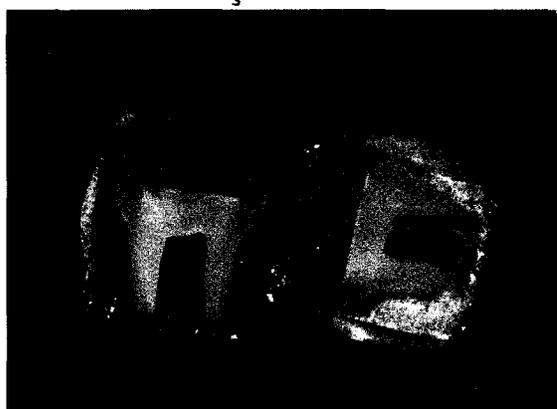
**FIG. 4.35**

Descalcificação das amostras em HCl para avaliação em MEV.



**FIG. 4.36**

Desproteínização das amostras em NaOCl para avaliação em MEV.



**FIG. 4.37**

Amostras fixadas em "stubs" metálicos.



**FIG. 4.38**

Amostras metalizadas.

## 5- RESULTADOS

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração (Anexo 1) foram submetidos ao tratamento estatístico em um delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 2 x 3. A Análise de Variância (Anexo 2) apresentou como resultado F igual a 178,10, significativo para o fator tratamento ao nível de 1% de probabilidade, com coeficiente de variação de 12,9453%, aceitável para estudos “in vitro”.

No entanto, foi realizada a análise exploratória dos dados, para avaliar-se as pressuposições do modelo (teste de Levene). Essa análise apontou problemas de heterogeneidade de variância e escala da variável, indicando a necessidade da transformação matemática dos dados originais, através da aplicação da raiz quadrada. Essa transformação (Anexo 3) corrigiu os problemas apontados e, conseqüentemente, uma nova Análise de Variância foi realizada e o seu resultado é apresentado na TAB.

5.1.

TABELA 5.1

Análise de Variância para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

CV	GL	SQ	QM	F	PR>F
Tratamentos	17	483,399949579	28,43526446	241,40	0,0001
Resíduo	389	45,822220028	0,11779486		
Total	406	529,22169607			
Coeficiente de Variação- 6,64%					

## Resultados

A segunda Análise de Variância apontou a redução do coeficiente de variação para 6,64%. Por ser uma análise fatorial, foi realizada a decomposição da ANOVA para melhor evidenciar o efeito dos fatores e suas interações. Seu resultado é mostrado na TAB. 5.2.

TABELA 5.2

Decomposição da Análise de Variância para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

CV	GL	SQ Tipo III	QM	F	PR>F
Adesivo (A)	2	187,48447974	93,74223987	795,81	0,0001
Substrato (S)	1	20,27918258	20,27918258	172,16	0,0001
A x S	2	13,74160159	6,87080079	58,33	0,0001
Tempo (T)	2	143,94933494	71,97466747	611,02	0,0001
A x T	4	105,91827314	26,47956829	224,79	0,0001
S x T	2	1,18537667	0,59268833	5,03	0,00070
A x S x T	4	2,74517387	0,68629347	5,83	0,0001

Como a decomposição da ANOVA apontou efeito significativo para todos os fatores avaliados e suas interações, deve-se analisar o efeito significativo da interação tripla (A x S x T), uma vez que os fatores mostraram-se dependentes entre si, não podendo ser analisados separadamente. Para isso, foi aplicado o teste LSD, Diferença Mínima Significante de Fisher, ao nível de 1% de significância ( $\alpha = 0,01$ ). TAB. 5.3, FIG. 5.1.

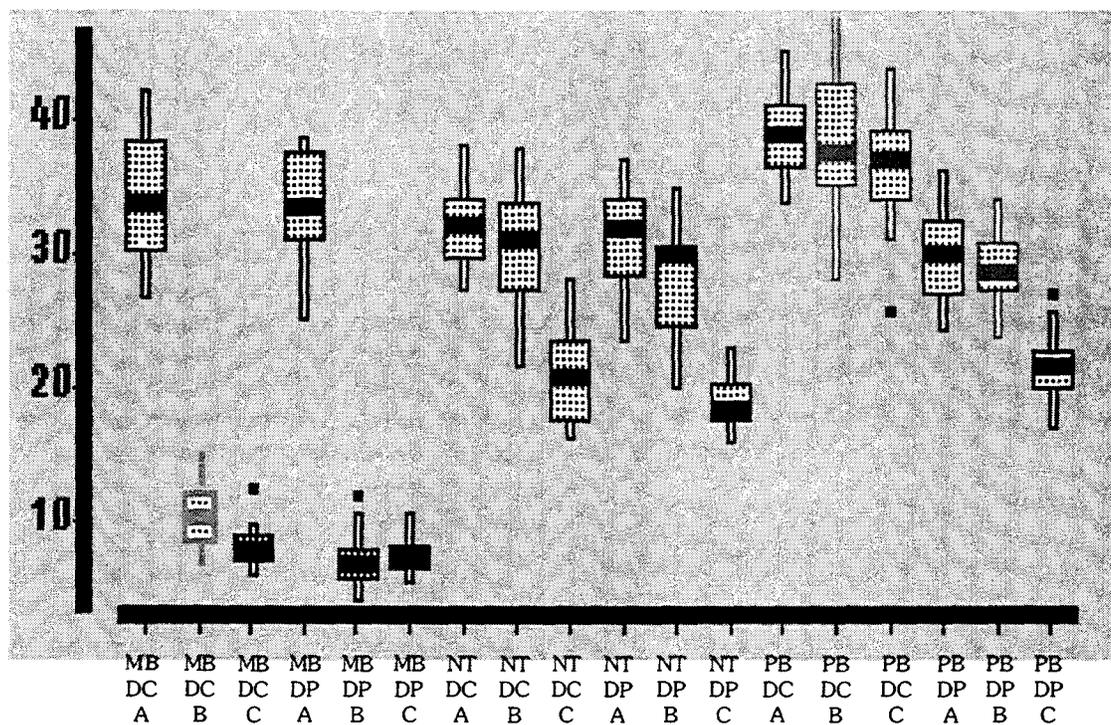
TABELA 5.3

Resultado do teste LSD, Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa, para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento (médias originais).

GRUPO	Médias Originais MPa	Teste de Fisher	
G13- PBDCA	38,86	a	n=35
G14- PBDCB	38,48	ab	n=40
G15- PBDCC	36,81	b	n=30
G1- MBDCA	34,42	c	n=21
G4- MBDPA	33,49	cd	n=12
G7- NTDCA	32,26	cde	n=32
G10- NTDPA	31,04	def	n=20
G8- NTDCB	30,74	ef	n=35
G16- PBDPA	30,04	fg	n=20
G17- PBDPB	29,0	fg	n=22
G11- NTDPB	28,08	g	n=21
G18- PBDPC	21,67	h	n=20
G9- NTDCC	21,18	h	n=23
G12- NTDPC	19,03	i	n=14
G2- MBDCB	10,40	j	n=22
G3- MBDCC	8,17	k	n=16
G6- MBDPC	7,47	k	n=10
G5- MBDPB	7,36	k	n=15

Teste LSD  $\alpha = 0,01$

- Letras diferentes indicam que houve diferença significativa entre as médias dos grupos ao nível de 0,01% de probabilidade pelo teste da Diferença Mínima Significante de Fisher.
- No qual: PB- Prime & Bond 2.1, NT- Prime & Bond Nano tecnologia e MB- Clearfil MegaBond; DC- dentina central e DP- dentina corno pulpar; A- 7 dias, B- 60 dias e C- 180 dias de armazenamento.



**FIGURA 5.1**

Gráfico de Box-Plot apresentando média e amplitude interquartílica para os diferentes grupos utilizados no ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

Para facilitar a interpretação dos resultados, a TAB. 5.3 foi decomposta em função dos fatores experimentais, e seus resultados são mostrados nas TAB. 5.4, 5.5 e 5.6.

TABELA 5.4

Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher em MPa, para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função dos sistemas adesivos utilizados (médias originais).

GRUPO	MÉDIA	Diferença Mínima Significante de Fisher
G13- PBDCA	38,86	a
G14- PBDCE	38,48	ab
G15- PBDCC	36,81	b
G16- PBDPA	30,04	c
G17- PBDPB	29,0	c
G18- PBDPC	21,67	d
G1- MBDCA	34,42	a
G4- MBDPA	33,49	a
G2- MBDCB	10,40	b
G3- MBDCC	8,17	c
G6- MBDPC	7,47	c
G5- MBDPB	7,36	c
G7- NTDCA	32,26	a
G10- NTDPA	31,04	a
G8- NTDCB	30,74	a
G11- NTDPB	28,08	b
G9- NTDC	21,18	c
G12- NTDC	19,03	d

TABELA 5.5

Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher em MPa, para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função do tempo de armazenamento (médias originais).

GRUPO	MÉDIA	Diferença Mínima Significante de Fisher
G13- PBDCA	38,86	a
G1- MBDCA	34,42	b
G4- MBDPA	33,49	bc
G7- NTDCA	32,26	bc
G10- NTDPA	31,04	cd
G16- PBDPA	30,04	d
G14- PBDCEB	38,48	a
G8- NTDCB	30,74	b
G17- PBDPB	29,0	bc
G11- NTDPB	28,08	c
G2- MBDCB	10,40	d
G5- MBDPB	7,36	e
G15- PBDCC	36,81	a
G18- PBDPC	21,67	b
G9- NTDC	21,18	b
G12- NTDPC	19,03	c
G3- MBDC	8,17	d
G6- MBDPC	7,47	d

TABELA 5.6

Resultado do teste LSD- Diferença Mínima Significante de Fisher, em MPa, para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento, em função do sítio de adesão (médias originais).

GRUPO	MÉDIA	Diferença Mínima Significante de Fisher
G13- PBDCA	38,86	a
G14- PBDCB	38,48	ab
G15- PBDCC	36,81	b
G1- MBDCA	34,42	c
G7- NTDCA	32,26	cd
G8- NTDCB	30,74	d
G9- NTDC	21,18	e
G2- MBDCB	10,40	f
G3- MBDCC	8,17	g
G4- MBDPA	33,49	a
G10- NTDPA	31,04	ab
G16- PBDPA	30,04	bc
G17- PBDPB	29,0	bc
G11- NTDPB	28,08	c
G18- PBDPC	21,67	d
G12- NTDPC	19,03	e
G6- MBDPC	7,47	f
G5- MBDPB	7,36	f

Analisando a TAB. 5.3, verifica-se que o teste da Diferença Mínima Significante de Fisher apontou os seguintes resultados:

O grupo 13 obteve a maior média numérica de adesão, não apresentando diferença estatística significativa para o grupo 14, mas apresentou diferença estatística significativa dos demais grupos. O grupo 14 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 13 e 15, diferindo dos demais. O grupo 1 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 4 e 7, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 4 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 1, 7 e 10, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 7 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 1, 4, 10 e 8, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 10 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 7, 8, 16 e 17, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 8 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 7, 10, 16 e 17, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 16 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 10, 8, 17 e 11, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 17 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 10, 8, 16 e 11, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 11 não apresentou diferença estatística significativa para os grupos 16 e 17, diferindo estatisticamente dos demais. Os grupos 18 e 9 foram semelhantes entre si, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 12 apresentou diferença estatística dos demais grupos, e o mesmo aconteceu para o grupo 2. Os grupos 3, 6 e 5 apresentaram os menores valores de adesão, que foram semelhantes entre si e diferentes estatisticamente dos demais.

## 6- DISCUSSÃO

A união ao substrato dentinário continua sendo alvo de constantes estudos devido à sua complexidade [MARSHALL Jr., 1993; SWIFT Jr. et al., 1993; GALE & DARVELL, 1999]. Em função da grande evolução ocorrida nessa área, altos valores iniciais de adesão à dentina são obtidos, porém a estabilidade e, conseqüentemente, a durabilidade da adesão a esse substrato, frente aos desafios bucais, são menos previsíveis [CARVALHO, 1998].

Dentes vitalizados apresentam uma pressão pulpar fisiológica positiva de 25 mmHg [MARSHALL Jr., 1993] que causa o trânsito dos fluidos pulparez pelos túbulos dentinários [MARSHALL Jr., 1993; GALE & DARVELL, 1999], tornando a dentina um substrato úmido, cuja intensidade varia de acordo com a localização e permeabilidade dentinária [OUTHWAITE et al., 1976; TAGAMI et al., 1990; PASHLEY & CARVALHO, 1997], apresentando grande influência na difusão e na resistência dos sistemas adesivos [PRATI et al., 1991; GALE & DARVELL, 1999]. Devido a isso, procedimentos laboratoriais deveriam ser conduzidos frente à simulação da pressão pulpar fisiológica, visto sua importância na adesão [PRATI et al., 1991; SÖDERHOLM, 1991; PASHLEY et al., 1993; ELIADES, 1994; PASHLEY et al., 1995].

Existem diferentes maneiras de simular a pressão pulpar durante os testes laboratoriais. Dentre elas, MITCHEM et al., em 1988, desenvolveram um Sistema Fisiológico Estático, que se baseia em colunas de água distantes 34 cm da base, na qual os dentes extraídos estão fixados, e a ligação entre as mesmas é dada através de tubos de borrachas ou metálicos conectados à câmara pulpar. Dessa forma, a pressão

atmosférica promove a difusão da água até os dentes, simulando a pressão pulpar fisiológica durante os procedimentos restauradores [PRATI et al., 1991; NIKAIDO et al., 1995]. Por ser um procedimento simples e eficaz, o sistema Estático foi utilizado neste estudo através de colunas de água destilada [PASHLEY et al., 1995] ao invés do soro bovino, porque o mesmo pode ter suas proteínas coaguladas em contato com os monômeros resinosos, ou outras soluções salinas fosfato-tamponadas que ocasionam a precipitação de cristais [TERKLA et al., 1987; NIKAIDO et al., 1995] e aumentam a rigidez das fibras colágenas expostas alterando os resultados de resistência [CARVALHO et al., 2000].

Além disso, a simulação da pressão pulpar, associada ao armazenamento das amostras em água destilada, por um período mínimo de 6 meses [WATANABE & NAKABAYASHI, 1994] é utilizada nos testes de longevidade. Essas condições são passíveis de promover o envelhecimento e, conseqüentemente, a degradação da interface da restauração, devido à hidrólise das ligações peptídicas do colágeno exposto e não encapsulado por resina [SÖDERHOLM, 1991; ELIADES, 1994; KATO & NAKABAYASHI, 1998; HASHIMOTO et al., 2000 a] e ainda pelo afrouxamento da cadeia polimérica e dissolução dos monômeros não convertidos em polímeros contidos na camada híbrida defeituosa [BURROW et al., 1996]. Como a longevidade das restaurações não pode ser avaliada unicamente através da ciclagem térmica, o armazenamento em água destilada em temperatura ambiente foi empregado neste trabalho [SÖDERHOLM, 1991; BURROW et al., 1993].

Para verificar a influência desses fatores na resistência da união à dentina de sistemas adesivos com diferentes composições e técnicas restauradoras, são utilizados

os testes mecânicos de resistência [RETIEF, 1991; WATANABE & NAKABAYASHI, 1994; PASHLEY et al., 1995]. Devido à necessidade de se avaliar a adesão em diferentes sítios da dentina, ou seja, dentina central, abaixo da fóssula oclusal central, e dentina acima das regiões dos cornos pulpares [ARMSTRONG et al., 1998; CARDOSO et al., 1998; PEREIRA et al., 1999], foi empregado neste estudo o teste de microtração na versão modificada “nontrimming” [SHONO et al., 1999], no qual são utilizados espécimes em forma de paralelepípedo (palitos) com áreas adesivas reduzidas que apresentam uma menor inclusão de defeitos, promovendo, assim, uma distribuição mais uniforme de tensões na interface [PASHLEY et al., 1995; ARMSTRONG et al., 1998; CARDOSO et al., 1998; PHRUKKANON et al., 1998; SHONO et al., 1999]. Como consequência do desenho modificado dos espécimes, essa técnica se torna muito conservadora em termos de número de dentes necessários para o teste [SANO et al., 1994 b; ARMSTRONG et al., 1998; CARDOSO et al., 1998].

Os resultados obtidos após o ensaio de tração revelaram que a resistência adesiva e a longevidade da restauração estão diretamente relacionadas com as propriedades intrínsecas, do modo de aplicação e da composição do sistema adesivo avaliado, além do tratamento da “smear layer” e do substrato dentinário.

A pressão hidrostática aplicada neste estudo revelou-se um método eficiente para simular a pressão pulpar fisiológica e suas consequências no comportamento dos sistemas adesivos nas diferentes condições experimentais. Esse método está baseado na Estática dos Fluidos, no qual a pressão está diretamente relacionada com a altura da coluna de água formada e independe da forma e do volume do recipiente no qual essa água está contida. Dessa maneira, como o nível da coluna de água permaneceu

34 cm acima da superfície de dentina para todas as amostras, a pressão hidrostática gerada de 25 mmHg foi constante, não variando em função do diâmetro e do formato dos túbulos dentinários. Por outro lado, o extravasamento de fluidos é diretamente proporcional à área da superfície ocupada pelos túbulos. Sendo a dentina acima dos cornos pulpaes mais permeável [OUTHWAITE et al., 1976; PASHLEY et al., 1987;], conseqüentemente essa superfície se encontra mais úmida quando comparada à dentina central, podendo apresentar maior ou menor influência na adesão em função da composição do sistema adesivo utilizado e do tempo de armazenamento (TAB. 5.3, 5.4 e 5.5).

A maior média numérica de resistência adesiva foi apresentada pelo sistema Prime & Bond 2.1, quando aplicado sobre dentina central, com pressão pulpar simulada, e avaliado após 7 (G13- 38,86 MPa), 60 (G14- 38,48 MPa) e 180 (G15- 36,81 MPa) dias armazenado em água (TAB. 5.3). Provavelmente, esse sistema, ao ser utilizado em dentina central dentro da sua técnica, que preconiza uma superfície úmida para melhor interagir com a acetona contida em seu “primer” [FERRARI et al., 1997; BARKMEIER et al., 1999; PERDIGÃO et al., 1999], foi eficaz em penetrar na camada de dentina desmineralizada, formando prolongamentos resinosos e uma camada híbrida com menor inclusão de defeitos no seu interior [TAY et al., 1994; FERRARI et al., 1997; BARKMEIER et al., 1999; PERDIGÃO et al., 1999; UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; PEREIRA & PAULILLO, 2000].

O resultado apresentado pelo sistema Prime & Bond 2.1 em dentina central aos 7 dias de armazenamento (38,86 MPa), apesar de ser o maior valor numérico obtido

em todas as condições estudadas, não diferiu dos valores apresentados após armazenamento em água por 2 meses (38,48 MPa), nas mesmas condições experimentais (TAB. 5.4).

No entanto, um completo selamento da interface é muito difícil de ser obtido [SANO et al., 1995 a; SANO et al., 1995 b; SANO et al., 1995 c; CARVALHO et al., 1999], permitindo, dessa forma, a infiltração de fluidos externos através dos defeitos nanométricos, causando a degradação hidrolítica do colágeno não protegido e dos componentes resinosos [SANO et al., 1995 a; SANO et al., 1995 b; SANO et al., 1995 c; CARVALHO et al., 1999], acentuada pela ação dos fluidos internos decorrentes da pressão pulpar [LUCENA-MARTIN et al., 1999], que pode ter ocasionado a redução dos valores de união verificada no resultado apresentado pelo sistema Prime & Bond 2.1, em dentina central, avaliado aos 180 dias (36,81 MPa). Esse resultado, apesar de satisfatório e significativamente maior do que os valores apresentados pelos outros sistemas adesivos avaliados, revelou um decréscimo significativo, quando comparado ao período de tempo de 7 dias na mesma condição experimental.

Esse fato torna-se ainda mais crítico na dentina localizada acima dos cornos pulpares, onde esse mesmo sistema obteve valores significativamente mais baixos de adesão, G16- 30,04 MPa, G17- 29,0 MPa e G18- 21,67 MPa, quando comparados à dentina central nos mesmos intervalos de tempo, 7, 60 e 180 dias (TAB. 5.6).

Tem sido observado uma correlação inversa entre a área ocupada pelos túbulos e a resistência à tração do sistema Prime & Bond 2.1 [GIANNINI, 1999]. Como o mecanismo de união desse adesivo é dependente da área de dentina intertubular para a formação da camada híbrida, a resistência adesiva fica comprometida na dentina

acima dos cornos pulpaes, considerando que os túbulos dentinários ocupam grande parte da dentina localizada próxima à polpa, reduzindo a área de dentina intertubular para formar o processo adesivo [PERINKA et al., 1992; YOSHIYAMA et al., 1995; PASHLEY & CARVALHO, 1997; GIANNINI, 1999].

Além disso, o sistema Prime & Bond 2.1 por ser à base de acetona, é muito sensível a variações de sua técnica [FRANKENBERGER et al., 2000], principalmente no que diz respeito à umidade do substrato [PERDIGÃO et al., 1999; FRANKENBERGER et al., 2000]. Sendo a dentina da região dos cornos pulpaes mais permeável [OUTHWAITE et al., 1976; PASHLEY et al., 1987; TAGAMI et al., 1990; LUCENA-MARTIN et al., 1999], esta se apresenta mais úmida, principalmente após a remoção da lama dentinária e da descalcificação e alargamento dos túbulos pelo condicionamento ácido [PASHLEY et al., 1987; TAGAMI et al., 1990; MARSHALL Jr., 1993; LUCENA-MARTIN et al., 1999; PEREIRA et al., 1999]. O aumento da umidade superficial provavelmente causou a redução do grau de polimerização [DAVIDSON et al., 1993; JACOBSEN & SÖDERHOLM, 1995; SANO et al., 1995 c] e diluição desse sistema [JACOBSEN & SÖDERHOLM, 1995]. Na presença de maior umidade, a acetona contida no adesivo não é capaz de volatilizar toda a água contida no aderente e substituí-la por monômeros resinosos [TAY et al., 1996 a; TAY et al., 1998; LUCENA-MARTIN et al., 1999]. Com isso, o mesmo sofre uma diluição que, em graus mais severos, causa a separação de fases dos seus componentes mais hidrófobos, ocasionando a formação de micelas ou glóbulos de resina e bolhas de ar [TAY et al., 1996 a; TAY et al., 1996 b; TAY et al., 1998], que se localizam na interface adesiva e dificultam a hibridização [NIKAIDO et al., 1995; TAY et al., 1996 a; TAY et al., 1996 b; TAY et

al., 1998] reduzindo os valores de resistência [YASHIKAWA et al., 1999; PEREIRA et al, 1999], como notado nos resultados deste estudo.

Os valores de adesão apresentados pelo sistema Prime & Bond 2.1 na dentina localizada acima dos cornos pulparem foram semelhantes entre si nos primeiros períodos de armazenamento, 7 e 60 dias, e um decréscimo significativo só foi observado para os valores obtidos aos 180 dias de armazenamento, confirmando o início da deterioração da adesão após esse período de tempo, nos dois sítios de adesão dentinária avaliados (TAB. 5.5 e 5.6).

A presença de áreas híbridóides na adesão ocasionadas pelo excesso de umidade e ainda a discrepância entre a dentina desmineralizada e a extensão de penetração do adesivo, causada pela maior rapidez de desmineralização da dentina localizada acima dos cornos pulparem, são as possíveis causas dos menores valores de adesão [YOSHIYAMA et al., 1995; MARSHALL Jr. et al., 1997; PRATI et al., 1998]. Os defeitos contidos na camada híbrida possivelmente foram preenchidos pela água infiltrada através da interface e via túbulos dentinários. Essa, por sua vez, pode ter ocasionado alterações na estrutura das fibras colágenas e da cadeia polimérica e a diluição dos monômeros não convertidos em polímeros [JACOBSEN & SÖDERHOLM, 1995; WALSHAW & McCOMB, 1995; TAY et al., 1996 b; TAY et al., 1998], o que promove a redução da resistência à tração do adesivo e da durabilidade da união, verificados nos valores obtidos pelo sistema Prime & Bond 2.1 aplicado na dentina localizada próxima à polpa, aos 180 dias.

Para a obtenção de resultados confiáveis com o sistema Prime & Bond 2.1, é de fundamental importância que, após a lavagem do ácido, o método de secagem deixe

o substrato, independente da sua localização, com umidade adequada na superfície, tomando-se o cuidado de não deixá-la com excesso de umidade ou ressecada [TAY et al., 1998; PEREIRA & PAULILLO, 2000].

Valores iniciais satisfatórios de adesão também foram observados para o sistema Clearfil Mega Bond, que não apresentaram diferença estatística significativa entre si, em função do sítio de adesão da dentina (G1- 34,42 MPa- dentina central e G4- 33,49 MPa- dentina da região dos cornos pulpares- TAB. 5.4).

Apesar da pouca espessura, esse tipo de camada híbrida constituída pela “smear layer” e dentina modificadas apresenta uma menor inclusão de defeitos no seu interior [NAKABAYASHI & SAIMI, 1996; GORDAN et al., 1997; GORDAN et al., 1998; TAY et al., 2000 a], uma vez que não ocorrem discrepâncias entre a profundidade de desmineralização da dentina e a profundidade de penetração do adesivo [GORDAN et al., 1998; TAY et al., 2000 a]. Isso resulta em valores iniciais satisfatórios de adesão [BURROW et al., 1994; PRATI et al., 1998; TAY et al., 2000 a; TAY et al., 2000 b], como os observados neste trabalho, que não apresentaram diferença significativa de resistência em função do sítio de adesão, uma vez que a “smear layer” e os “smear plugs” não foram removidos da superfície, mantendo a permeabilidade do substrato inalterada [PERINKA et al., 1992; BURROW et al., 1994; TAGAMI et al., 1990; PEREIRA et al., 1999], o que reduz a umidade da dentina mais permeável e as suas conseqüências na adesão [YOSHIKAWA et al., 1999; PEREIRA et al., 1999].

Por apresentar uma zona de interdifusão mais uniforme, era de se esperar que esses valores de adesão se mantivessem constantes após os diferentes períodos de armazenamento em água. Contudo, o contrário foi observado, ou seja, os valores de

resistência apresentados pelo sistema Clearfil Mega Bond decresceram significativamente após 60 e 180 dias de imersão em água (G2/MBDMB- 10,40 MPa, G3/MBDMC- 8,17 MPa, G5/MBDPB- 7,36 MPa e G6/MBDPC- 7,47 MPa- TAB. 5.5), constituindo os menores valores de adesão obtidos neste estudo, não havendo diferença estatística entre os valores de resistência apresentados nas duas localidades da dentina, exceto para os resultados obtidos na dentina próxima aos cornos pulpaes no período de 60 dias, que foram significativamente menores dos apresentados pela dentina central nesse mesmo período de tempo. No entanto, não apresentaram diferença estatística significativa dos valores obtidos nas duas localizações dentinárias após 180 dias de armazenamento.

A inclusão da “smear layer” no complexo híbrido resulta na formação de um elo fraco na adesão [NAKABAYASHI & SAIMI, 1996; TAY et al., 2000 a]. A “smear layer”, por se apresentar extremamente porosa [WATANABE et al., 1994; PASHLEY & CARVALHO, 1997], é facilmente hidrolizada e dissolvida, o que causa um aumento do potencial de infiltração de fluidos e produtos bacterianos nos espaços deixados pela mesma [WATANABE et al., 1994; TAY et al., 2000 a] e, como conseqüência, a hidrólise das fibras colágenas e dos componentes resinosos fracamente infiltrados na dentina, promovendo uma maior degradação da adesão [WATANABE & NAKABAYASHI, 1993; BURROW et al., 1996; PAUL et al., 1999; SANO et al., 1999], verificada neste estudo nos menores valores de resistência apresentados pelo sistema Clearfil Mega Bond aplicado em dentina central e na dentina acima dos cornos pulpaes após 60 e 180 dias de armazenamento. Essa situação se agrava ainda mais devido ao meio potencialmente ácido promovido pelo “primer” autocondicionante, que pode promover a

desmineralização contínua do aderente [SÖDERHOLM, 1997] e ainda dificulta a conversão dos monômeros em polímeros, facilitando a diluição dos mesmos, incorporando falhas que são propagadoras de fraturas na interface de união e que ainda promovem o decréscimo da elasticidade e da resistência interna da camada híbrida e da resistência coesiva do adesivo [SANO et al., 1999].

Além disso, a presença da “smear layer” reduz a energia de superfície do substrato, tornando-o menos receptivo à adesão [WATANABE et al., 1994], e funciona como uma barreira física à penetração dos monômeros resinosos, que é ainda mais prejudicada com o aumento da espessura dessa camada de debris e conseqüente redução da acidez do “primer” [WATANABE et al., 1994; NAKABAYASHI & SAIMI, 1996; HAYAKAWA et al., 1998; YOSHIYAMA et al., 1998]. Esse fato, além de limitar a disponibilidade de radicais livres na superfície hibridizada, diminuindo a união química entre o adesivo e o compósito restaurador [BURROW et al., 1993], dificulta a penetração dos monômeros na dentina intertubular e no interior dos túbulos [WATANABE & NAKABAYASHI, 1993; TAY et al., 2000 a; HARADA et al., 2000], formando prolongamentos resinosos não completamente preenchidos no seu interior [WATANABE et al., 1994; PERDIGÃO et al., 1996; PRATI et al., 1998; HARADA et al., 2000], e uma camada híbrida, pouco espessa, com alto módulo de elasticidade, mais susceptível a alterações frente às tensões mastigatórias, térmicas e de contração de polimerização [UNO & FINGER, 1996; YOSHIYAMA et al., 1998; PERDIGÃO et al., 2000; TAY et al., 2000 a].

Ainda, a formação de um complexo híbrido pouco infiltrado por monômeros resinosos dificulta a continuidade da hibridização, não permitindo a integração dos

“tags” resinosos com a zona híbrida ao seu redor [WATANABE & NAKABAYASHI, 1993; TAY et al., 2000 a], prejudicando a formação de um complexo híbrido interligado e permitindo, dessa forma, a presença de áreas não completamente encapsuladas e de margens não totalmente seladas, o que aumenta o potencial de infiltração de fluidos e reduz a resistência e durabilidade da união [WATANABE & NAKABAYASHI, 1993; TAY et al., 2000 a].

Uma possível solução para esse problema seria o aumento do tempo de aplicação e do número de camadas do “primer” ácido, na tentativa de se obter uma maior profundidade de penetração do mesmo [FERRARI et al., 1996; HAYAKAWA et al., 1998; BOUILLAGUET et al., 2001], ou a remoção prévia da “smear layer” com ácidos fracos, facilitando a atuação do sistema autocondicionante na dentina, através de uma desmineralização mais eficaz da sua superfície e uma maior infiltração dos monômeros resinosos sem a incorporação de contaminantes na adesão [NAKABAYASHI & SAIMI, 1996; MIYASAKA & NAKABAYASHI, 1999].

Através dos resultados obtidos neste estudo foi ainda possível observar que o sistema Prime & Bond NT obteve os menores valores de resistência inicial, quando comparados aos do sistema Prime & Bond 2.1, que não diferiram significativamente dos apresentados pelo sistema Clearfil Mega Bond, e ainda não apresentaram diferença estatística significativa em função da localização da dentina (G7- 32,26 MPa e G10- 31,04 MPa TAB. 5.4).

A incorporação de cargas inorgânicas, além de melhorar as propriedades mecânicas dos adesivos, ocasiona um aumento da viscosidade dos mesmos [MIYAZAKI et al., 1995; PERDIGÃO et al., 1996], fazendo com que estes se depositem nas paredes do

preparo, formando uma película mais espessa [MIYAZAKI et al., 1995; UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999; PERDIGÃO et al., 2000; BOUILLAGUET et al., 2001], originando uma camada elástica na interface da restauração com grande capacidade de absorver as tensões geradas durante a contração de polimerização da resina composta [TAY et al., 1999; CHOI et al., 2000; BRAGA et al., 2000], minimizando a formação de fendas [MIYAZAKI et al., 1995; UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999]. Em contrapartida, o aumento da viscosidade do líquido e o acúmulo do conteúdo de carga na superfície promovem a diminuição na capacidade de infiltração dos monômeros resinosos no aderente pelo tempo e número de aplicações recomendadas pelo fabricante, resultando em uma camada híbrida não uniforme e menos infiltrada [MIYAZAKI et al., 1995; TAY et al., 1999; LI et al., 2000; SANTINI et al., 2000; PERDIGÃO et al., 2000; BOUILLAGUET et al., 2001], que justifica o decréscimo nos valores iniciais de adesão que, por outro lado, foram semelhantes nos dois sítios de adesão dentinária avaliados neste estudo, devido à redução da permeabilidade da dentina acima dos cornos pulpares [LI et al., 2000], fazendo com que a influência da umidade e da pressão pulpar seja menos significativa.

Uma outra explicação para esse menor resultado inicial de resistência do sistema Prime & Bond NT é que o aumento da viscosidade e a inclusão de cargas nos adesivos podem ocasionar um decréscimo no grau de polimerização do seu filme. Sistemas com partículas de carga apresentam silano em sua composição, que, apesar de ser fundamental para a adesão entre a carga e a matriz resinosa, interfere na cura do material [FERRACANE & BERGE, 1995]. Além disso, camadas mais espessas de monômeros resinosos facilitam a inclusão de oxigênio entre suas moléculas [ELIADES,

1994]. Esse oxigênio reduz a formação de cadeias poliméricas, ocasionando a presença de monômeros não polimerizados que funcionam como defeitos dentro da adesão [ELIADES, 1994].

O armazenamento por 2 meses das amostras em que o sistema Prime & Bond NT foi aplicado em dentina central (G8- 30,74 MPa) não proporcionou uma redução significativa dos valores de adesão quando comparados aos resultados iniciais, porém, o mesmo não foi observado para a dentina localizada acima dos cornos pulpares nesse mesmo intervalo de tempo, no qual os valores decresceram significativamente após o armazenamento em água (G11- 28,08 MPa- TAB. 5.5). Essa redução foi ainda maior após 6 meses de armazenamento nas duas localizações dentinárias (G9-dentina central- 21,18 MPa e G12- dentina acima dos cornos pulpares- 19,03 MPa) e provavelmente foi causada pela incompleta hibridização e polimerização [LI et al., 2000; HASHIMOTO et al., 2000 a], que facilitam a absorção de fluidos pela matriz resinosa do adesivo e conseqüente degradação hidrolítica das ligações peptídicas das fibras colágenas não protegidas e dos componentes resinosos, além de gerar uma pressão osmótica que promove a separação entre essa matriz e as partículas rígidas de carga, ocasionando uma falha interfacial, formação de trincas e redução das propriedades mecânicas do adesivo após um período de armazenamento [SÖDERHOLM et al., 1984; HASHIMOTO et al., 2000 a].

Apesar dos grandes esforços em modificar a composição dos sistemas adesivos para se obter uma adesão forte e duradoura ao substrato dentinário, verifica-se, através dos resultados obtidos neste estudo, que a incorporação de cargas ou a

introdução de um “primer” ácido não aumentaram a longevidade da restauração, quando comparados a um sistema de frasco único à base de acetona.

Quando se observou o comportamento dos três sistemas adesivos, Prime & Bond 2.1, Prime & Bond NT e Clearfil Mega Bond, notou-se que houve uma redução significativa dos valores de adesão no período de armazenagem por 180 dias, quando comparados com os valores iniciais apresentados após o período de 7 dias de estocagem (TAB. 5.5), o que comprova que os sistemas adesivos estudados foram afetados pela pressão pulpar simulada e pelo armazenamento em água. Porém, apesar de apresentar valores mais baixos de resistência à tração após 6 meses, o sistema Prime & Bond 2.1 obteve resultados de resistência considerados satisfatórios, significativamente maiores do que aqueles apresentados pelos outros sistemas na dentina central e na dentina acima dos cornos pulpaes nesse período de tempo, o que significa que esse adesivo apresentou uma união mais estável.

## 7- CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que este trabalho foi desenvolvido e com base na análise estatística aplicada aos resultados, pode-se concluir:

- as maiores médias de resistência à tração foram apresentadas pelo sistema Prime & Bond 2.1 em dentina central. Contudo, os valores de resistência adesiva decresceram significativamente, quando o mesmo adesivo foi aplicado na dentina localizada acima dos cornos pulpaes;
- os resultados iniciais (7 dias) de resistência à tração dos sistemas Clearfil Mega Bond e Prime & Bond NT foram semelhantes entre si e não apresentaram um decréscimo significativo em função do sítio de adesão da dentina;
- todos adesivos avaliados apresentaram decréscimo significativo da resistência à tração após 180 dias de armazenamento em água, com exceção do grupo no qual o sistema Prime & Bond 2.1 foi aplicado na dentina central;
- os menores valores de resistência à tração foram apresentados pelo sistema Clearfil Mega Bond em ambos sítios de adesão da dentina após 180 dias de armazenamento em água, no entanto, esses resultados não apresentaram diferença significativa, quando o mesmo adesivo foi aplicado na dentina localizada acima dos cornos pulpaes e avaliado após 60 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*De acordo com a NBR-6023 de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviaturas dos periódicos de conformidade com o "Word List of Scientific Periodicals."*

- 01- ARMSTRONG, S. R., BOYER, D. B. & KELLER, J. C. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. *Dent. Mater.*, Washington, v.14, n.1, p.44-50, Jan. 1998.
- 02- BARKMEIER, W. W., HAMMESFAHR, P. D. & LATTA, M. A. Bond strength of composite to enamel and dentin using Prime & Bond 2.1. *Oper. Dent.*, Seattle, v.24, n.2, p.51-56, Mar/Apr. 1999.
- 03- BOUILLAGUET, P., et al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J. Dent.*, Oxford, v.29, n.1, p.55-61, Jan. 2001.
- 04- BRAGA, R. R., CESAR, P. F. & GONZAGA, C.C. Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.13, n.2, p.73-76, Apr. 2000.
- 05- BURROW, M. F., TAGAMI, J. & HOSODA, H. The long term durability of bond strengths to dentin. *Bull. Tokyo Med. Dent. Univ.*, Tokyo, v.40, n.4, p.173-191, 1993.
- 06- BURROW, M. F., SATOH, M. & TAGAMI, J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent. Mater.*, Washington, v.12, n.5-6, p.302-307, Sep. 1996.
- 07- BURROW, M. F., et al. The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent. Mater.*, Washington, v.10, n.4, p.241-246, July 1994.
- 08- CARDOSO, P. E. C., BRAGA, R. R. & CARRILHO, M. R. O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent. Mater.*, Washington, v.14, n.6, p.394-398, Nov. 1998.

## Referências Bibliográficas

- 09- CARVALHO, R. M. Adesivos dentinários: fundamentos para a aplicação clínica . *Rev. Dent. Rest.*, Bauru, v.1, n.2, p.62-96, Maio/Junho 1998.
- 10- CARVALHO, R. M. et al. Resin diffusion through demineralized dentin matrix. *Rev. Odontol. Univ. São Paulo*, São Paulo, v.13, n.4, p.417-424, Out./Dez. 1999.
- 11- CARVALHO, R. M. et al. Long-term mechanical properties of EDTA-demineralized dentin matrix. *J. Adhesive Dent.*, Berlin, v.2, n.3, p.193-199, Mar. 2000.
- 12- CHOI, K. K., CONDON, J. R. & FERRACANE, J. L. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J. Dent. Res.*, Washington, v.79, n.3, p.812-817, Mar. 2000.
- 13- DAVIDSON, C. L., ABDALLA, A. I. & DE GEE, A. J. An investigation into the quality of dentin bonding systems for accomplishing a durable bond. *J. Oral Rehabil.* Oxford, v.20, n.3, p.291-300, May. 1993.
- 14- ELIADES, G. Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. *J. Dent.*, Oxford, v.22, n.2, p.73-81, Apr. 1994.
- 15- FERRACANE, J. L. & BERGE, H. X. Fracture toughness of experimental dental composites aged in ethanol. *J. Dent. Res.*, Washington, v.74, n.7, p.1418-1423, July 1995.
- 16- FERRARI, M., GORACCI, G. & GARCÍA-GODOI, F. Bonding mechanism of three “one-bottle” systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.10, n.5, p.224-230, Oct. 1997.
- 17- FERRARI, M. et al. Dentin infiltration by three adhesive systems in clinical and laboratory conditions. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.9, n.6, p.240-244, Dez. 1996.
- 18- FRANKENBERGER, R., KRÄMER, N. & PETSCHERT, A. Technique sensitivity of dentin bonding: Effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Oper. Dent.*, Seattle, v.25, n.6, p.324-330, Nov./ Dec. 2000.
- 19- FUSAYAMA, T., et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative

- resin. *J. Dent. Res.*, Washington, v.58, n.4, p.1364-1370, Apr. 1979.
- 20- GALE, M. S. & DARVELL, B. D. Dentin permeability and tracer tests. *J. Dent.*, Oxford, v.27, n.1, p.1-11, Jan. 1999.
- 21- GIANNINI, M. Efeito da densidade e da área ocupada pelos túbulos dentinários na resistência à tração. Piracicaba, 1999. 132p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
- 22- GOODIS, H. E., et al. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent. Mater.*, Washington, v.9, n.2, p.79-84, Mar. 1993.
- 23- GORDAN, V. V., et al. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.10, n.5, p.219-223, Oct. 1997.
- 24- GORDAN, V. V. et al. Evaluation of acidic primers in microleakage of class V composite resin restorations. *Oper. Dent.*, Seattle, v.23, n.6, p.244-249, Sep/Oct. 1998.
- 25- HARADA, N. et al. Tensile Bond Strength of a newly developed one-bottle self-etching resin bonding system to various dental substrates. *Dent. in Japan*, Tokyo, v.36, n.2, p.47-53, Mar. 2000.
- 26- HASHIMOTO, M. et al. *In vivo* degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J. Dent. Res.*, Washington, v.79, n.6, p.1385-1391, June. 2000 a.
- 27- HASHIMOTO, M. et al. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent. Mater.*, Washington, v.16, n.6, p.406-411, Nov. 2000 b.
- 28- HAYAKAWA, T., KIKUTAKE, K. & NEMOTO, K. Influence of a self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dent. Mater.*, Washington, v.14, n.2, p.99-105, Mar. 1998.
- 29- JACOBSEN, T. & SÖDERHOLM, K. J. Some effects of water on dentin bonding. *Dent. Mater.*, Washington, v.11, n.2, p.132-136, Mar. 1995.
- 30- KANCA, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence Int.*, Berlin, v.23, n.1, p.39-41, Jan. 1992.

- 31- KATO, G. & NAKABAYASHI, N. The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. *Dent. Mater.*, Washington, v.14, n.5, p.347-352, Sep. 1998.
- 32- KITASAKO, Y. et al. The influence of storage solution on dentin bonding durability of resin cement. *Dent. Mater.*, Washington, v.16, n.1, p.1-6, Jan. 2000.
- 33- LI, H., BURROW, M.F. & TYAS, M.J. Nanoleakage patterns of four dentin bonding systems. *Dent. Mater.*, Washington, v.16, n.1, p.48-56, Jan. 2000.
- 34- LUCENA – MARTIN, C. et al. Study of the shear bond strength of five one-component adhesives under simulated pulpal pressure. *Oper. Dent.*, Seattle, v.24, n.2, p.73-80, Mar/ Apr. 1999.
- 35- MACIEL, K. T., et al. The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. *J. Dent. Res.*, Washington, v.75, n.11, p.1851-1858, Nov. 1996.
- 36- MARSHALL Jr., G. W. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int.*, Berlin, v.24, n.9, p.606-617, Sep. 1993.
- 37- MARSHALL, Jr., G. W., et al., Dentin demineralization: effects of dentin depth, pH and different acids. *Dent. Mater.*, Washington, v.13, n.5-6, p.338-343, Nov. 1997.
- 38- MCKINNEY, J. E. & WU, W. Chemical softening and wear of dental composites. *J. Dent. Res.*, Washington, v.64, n.11, p.1326-1331, Nov. 1985.
- 39- MITCHEM, J. C., TERKLA, L. G. & GRONAS, D. G. Bonding of resin dentin adhesives under simulated physiological conditions. *Dent. Mater.*, Washington, v.4, n.6, p.351-353, Dec. 1988.
- 40- MIYASAKA, K. & NAKABAYASHI, N. Combination of EDTA conditioner and Phenyl-P / HEMA self-etching primer for bonding to dentin. *Dent. Mater.*, Washington, v.15, n.3, p.153-157, May 1999.
- 41- MIYAZAKI, M., et al. Influence of filler addition to bonding agents on shear

- bond strength to bovine dentin. *Dent. Mater.*, Washington, v.11, n.4, p.234-238, July 1995.
- 42- NAKABAYASHI, N. & SAIMI, Y. Bonding to intact dentin. *J. Dent. Res.*, Washington, v.75, n.9, p.1706-1715, Sep. 1996.
- 43- NAKABAYASHI, N., KOJIMA, K. & MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J. Biomed. Mat. Res.*, New York, v.13, n.3, p.265-273, May 1982.
- 44- NAKABAYASHI, N., SHIZAWA, M. & NAKAMURA, M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. *Quintessence int.*, Berlin, v.23, n.2, p.135-141, Feb. 1992.
- 45- NIKAIDO, T., et al. Effect of pulpal pressure on adhesion of resin composite to dentin: Bovine serum versus saline. *Quintessence int.*, Berlin, v.26, n.3, p.221-226, Mar. 1995.
- 46- ØILO, G. Bond strength testing- What does it mean? *Int. Dent. J.*, Guildford, v.43, n.5, p.492-498, June 1993.
- 47- OUTHWAITE, W. C., LIVINGSTON, M. J. & PASHLEY, D. H. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Archs oral Biol.*, Oxford, v.21, n.II, p599-603, 1976.
- 48- PASHLEY, D.H. & CARVALHO, R. M. Dentine permeability and dentine adhesion. *J. Dent.*, Oxford, v.25, n.5, p.355-372, Sep. 1997.
- 49- PASHLEY, D. H. et al. Regional variability in the permeability of human dentine. *Archs oral Biol.*, Oxford, v.32, n.7, p.519-523, 1987.
- 50- PASHLEY, D. H., et al. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int.*, Berlin, v.24, n.9, p.618-631, Sep. 1993.
- 51- PASHLEY, D. H., et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent. Mater.*, Washington, v.11, n.2, p.117-125, Mar. 1995.
- 52- PASHLEY, D. H. et al. Permeability of demineralized dentin to HEMA. *Dent. Mater.*, Washington, v.16, n.1, p.7-4, Jan. 2000.

- 53- PAUL, S.J., et al. Effect of water content on the physical properties of model dentine primer and bonding resins. *J. Dent.*, Oxford, v.27, n.3, p.209-214, Mar. 1999.
- 54- PERDIGÃO, J. New concepts in dental adhesion. *Northwest Dent.*, Minnesota, v.79, n.4, p.29-33, July/Aug. 2000.
- 55- PERDIGÃO, J., et al. The interaction of adhesive systems with human dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.9, n.4, p.167-173, Aug. 1996.
- 56- PERDIGÃO, J., et al. The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. *Dent. Mater.*, Washington, v.15, n.4, p.282-295, July 1999.
- 57- PERDIGÃO, J. et al. The effect of depth of dentin demineralization on bond strengths and morphology of the hybrid layer. *Oper. Dent.*, Seattle, v.25, n.5, p.186-194, Sep./Oct. 2000.
- 58- PEREIRA, G. D. S. & PAULILLO, L. A. M. S. Influence of dentin moisture on adhesive system's shear bond strength. *J. Dent. Res.*, Washington, v.79, n.2392, p.442, Apr. 2000 [Especial Issue].
- 59- PEREIRA, P. N. R., et al. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. *Dent. Mater.*, Washington, v.15, n.1, p.46-53, Jan. 1999.
- 60- PERINKA, L., SANO, H. & HOSODA, H. Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dent. Mater.*, Washington, v.8, n.4, p.229-233, July 1992.
- 61- PHRUKKANON, S., BURROW, M. F. & TYAS, M. J. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent. Mater.*, Washington, v.14, n.2, p.120-128, Mar. 1998.
- 62- PIOCHI, T., et al. Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.11, n.5, p.202-206, Oct. 1998.
- 63- PRATI, C., PASHLEY, D. H. & MONTANARI, G. Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent. Mater.*, Washington, v.7, n.1, p.54-58, Jan. 1991.

- 64- PRATI, C. et al. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper. Dent.*, Seattle, v.23, n.4, p.185-194, July/Aug. 1998.
- 65- RETIEF, H. Standardizing laboratory adhesion tests. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.4, n.5, p.231-236, Oct. 1991.
- 66- SANO, H., et al. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper. Dent.*, Seattle, v.19, n.2, p.59-64, Mar/Apr. 1994 a.
- 67- SANO, H., et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength- Evaluation of a micro-tensile bond strength. *Dent. Mater.*, Washington, v.10, n.4, p.236-240, July 1994 b.
- 68- SANO, H., et al. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper. Dent.*, Seattle, v.20, n.1, p.18-25, Jan/Feb. 1995 a.
- 69- SANO, H., et al. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J. Dent. Res.*, Washington, v.74, n.4, p.1093-1102, Apr. 1995 b.
- 70- SANO, H., et al. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Oper. Dent.*, Seattle, v.20, n.4, p.160-167, July/Aug. 1995 c.
- 71- SANO, H. et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, "in vivo". *J. Dent. Res.*, Washington, v.78, n.4, p.906-911, Apr. 1999.
- 72- SANTINI, A., PLASSCHAERT, A. J. M. & MITCHELL, S. Marginal leakage of filled dentin adhesives used with wet and dry techniques. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.13, n.2, p.93-97, Apr. 2000.
- 73- SHONO, Y. et al. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *J. Dent. Res.*, Washington, v.78, n.2, p.699-705, Feb. 1999.
- 74- SÖDERHOLM, K. J. Correlation of "in vivo" and "in vitro" performance of adhesive restorative materials: A report of the ASC MD156 Task Group on test methods for adhesion of restorative materials. *Dent. Mater.*, Washington, v.7, n.2/3, p.74-83, Apr. 1991.
- 75- SÖDERHOLM, K. J. Technique sensitivity of dentin bonding. *Gen Dent.*, Chicago, v.45, n.3, p.1218-1222, May-Jun. 1997.

- 76- SÖDERHOLM, K. J. et al. Hydrolytic degradation of dental composites. *J. Dent. Res.*, Washington, v.63, n.10, p.1248-1254, Oct. 1984.
- 77- STRAWN, S. E., et al. Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions- short Term. *J. Dent.*, Oxford, v.24, n.6, p.417-423, Nov. 1996.
- 78- SWIFT Jr., E. J., PERDIGÃO, J. & HEYMANN, H. O. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence Int.*, Berlin, v.26, n.2, p.95-110, Feb. 1995.
- 79- TAGAMI, J., TAO, L. & PASHLEY, D. H. Correlation among dentin depth, permeability and bond strength of adhesive resins. *Dent. Mater.*, Washington, v.6, n.1/2, p.45-50, Jan. 1990.
- 80- TAGAMI, J. et al. Effects of high-speed cutting on dentin permeability and bonding. *Dent. Mater.*, Washington, v.7, n.4, p.234-239, Oct. 1991.
- 81- TAY, F. R., GWINNETT, J. A. & WEI, S. H. Y. The overwet phenomenon: A scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.9, n.3, p.109-114, June 1996 a.
- 82- TAY, F. R., GWINNETT, J. A. & WEI, S. H. Y. The overwet phenomenon: A transmission electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, San Antonio, v.9, n.4, p.161-166, Aug. 1996 b.
- 83- TAY, F. R., GWINNETT, J. A. & WEI, S. H. Y. Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J. Dent.*, Oxford, v.26, n.3, p.147-156, Apr. 1998.
- 84- TAY, F. R., MOULDING, K. M. & PASHLEY, D. H. Distribution of nanofillers from a simplified-step adhesive in acid-conditioned dentin. *J. Adhesive Dent.*, Berlin, v.1, n.2, p.103-117, Feb. 1999.
- 85- TAY, F. R., et al. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique "in vivo". *J. Dent. Res.*, Washington, v.73, n.3, p.629-636, Mar. 1994.

- 86- TAY, F.R. et al. An ultrastructural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. *J. Adhesive Dent*, Berlin, 2000 a (in press)
- 87- TAY, F.R. et al. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *J. Adhesive Dent*, Berlin, 2000 b (in press)
- 88- TERKLA, L. G., et al. Testing sealing properties of restorative materials against moist dentin. *J. Dent. Res.*, Washington, v.66, n.12, p.1758-1764, Dec. 1987.
- 89- UNO, S. & FINGER, W. J. Effects of acidic conditioners on dentine demineralization and dimension of hybrid layers. *J. Dent.*, Oxford, v.24, n.3, p.211-216, May. 1996.
- 90- UNTERBRINK, G. L. & LIEBENBERG, W. H. Flowable resin composites as "filled adhesives": Literature review and clinical recommendations. *Quintessence int.*, Berlin, v.30, n.4, p.249-257, Apr. 1999.
- 91- VAN MEERBEEK, B., et al. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Oper. Dent.*, Seattle, v.5, p.111-124, 1992. [Supplement 5]
- 92- WALSHAW, P. R. & McCOMB, D. SEM characterization of the resin-dentine interface produced *in vivo*. *J. Dent.*, Oxford, v.23, n.5, p.281-287, Oct. 1995.
- 93- WALSHAW, P. R. & McCOMB, D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence Int.*, Berlin, v.27, n.9, p.619-625, Sep. 1996.
- 94- WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. *Quintessence int.*, Berlin, v.24, n.5, p.335-342, May. 1993.
- 95- WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. *J. Dent.*, Oxford, v.22, n.2, p.67-72, Apr. 1994.
- 96- WATANABE, I., NAKABAYASHI, N. & PASHLEY, D. H. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J. Dent. Res.*, Washington, v.73, n.6, p.1212-1220, June 1994.

## *Referências Bibliográficas*

---

- 97- YOSHIKAWA, T. et al. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. . J. Dent. Res., Washington, v.78, n.4, p.898-905, Apr. 1999.
- 98- YOSHIYAMA, M., et al. Interfacial morphology and strength of bonds made to superficial *versus* deep dentin. Am. J. Dent., San Antonio, v.8, n.6, p.297-302, Dez. 1995.
- 99- YOSHIYAMA, M. et al. Regional bond strength of self-etching/self-priming adhesive systems. J. Dent., Oxford, v.26, n.7, p.609-616, Sep. 1998.

OBRAS CONSULTADAS

- 01- BISCUOLA, G. J. & MAIALI, A. C. Física. Volume único. 1ª ed. Editora Saraiva, 1996.
- 02- CECCOTI, H. M. & SOUSA, D. D. Manual para normatização de dissertação e tese. Piracicaba, FOP-UNICAMP, 1999.
- 03- DENTSPLY- Prime & Bond 2.1. Perfil técnico do produto e instruções de uso.
- 04- DENTSPLY- Prime & Bond NT. Perfil técnico do produto e instruções de uso.
- 05- KURARAY- Clearfil Mega Bond. Perfil técnico do produto e instruções de uso.
- 06- NAKABAYASHI, N. & PASHLEY, D. H. Hybridization of dental hard tissues. 1ª ed. Quintessence Publishing Co., Ltd., 1998.
- 07- PHILLIPS, R. W. Materiais Dentários de Skinner. 8ª ed., Editora Guanabara, 1986.
- 08- SOLIANI, S. D.O. & SILVA, L. F. Referências bibliográficas NB-6023 da ABNT de 1989. 3ª ed., Piracicaba, FOP-UNICAMP, 1995.
- 09- ZAHA, I. et al. Biologia Molecular Básica. 1ª ed. Mercado Aberto, 1996.

## ANEXO 1

Resultados em Mega Pascal (MPa) do ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão dentinária sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

PRIME & BOND 2.1		
7 DIAS	60 DIAS	180 DIAS
PBDCA 45.2	PBDCB 37.7	PBDCC 36.3
PBDCA 38.7	PBDCB 31.9	PBDCC 34.2
PBDCA 36.3	PBDCB 36.8	PBDCC 25.7
PBDCA 36.6	PBDCB 37.3	PBDCC 33.0
PBDCA 37.9	PBDCB 32.5	PBDCC 38.2
PBDCA 39.3	PBDCB 35.3	PBDCC 43.0
PBDCA 36.9	PBDCB 37.8	PBDCC 39.4
PBDCA 39.1	PBDCB 33.1	PBDCC 42.4
PBDCA 35.0	PBDCB 46.0	PBDCC 37.5
PBDCA 39.8	PBDCB 34.4	PBDCC 41.4
PBDCA 35.5	PBDCB 44.7	PBDCC 39.3
PBDCA 40.6	PBDCB 35.7	PBDCC 37.2
PBDCA 41.6	PBDCB 33.4	PBDCC 42.1
PBDCA 41.5	PBDCB 46.3	PBDCC 31.4
PBDCA 39.0	PBDCB 44.5	PBDCC 37.3
PBDCA 34.0	PBDCB 35.7	PBDCC 37.6
PBDCA 41.2	PBDCB 42.4	PBDCC 37.5
PBDCA 38.2	PBDCB 43.2	PBDCC 37.5
PBDCA 41.9	PBDCB 37.9	PBDCC 40.2
PBDCA 38.8	PBDCB 39.4	PBDCC 33.0
PBDCA 34.8	PBDCB 31.8	PBDCC 33.7
PBDCA 34.6	PBDCB 47.3	PBDCC 37.0

PBDCA 39.9	PBDCB 42.3	PBDCC 36.7
PBDCA 44.1	PBDCB 35.8	PBDCC 33.1
PBDCA 41.5	PBDCB 48.3	PBDCC 31.1
PBDCA 36.9	PBDCB 36.5	PBDCC 36.5
PBDCA 35.3	PBDCB 37.3	PBDCC 43.9
PBDCA 42.5	PBDCB 38.5	PBDCC 37.5
PBDCA 40.3	PBDCB 37.8	PBDCC 36.4
PBDCA 36.8	PBDCB 40.1	PBDCC 34.3
PBDCA 37.0	PBDCB 39.6	PBDPC 25.8
PBDCA 41.2	PBDCB 35.1	PBDPC 22.2
PBDCA 41.0	PBDCB 43.6	PBDPC 22.5
PBDCA 42.0	PBDCB 32.4	PBDPC 23.2
PBDCA 35.0	PBDCB 44.9	PBDPC 20.2
PBDPA 32.6	PBDCB 42.8	PBDPC 24.3
PBDPA 27.8	PBDCB 28.2	PBDPC 20.1
PBDPA 27.8	PBDCB 30.4	PBDPC 22.9
PBDPA 32.2	PBDCB 36.9	PBDPC 21.3
PBDPA 31.8	PBDCB 43.5	PBDPC 22.9
PBDPA 35.2	PBDPB 28.5	PBDPC 22.0
PBDPA 33.5	PBDPB 28.4	PBDPC 17.1
PBDPA 36.5	PBDPB 26.1	PBDPC 27.2
PBDPA 28.1	PBDPB 34.2	PBDPC 19.9
PBDPA 26.2	PBDPB 28.6	PBDPC 17.1
PBDPA 26.6	PBDPB 30.9	PBDPC 21.7
PBDPA 24.6	PBDPB 32.0	PBDPC 19.3
PBDPA 30.3	PBDPB 23.9	PBDPC 22.2
PBDPA 24.5	PBDPB 32.0	PBDPC 21.2
PBDPA 29.9	PBDPB 30.1	PBDPC 20.3
PBDPA 26.5	PBDPB 30.4	

PBDPA 28.5	PBDPB 26.7	
PBDPA 32.0	PBDPB 24.8	
PBDPA 33.5	PBDPB 31.6	
PBDPA 32.8	PBDPB 28.7	
	PBDPB 27.8	
	PBDPB 29.3	
	PBDPB 27.5	
	PBDPB 28.2	
	PBDPB 29.1	
	PBDPB 32.4	
	PBDPB 26.8	
<b>PRIME &amp; BOND NT</b>		
7 DIAS	60 DIAS	180 DIAS
NTDCA 30.7	NTDCB 27.1	NTDCC 21.0
NTDCA 27.3	NTDCB 34.5	NTDCC 26.8
NTDCA 32.8	NTDCB 28.2	NTDCC 16.3
NTDCA 33.2	NTDCB 33.8	NTDCC 24.7
NTDCA 28.6	NTDCB 35.0	NTDCC 17.7
NTDCA 32.6	NTDCB 33.2	NTDCC 19.5
NTDCA 29.1	NTDCB 31.4	NTDCC 18.3
NTDCA 37.0	NTDCB 30.3	NTDCC 20.2
NTDCA 31.2	NTDCB 25.3	NTDCC 18.6
NTDCA 28.9	NTDCB 27.4	NTDCC 23.7
NTDCA 28.0	NTDCB 32.7	NTDCC 21.4
NTDCA 32.9	NTDCB 36.3	NTDCC 27.7
NTDCA 33.0	NTDCB 24.3	NTDCC 23.3
NTDCA 31.1	NTDCB 31.2	NTDCC 21.2
NTDCA 34.2	NTDCB 30.2	NTDCC 17.7

NTDCA 35.3	NTDCB 32.8	NTDCC 25.1
NTDCA 29.9	NTDCB 32.6	NTDCC 17.0
NTDCA 31.5	NTDCB 28.8	NTDCC 20.5
NTDCA 30.3	NTDCB 36.6	NTDCC 21.1
NTDCA 38.0	NTDCB 29.5	NTDCC 17.0
NTDCA 38.3	NTDCB 24.5	NTDCC 23.4
NTDCA 35.6	NTDCB 31.5	NTDCC 28.2
NTDCA 32.2	NTDCB 24.7	NTDCC 16.8
NTDCA 36.0	NTDCB 30.3	NTDPC 18.5
NTDCA 31.2	NTDCB 32.3	NTDPC 18.3
NTDCA 34.2	NTDCB 36.1	NTDPC 21.1
NTDCA 34.0	NTDCB 37.5	NTDPC 20.6
NTDCA 38.0	NTDCB 34.2	NTDPC 18.5
NTDCA 29.6	NTDCB 21.6	NTDPC 16.2
NTDCA 32.2	NTDCB 26.8	NTDPC 23.2
NTDCA 28.2	NTDCB 38.1	NTDPC 18.6
NTDCA 27.2	NTDCB 30.8	NTDPC 17.4
NTDPA 30.3	NTDCB 22.7	NTDPC 19.6
NTDPA 31.2	NTDCB 29.6	NTDPC 16.9
NTDPA 24.4	NTDCB 33.9	NTDPC 17.7
NTDPA 27.3	NTDPB 33.7	NTDPC 20.4
NTDPA 35.9	NTDPB 32.4	NTDPC 19.4
NTDPA 24.5	NTDPB 34.1	
NTDPA 23.7	NTDPB 35.0	
NTDPA 31.9	NTDPB 30.0	
NTDPA 35.5	NTDPB 30.0	
NTDPA 30.7	NTDPB 28.4	
NTDPA 34.0	NTDPB 24.1	
NTDPA 37.1	NTDPB 30.5	

NTDPA 33.7	NTDPB 20.2	
NTDPA 32.8	NTDPB 23.5	
NTDPA 34.2	NTDPB 28.2	
NTDPA 32.1	NTDPB 30.3	
NTDPA 32.4	NTDPB 21.0	
NTDPA 29.7	NTDPB 20.1	
NTDPA 24.1	NTDPB 26.0	
NTDPA 35.3	NTDPB 31.4	
	NTDPB 25.4	
	NTDPB 30.1	
	NTDPB 30.4	
	NTDPB 24.8	
<b>CLEARFIL MEGA BOND</b>		
<b>7 DIAS</b>	<b>60 DIAS</b>	<b>180 DIAS</b>
MBDCA 33.0	MBDCB 6.7	MBDCC 12.5
MBDCA 27.6	MBDCB 11.9	MBDCC 7.8
MBDCA 30.0	MBDCB 9.5	MBDCC 8.2
MBDCA 35.1	MBDCB 11.0	MBDCC 6.9
MBDCA 31.0	MBDCB 15.4	MBDCC 6.0
MBDCA 30.7	MBDCB 10.4	MBDCC 8.0
MBDCA 34.8	MBDCB 7.2	MBDCC 7.2
MBDCA 39.9	MBDCB 7.4	MBDCC 7.5
MBDCA 41.6	MBDCB 12.4	MBDCC 9.6
MBDCA 42.2	MBDCB 9.7	MBDCC 9.5
MBDCA 38.9	MBDCB 11.5	MBDCC 8.3
MBDCA 38.1	MBDCB 7.8	MBDCC 6.9
MBDCA 33.1	MBDCB 12.8	MBDCC 8.7
MBDCA 38.9	MBDCB 8.3	MBDCC 7.7

MBDCA 37.6	MBDCB 10.4	MBDCC 9.7
MBDCA 26.8	MBDCB 11.0	MBDPC 10.6
MBDCA 36.3	MBDCB 12.4	MBDPC 7.4
MBDCA 29.9	MBDCB 12.6	MBDPC 6.0
MBDCA 30.0	MBDCB 8.3	MBDPC 5.6
MBDCA 32.8	MBDCB 12.4	MBDPC 6.7
MBDPA 38.2	MBDCB 10.4	MBDPC 6.6
MBDPA 38.7	MBDCB 9.4	MBDPC 7.6
MBDPA 34.3	MBDPB 6.4	MBDPC 8.2
MBDPA 38.5	MBDPB 7.4	MBDPC 8.7
MBDPA 32.0	MBDPB 6.3	MBDPC 7.3
MBDPA 30.5	MBDPB 5.7	
MBDPA 33.1	MBDPB 5.4	
MBDPA 35.8	MBDPB 4.6	
MBDPA 25.4	MBDPB 6.6	
MBDPA 37.0	MBDPB 10.5	
MBDPA 33.0	MBDPB 7.7	
MBDPA 25.4	MBDPB 6.7	
	MBDPB 12.0	
	MBDPB 12.0	
	MBDPB 4.1	
	MBDPB 7.8	
	MBDPB 7.2	
	MBDCC 6.3	

Donde:

DC- Dentina central

DP- Dentina pulpar

## ANEXO 2

Análise estatística para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão dentinária sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

## MÉDIAS ORIGINAIS.

□

## GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

## CLASS LEVEL INFORMATION

## CLASS LEVELS VALUES

ADESIVO 3 MB NT PB

SUBS 2 DC DP

TEMPO 3 A B C

Number of observations in data set = 407

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: RES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	39866.768899	2345.104053	178.10	0.0001
Error	389	5122.119455	13.167402		
Corrected Total	406	44988.888354			

R-Square	C.V.	Root MSE	RES Mean
0.886147	12.97453	3.6286915	27.967813

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ADESIVO	2	13671.443182	6835.721591	519.14	0.0001
SUBS	1	2134.810893	2134.810893	162.13	0.0001
ADESIVO*SUBS	2	1976.173068	988.086534	75.04	0.0001
TEMPO	2	11986.653878	5993.326939	455.16	0.0001
ADESIVO*TEMPO	4	7793.116640	1948.279160	147.96	0.0001
SUBS*TEMPO	2	78.672052	39.336026	2.99	0.0516
ADESIVO*SUBS*TEMPO	4	206.869659	51.717415	3.93	0.0039

### General Linear Models Procedure

Least Squares Means- The SAS system, 1994.

ADESIVO	SUBS	TEMPO	RES LSMEAN	Number
MB	DC	A	34.4150000	1
MB	DC	B	10.4045455	2
MB	DC	C	8.1750000	3
MB	DP	A	33.4916667	4
MB	DP	B	7.3600000	5
MB	DP	C	7.4700000	6
NT	DC	A	32.2593750	7
NT	DC	B	30.7371429	8
NT	DC	C	21.1826087	9
NT	DP	A	31.0400000	10
NT	DP	B	28.0761905	11
NT	DP	C	19.0285714	12
PB	DC	A	38.8571429	13
PB	DC	B	38.4775000	14
PB	DC	C	36.8133333	15
PB	DP	A	30.0450000	16
PB	DP	B	29.0000000	17
PB	DP	C	21.6700000	18

Pr &gt; |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.	0.0001	0.0001	0.4863	0.0001	0.0001	0.0378	0.0003	0.0001
2	0.0001	.	0.0622	0.0001	0.0126	0.0346	0.0001	0.0001	0.0001
3	0.0001	0.0622	.	0.0001	0.5324	0.6301	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.4863	0.0001	0.0001	.	0.0001	0.0001	0.3164	0.0238	0.0001
5	0.0001	0.0126	0.5324	0.0001	.	0.9408	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0001	0.0346	0.6301	0.0001	0.9408	.	0.0001	0.0001	0.0001
7	0.0378	0.0001	0.0001	0.3164	0.0001	0.0001	.	0.0871	0.0001
8	0.0003	0.0001	0.0001	0.0238	0.0001	0.0001	0.0871	.	0.0001
9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.
10	0.0035	0.0001	0.0001	0.0650	0.0001	0.0001	0.2392	0.7661	0.0001
11	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0082	0.0001
12	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0807
13	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
14	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
15	0.0226	0.0001	0.0001	0.0077	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
16	0.0002	0.0001	0.0001	0.0096	0.0001	0.0001	0.0329	0.4966	0.0001
17	0.0001	0.0001	0.0001	0.0006	0.0001	0.0001	0.0013	0.0793	0.0001
18	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.6607

Least Squares Means for effect ADESIVO\*SUBS\*TEMPO  
Pr > |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: RES

i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0035	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0226	0.0002	0.0001	0.0001
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0650	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0077	0.0096	0.0006	0.0001
5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	0.2392	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0329	0.0013	0.0001
8	0.7661	0.0082	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.4966	0.0793	0.0001
9	0.0001	0.0001	0.0807	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.6607
10	.	0.0093	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3864	0.0696	0.0001
11	0.0093	.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0833	0.4045	0.0001
12	0.0001	0.0001	.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0374
13	0.0001	0.0001	0.0001	.	0.6515	0.0241	0.0001	0.0001	0.0001
14	0.0001	0.0001	0.0001	0.6515	.	0.0583	0.0001	0.0001	0.0001
15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0241	0.0583	.	0.0001	0.0001	0.0001
16	0.3864	0.0833	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.	0.3519	0.0001
17	0.0696	0.4045	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3519	.	0.0001
18	0.0001	0.0001	0.0374	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.

## ANEXO 3

Análise estatística para o ensaio de resistência à tração de sistemas adesivos aplicados em diferentes sítios de adesão dentinária sob o efeito da pressão pulpar simulada e avaliados após diferentes períodos de armazenamento.

## MÉDIAS TRANSFORMADAS.

General Linear Models Procedure  
Class Level Information- The SAS system, 1994.

Class	Levels	Values
ADESIVO	3	MB NT PB
SUBS	2	DC DP
TEMPO	3	A B C

Number of observations in data set = 407

Dependent Variable: RES

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	17	483.39949579	28.43526446	241.40	0.0001
Error	389	45.82220028	0.11779486		
Corrected Total	406	529.22169607			

R-Square	C.V.	Root MSE	RES Mean
0.913416	6.646177	0.3432126	5.1640599

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
ADESIVO	2	187.48447974	93.74223987	795.81	0.0001
SUBS	1	20.27918258	20.27918258	172.16	0.0001
ADESIVO*SUBS	2	13.74160159	6.87080079	58.33	0.0001
TEMPO	2	143.94933494	71.97466747	611.02	0.0001
ADESIVO*TEMPO	4	105.91827314	26.47956829	224.79	0.0001
SUBS*TEMPO	2	1.18537667	0.59268833	5.03	0.0070
ADESIVO*SUBS*TEMPO	4	2.74517387	0.68629347	5.83	0.0001

ADESIVO	SUBS	TEMPO	RES LSMEAN	Number
MB	DC	A	5.85380309	1
MB	DC	B	3.20790575	2
MB	DC	C	2.84723871	3
MB	DP	A	5.77384307	4
MB	DP	B	2.68120221	5
MB	DP	C	2.72212636	6
NT	DC	A	5.67307697	7
NT	DC	B	5.53048335	8
NT	DC	C	4.58671648	9
NT	DP	A	5.55859293	10
NT	DP	B	5.28160042	11
NT	DP	C	4.35746423	12
PB	DC	A	6.22935402	13
PB	DC	B	6.18994807	14
PB	DC	C	6.05867406	15
PB	DP	A	5.47241827	16
PB	DP	B	5.38012909	17
PB	DP	C	4.64772880	18

Pr > |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	.	0.0001	0.0001	0.5238	0.0001	0.0001	0.0655	0.0009	0.0001
2	0.0001	.	0.0015	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
3	0.0001	0.0015	.	0.0001	0.1791	0.3664	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.5238	0.0001	0.0001	.	0.0001	0.0001	0.3863	0.0347	0.0001
5	0.0001	0.0001	0.1791	0.0001	.	0.7704	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0001	0.0002	0.3664	0.0001	0.7704	.	0.0001	0.0001	0.0001
7	0.0655	0.0001	0.0001	0.3863	0.0001	0.0001	.	0.0902	0.0001
8	0.0009	0.0001	0.0001	0.0347	0.0001	0.0001	0.0902	.	0.0001
9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.
10	0.0068	0.0001	0.0001	0.0867	0.0001	0.0001	0.2426	0.7703	0.0001
11	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0090	0.0001
12	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0495
13	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
14	0.0004	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
15	0.0393	0.0001	0.0001	0.0156	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
16	0.0005	0.0001	0.0001	0.0166	0.0001	0.0001	0.0409	0.5465	0.0001
17	0.0001	0.0001	0.0001	0.0015	0.0001	0.0001	0.0022	0.1082	0.0001
18	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.5613

Least Squares Means for effect ADESIVO\*SUBS\*TEMPO

Pr > |T| H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)

Dependent Variable: RES

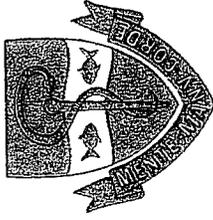
i/j	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.0068	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0393	0.0005	0.0001	0.0001
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0867	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0156	0.0166	0.0015	0.0001
5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
6	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
7	0.2426	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0409	0.0022	0.0001
8	0.7703	0.0090	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.5465	0.1082	0.0001
9	0.0001	0.0001	0.0495	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.5613
10	.	0.0102	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.4277	0.0932	0.0001
11	0.0102	.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0759	0.3473	0.0001
12	0.0001	0.0001	.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0157
13	0.0001	0.0001	0.0001	.	0.6201	0.0463	0.0001	0.0001	0.0001
14	0.0001	0.0001	0.0001	0.6201	.	0.1141	0.0001	0.0001	0.0001
15	0.0001	0.0001	0.0001	0.0463	0.1141	.	0.0001	0.0001	0.0001
16	0.4277	0.0759	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.	0.3847	0.0001
17	0.0932	0.3473	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.3847	.	0.0001
18	0.0001	0.0001	0.0157	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.



UNICAMP

# COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



## CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado "Influência da degradação hidrolítica na resistência à tração de sistemas adesivos em relação à profundidade dentinária e ao tempo de armazenamento", sob o protocolo nº 021/2001, da Pesquisadora **Gisele Damiana da Silveira Pereira**, sob a responsabilidade dos Profs. Drs. **Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo** e **Marcelo Giannini**, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – FOP.

Piracicaba, 22 de fevereiro de 2001

We certify that the research project with title "Hydrolytical degradation influences' on adhesive system's microtensile bond strength in function of dentin depth and storage time", protocol nº 021/2001, by Researcher **Gisele Damiana da Silveira Pereira**, responsibility by Prof. Dr. **Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo** and **Marcelo Giannini**, is in agreement with the Resolution 196/96 from National Committee of Health/Health Department (BR) and was approved by the Ethical Committee in Resarch at the Piracicaba Dentistry School/UNICAMP (State University of Campinas).

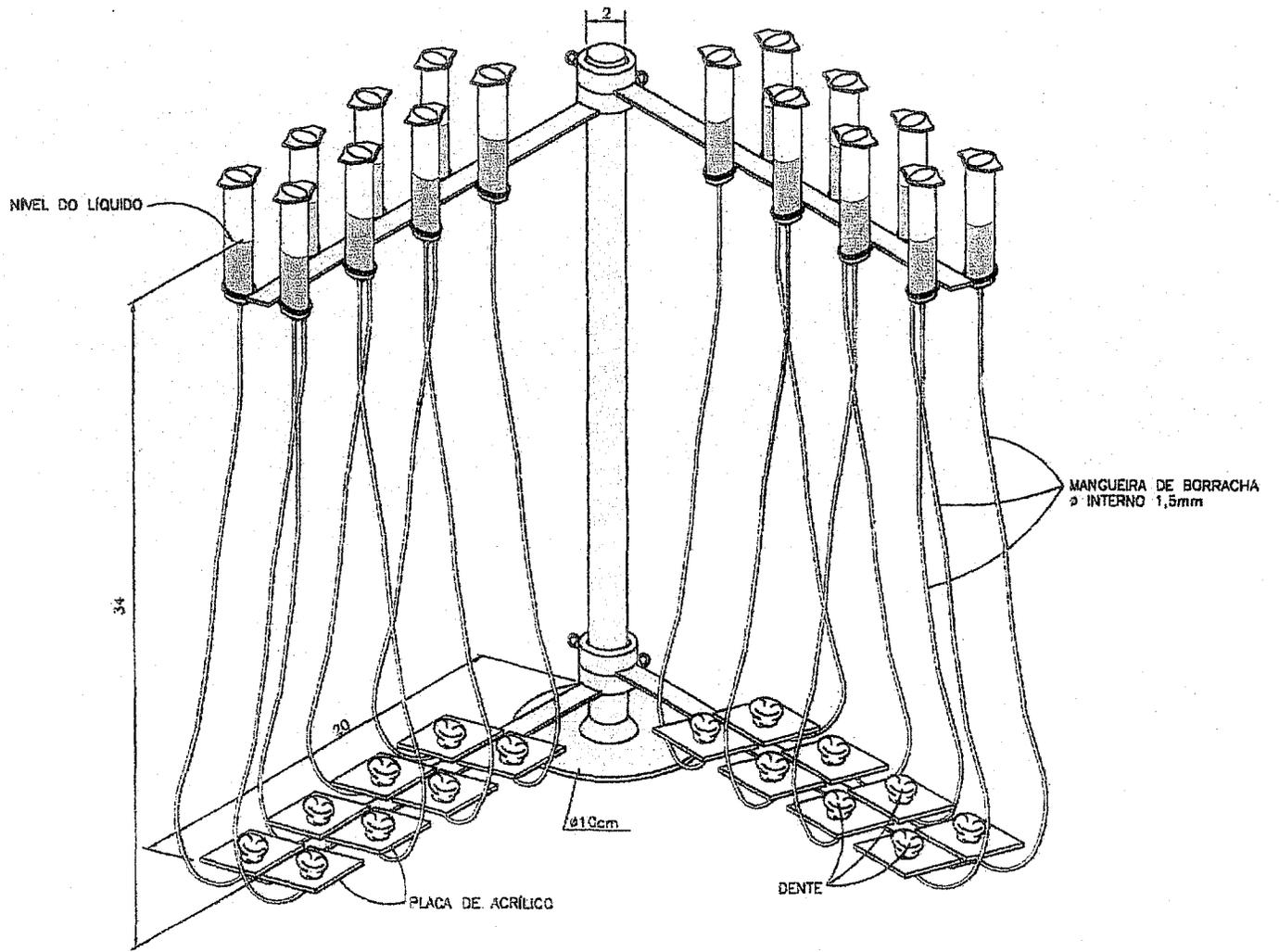
**Prof. Dr. Pedro Luiz Rosalen**

Secretário  
CEP/FOP/UNICAMP

Piracicaba, SP, Brazil, February 22 2001

**Prof. Dr. Antonio Bento Alves de Moraes**

Coordenador  
CEP/FOP/UNICAMP



Obs: Dimensões em cm