

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE  
PIRACICABA**

**GISELE DAMIANA DA SILVEIRA PEREIRA  
CIRURGIÁ-DENTISTA**

**INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE SECAGEM  
DA DENTINA NA RESISTÊNCIA AO  
CISALHAMENTO DE SISTEMAS ADESIVOS**

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

**PIRACICABA  
1999**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

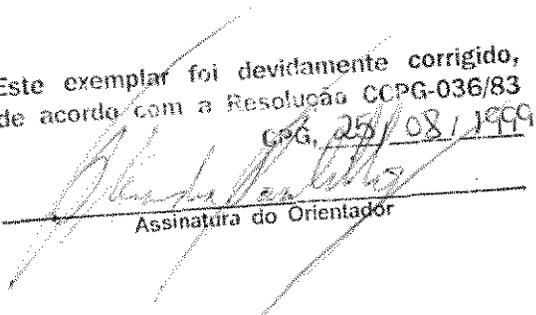
**GISELE DAMIANA DA SILVEIRA PEREIRA**  
**CIRURGIÁ-DENTISTA**

**INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE SECAGEM**  
**DA DENTINA NA RESISTÊNCIA AO**  
**CISALHAMENTO DE SISTEMAS ADESIVOS**

**ORIENTADOR**  
**PROF. DR. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO**

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

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/83  
CPG, 25/08/1999

  
Assinatura do Orientador

**PIRACICABA**  
**1999**

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	
V.	Ex
TOMBO BC/	38924
PROC	229/99
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	03/10/99
N.º CPD	

CM-00126401-B

### Ficha Catalográfica

P414i Pereira, Gisele Damiana da Silveira.  
 Influência dos métodos de secagem da dentina na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos. / Gisele Damiana da Silveira Pereira. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 1999.  
 189p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo.  
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Adesivos dentários. 2. Cisalhamento. 3. Dentina. 4. Umidade.  
 I. Paulillo, Luis Alexandre Maffei Sartini. 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.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 24 de Junho de 1999, 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. LUIS ROBERTO MARCONDES MARTINS

*Dedicatória*

A **DEUS**, por tudo:

À minha avó, *Dulcelina*, por não ter medido esforços para me fazer feliz, estando ao meu lado em todos os momentos da minha vida, dando-me força, carinho, amizade e um amor infinito que nos uniu como mãe e filha;

Ao meu avô, *Gelson* (*in memoriam*), pela ilimitada dedicação e amor tão marcante que fizeram com que continuasse presente, mesmo quando a saudade teimava em aparecer;

Ao meu pai, *Dailson*, pela devoção empenhada na criação dos seus filhos,  
enfrentando momentos difíceis sozinho, sem nunca ter dito "não" a um pedido, só para  
ver a alegria estampada em nossos sorrisos;

À minha mãe, *Regina*, por ser um exemplo de beleza, determinação e  
inteligência, qualidades nas quais o meu futuro foi espelhado;

Ao meu padrinho, *Dilson*, por ter me adotado de coração como filha, estando  
sempre presente, não deixando nunca me faltar nada;

Ao meu marido, *Luis Alexandre*, por toda dedicação, amor e carinho que  
fazem com que eu deseje, cada dia mais, estar sempre ao seu lado (bem juntinho),  
amando-o, adorando-o e fazendo-o muito feliz.

Aos meus irmãos, *Dailson, Débora, Carine, Diego e Juliana*, pelo grande amor que nos manteve unidos em todos os momentos, mesmo quando a separação foi inevitável;

À minha avó *Taida*, que em vários momentos foi o braço forte que me incentivou a seguir em frente com segurança e perseverança;

Aos meus primos *Libia, Normande e Marcelinho*, minha segunda família, por tudo que já fizeram por mim e pelos meus irmãos;

À *Magaly*, que, com muito carinho, dedicou parte de sua vida para cuidar dos seus filhos "postigos";

A todos os meus *Amigos e Familiares* que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho,

dedico esta tese.

*Agradecimientos*

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Luis Alexandre*, meu reconhecimento e gratidão pelo apoio, orientação e incentivo que foram fundamentais para a realização deste trabalho:

Para conquistar um grande ideal é fundamental que tenhamos pessoas amigas ao nosso lado para nos ajudar a superar as dificuldades e nos incentivar a seguir em frente. Agora, que este ideal se concretizou, gostaria de explicitar meus sinceros agradecimentos a todos com quem pude sempre contar.

Ao Prof. Dr. Ricardo Carvalhaes Fraga, pelo exemplo de sabedoria e dedicação à profissão que me marcaram e me incentivaram a seguir na carreira docente. E ainda, pela presença constante em minha vida, dando-me força, apoio e oportunidades que resultaram no enriquecimento da minha profissão;

À Universidade Gama Filho, principalmente ao Prof. Dr. Mário João, Diretor do Instituto de Odontologia, pelo apoio e incentivo à minha carreira docente;

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP - principalmente ao Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum (Diretor) e ao Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo (Diretor Associado) pela oportunidade de trabalhar nesta honrosa instituição;

À Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury, Coordenadora geral do curso de pós-graduação e à Profa. Dra. Mônica Campos Serra, Coordenadora do curso de pós-graduação em Clínica Odontológica, pelo esforço desempenhado para a boa conceituação deste curso;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa auxílio;

Aos professores da Área de Dentística, Dr. Marcelo Gianinni, Dr. Luiz Roberto M. Martins, Dr. José Roberto Lovadino, Dra. Mônica Campos Serra, Dr. Luiz André F. Pimenta e Dra. Gisele Maria Marchi pelos ensinamentos que aprimoraram minha vida profissional e acadêmica;

Aos amigos Lova, Beto e Marcelo, que me mostraram que a amizade é o melhor ensinamento que alguém pode receber;

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 Prof. Dr. Lúcio Kroll, do Instituto básico da Universidade Estadual de São Paulo, pela inestimável contribuição na Análise Estatística.

Aos funcionários da Área de Dentística, Ana Carolina e Reinaldo, por estarem sempre prontos a me ajudar;

Aos professores e amigos da Área de Cirurgia Bucal, pelos dentes cedidos para a realização deste trabalho;

Aos professores e amigos da área de Prótese Dental, pelo auxílio no desgaste dos blocos de resina;

Aos professores Regina Maria Puppim Rontani, Mário Alexandre Coelho Sinhoreti e Mário Fernando De Góes, pela presteza e valorosa contribuição com este trabalho no exame de qualificação.

Ao companheirismo de todos os amigos da área de Dentística, em especial à Paulinha, Lucíola, Priscila, Rodrigo, Claudinha, Ana, Fernanda, Anderson, Fernão, Carlos, Flávio e Alex;

À Grace Maria pela amizade e fidelidade, que contribuíram na realização de vários trabalhos científicos.

Por todos os momentos felizes e agradáveis proporcionados pelos amigos da turma de pós-graduação em Clínica Odontológica: Alessandro, Getúlio, Lúcio, Cris, Patrícia, Dani, Joly, Márcio, Mello, Cícero, Fred, Rodrigo, Vera, Paulo, Glauco, Eduardo, Eduardo R., Ricardo, Rose, Eudes, Fabrício, João, Laureano, Róbison, Roger, Luiz, Eider, que ficarão sempre marcados em minha vida;

Um agradecimento muito especial aos amigos André Dorini, Briso, Bruno, Camila, Carlota, Jorge, Hélio, Nara, Solange, Roberta e Vicente, por toda a força, carinho e amizade que me proporcionaram. Todos os momentos, bons ou ruins, que passamos juntos estarão marcados para sempre, e mesmo que a distância um dia nos separe, saibam que estarei de longe pensando em vocês, torcendo para que tudo dê certo, e que o nosso reencontro seja o mais breve possível.

*“Sonho que se sonha só é só um sonho que se sonha só. Sonho que se sonha junto é realidade.”*

Raul Seixas

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULOS</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>LISTAS</b> .....	01
<b>I- Tabelas</b> .....	03
<b>II- Quadros</b> .....	04
<b>III- Figuras</b> .....	05
<b>IV- Abreviaturas e Siglas</b> .....	07
<b>RESUMO</b> .....	09
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	25
<b>2.1- Metodologia</b> .....	27
<b>2.2- Sistemas Adesivos</b> .....	39
<b>3- MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	109
<b>3.1- Materiais</b> .....	111
<b>3.2- Métodos</b> .....	112
3.2.1- Delineamento Experimental.....	112
3.2.2- Seleção, limpeza e armazenamento.....	112
3.2.3- Obtenção e embutimento dos fragmentos dentais.....	113
3.2.4- Obtenção das superfícies em dentina.....	114
3.2.5- Confeccção dos corpos-de-prova.....	115
3.2.6- Grupos Experimentais.....	117
3.2.7- Prime & Bond 2.1.....	121
3.2.8- Scotchbond Multi Uso.....	122
3.2.9- Compósito.....	123
3.2.10- Teste de resistência ao cisalhamento.....	125

---

3.3- Delineamento Estatístico.....	126
4- RESULTADOS.....	127
5- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	135
6- CONCLUSÕES.....	149
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
ANEXOS.....	171

*Listas*

## I- TABELAS

**TABELA 3.1-** Delineamento estatístico para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade. Página-126

**TABELA 4.1-** Análise da Variância para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade. Página-129

**TABELA 4.2-** Decomposição da Análise da Variância para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade. Página-130

**TABELA 4.3-** Resultado do teste t-Student em MPa, para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade. Página-131

**TABELA 4.4-** Análise por contraste entre os dois sistemas adesivos. Página-133

## II- QUADRO

**QUADRO 3.1-** Marca comercial, composição química básica, fabricante e sigla dos materiais utilizados no trabalho.

Página-111

### III- FIGURAS

**FIGURA 3.1-** Materiais utilizados no teste de resistência ao cisalhamento. a) Sistema Adesivo Scotchbond Multi Uso; b) Sistema Adesivo Prime & Bond 2.1; c) Resina Composta Z-100 e d) Ácido fosfórico a 35%.

Página-112

**FIGURA 3.2-** Coroas dentais divididas no sentido méso-distal.

Página-114

**FIGURA 3.3-** a) Fragmentos dentais embutidos em resina de poliestireno;  
b) Obtenção das superfícies em dentina após o desgaste com lixas.

Página-115

**FIGURA 3.4-** a) Delimitação da área adesiva; b) Condicionamento ácido da dentina.

Página-116

**FIGURA 3.5-** Métodos de secagem. 4.5.1- a) Jatos de ar por 30 segundos; b) Jatos de ar por 5 segundos; c) Sobremolhado; d) Algodão seco.

Página-119

4.5.2- e) Algodão úmido; f) Esponja; g) Papel absorvente.

Página-120

**FIGURA 3.6-** Aplicação do Sistema Prime & Bond 2.1.

Página-121

**FIGURA 3.7-** Aplicação do Sistema Scotchbond Multi Uso. a) "Primer"; b) Resina fluida. Página-122

**FIGURA 3.8-** a) Fotopolimerização do compósito Z-100 inserido através de um posicionador; b) Separação da matriz de teflon com uma lâmina de bisturi; c) Cilindro de resina, após a remoção da fita adesiva. Página-124

**FIGURA 3.9-** Teste de resistência ao cisalhamento. A) Vista lateral; b) Vista frontal. Página-125

**FIGURA 4.1-** Gráfico de Blox-Plot, apresentando média(+), mediana(-), e amplitude interquartílica para os tratamentos utilizados no ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade. Página-132

## IV- ABREVIATURAS E SIGLAS

et al.-	E outros (abreviatura de et alli)
Apud-	Em
mm-	milímetro - unidade de comprimento
cm-	centímetro- unidade de comprimento
µm-	micrometro- unidade de comprimento (000,1 mm)
mm/Hg-	milímetros de mercúrio- unidade de pressão
mw/cm <sup>2</sup> -	miliwatts por centímetro quadrado- unidade de intensidade de luz
MPa-	Mega Pascal - unidade de força
µL-	microlitro- unidade de volume
mL-	mililitro- unidade de volume
kg-	quilograma- unidade de massa
mm <sup>2</sup> -	milímetro quadrado- unidade de área
cm <sup>2</sup> -	centímetro quadrado- unidade de área
mm/min-	milímetro por minuto- unidade de velocidade
M-	Molar- unidade de concentração
°C-	Grau Celsius- unidade de temperatura
δ-	Solubilidade
pH-	Potencial de Hidrogênio

<b>h-</b>	hora- unidade de tempo
<b>MEV-</b>	Microscópio Eletrônico de Varredura
<b>MET-</b>	Microscópio Eletrônico de Transmissão
<b>P&amp;B 2.1-</b>	Prime & Bond 2.1
<b>SBMU-</b>	Scotchbond Multi Uso
<b>Solução 10/3-</b>	Ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%
<b>HEMA-</b>	2-hidroxietil metacrilato
<b>4-META MMM/TBB-</b>	4 metacriloxietil trimelitato anidrido metil metacrilato tri-n- butil borano
<b>Bis-GMA-</b>	Bisfenol-A glicildimetacrilato
<b>PENTA-</b>	Monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato
<b>TEG-DMA-</b>	Trietileno glicol dimetacrilato
<b>UR-</b>	Umidade Relativa
<b>G-</b>	Grupo
<b>n<sup>o</sup>-</b>	Número
<b>%-</b>	Por cento

*Resumo*

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos métodos de secagem da dentina na resistência às forças de cisalhamento de dois sistemas adesivos dentinários. Foram utilizadas as superfícies vestibular, lingual ou palatina em dentina de 105 terceiros molares íntegros 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 sete 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 3mm de diâmetro e 5 mm de altura foram confeccionados com a resina composta Z-100 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: Grupo 9= 23,2 MPa (a), Grupo 3= 21,3 MPa (ab), Grupo 2= 19,5 MPa (bc), Grupo 10= 18,6 MPa (bc), Grupo 14= 16,3 MPa (cd), Grupo 8= 16,1 MPa (cd), Grupo 4= 14,6 MPa (de), Grupo 13= 14,0 MPa (de), Grupo

## Resumo

---

11= 13,9 MPa (de), Grupo 7= 13,5 MPa (de), Grupo 12= 12,1 MPa (e), Grupo 1= 8,2 MPa (f), Grupo 5= 2,7 MPa (g), Grupo 6= 2,4 MPa (g). Através da análise estatística concluiu-se que os valores de adesão para o sistema Prime & Bond 2.1 foram estatisticamente maiores quando esse adesivo foi aplicado nas superfícies dentinárias deixadas úmidas pelo método de secagem. Por outro lado, médias satisfatórias de resistência ao cisalhamento para o sistema Scotchbond Multi Uso foram obtidas quando este foi aplicado ao substrato seco, contudo, esses valores não apresentaram diferença estatística significativa para os resultados dos grupos onde a dentina permaneceu mais úmida após sua secagem. Ambos os adesivos apresentaram uma menor resistência adesiva quando aplicados ao substrato sobremolhado, onde nenhum método de secagem foi empregado.

**Palavras-Chave:** Adesivos dentinários; Resistência ao cisalhamento; Umidade dentinária.

*Abstract*

**ABSTRACT**

The aim of the present study was to evaluate the shear bond strength of two adhesive systems when applied to dentin with different degrees of wetness. Buccal, lingual and palatine surfaces of 105 intact third molars recently extracted and stored in 10% formaline were utilized. After conditioning with 35% acid phosphoric for 15 seconds, seven methods of drying dentine substrate were used: Air spray for 30 seconds (Groups 1 and 2); air spray for 5 seconds (Groups 3 and 4); dry cotton pellets (Groups 7 and 8); wet cotton pellets (Groups 9 and 10); sponge (microbrush) (Groups 11 and 12); facial tissue (Groups 13 and 14); and the last group was not dried and the surfaces were left overwet (Groups 5 and 6). Thereafter, the Prime & Bond 2.1 System was applied in odd groups and the Scotchbond Multi Purpose was used in pair groups. Z-100 composite cylinders with 3 mm diameter and 5mm height were built in the adhesive area (n=210). After seven days stored in a stove with 37°C and 35% relative humidity, the specimens were submitted to the shear bond test in a 0,5 mm/min speed. The t-Student test presented the following results: Group 9=23.2 MPa (a); Group 3=21.3 MPa (ab); Group 2=19.5 MPa (bc); Group 10=18.6 MPa (bc); Group 14=16.3 MPa (cd); Group 8=16.1 MPa (cd); Group 4=14.6 MPa (de); Group 13=14.0 MPa (de); Group 11=13.9 MPa (de); Group 7=13.5 MPa (de); Group 12=12.1 MPa (e); Group 1=8.2 MPa (f); Group 5=2.7 MPa (g); Group 6=2.4 MPa (g). Through the statistical analysis it was concluded that the adhesion values to Prime & Bond 2.1

## *Abstract*

---

were greater when this system was applied in a moister surface. On the other hand, the Scotchbond Multi Purpose showed good results to both wet and dry surfaces. The lower shear bond strength values were obtained when both adhesives were applied in a overwet surface, where the water excess was not removed.

**Key-Words:** Adhesive Systems; Shear Bond Strength; Dentine Wetness.

# 1 - Introdução

## 1- INTRODUÇÃO

O principal objetivo da Odontologia Restauradora é a máxima conservação dos tecidos dentais saudáveis.<sup>7,53,71</sup> Devido a isso, tem-se almejado a obtenção de materiais dentários com capacidade de unir-se ao dente, reduzindo assim desgastes excessivos para a confecção de retenções mecânicas adicionais e minimizando a microinfiltração marginal e subsequente cárie secundária.<sup>7,18,40,53</sup>

BUONOCORE,<sup>4</sup> em 1955, observou que condicionadores ácidos poderiam ser utilizados no esmalte para promover uma desmineralização seletiva dos prismas, originando microporosidades que tornavam a superfície mais receptiva à união com as resinas acrílicas. Posteriormente, com o desenvolvimento dos sistemas adesivos, foi observado que a penetração e polimerização dos monômeros resinosos nessas porosidades do esmalte resultariam na retenção das resinas compostas através da formação de interdigitações ou "tags" resinosos.<sup>7,53,71</sup>

A técnica do condicionamento ácido do esmalte apresentou poucas modificações desde a sua introdução e estas se basearam principalmente na alteração da concentração, tipo de ácido utilizado e tempo de condicionamento.<sup>7,69</sup> A união ao esmalte revela grande uniformidade de resultados uma vez que esse tecido possui uma estrutura homogênea composta por 95% de minerais, 4% de água e 1% matéria orgânica.<sup>7,53,71</sup> A confiabilidade dessa adesão pode ser verificada na ausência de

## Introdução

infiltração nas margens<sup>25,64</sup> e na resistência adesiva que proporciona a realização de vários procedimentos restauradores conservativos e estéticos.<sup>7,53,71</sup>

Por outro lado, a união à dentina é mais complexa e difícil<sup>7,51,71</sup> pois esta possui uma estrutura morfológicamente heterogênea e fisiologicamente dinâmica,<sup>41,51</sup> composta em peso por 20% de água, 30% de matéria orgânica e 50% de minerais<sup>41,53</sup> distribuídos pela matriz intertubular e peritubular que constitui as paredes dos túbulos por onde aflora o fluido pulpar.<sup>41,71</sup> A adesão dentinária ainda é prejudicada pela presença da "smear layer" ou lama dentinária que se forma na sua superfície quando esta é cortada.<sup>8,11,22,41</sup>

Foram lançadas no mercado várias gerações de adesivos dentinários,<sup>5,7,40</sup> cujos mecanismos de ação se baseavam principalmente na aplicação de monômeros hidrófobos em um substrato vital naturalmente úmido coberto por uma camada de "smear layer" que inviabilizava a penetração desse adesivo,<sup>22,36,44,45,50,51,73</sup> resultando em baixos valores de adesão e subsequente microinfiltração.<sup>21,40,44,73</sup>

A umidade do aderente influenciou diretamente na evolução dos sistemas de adesão,<sup>5,41,44</sup> e um grande avanço nesta área só foi conseguido quando monômeros hidrófilos e solventes orgânicos foram acrescentados aos "primers", possibilitando a sua utilização em um substrato úmido<sup>5,12,21,29,36,73</sup> quando associado à técnica do condicionamento ácido total.<sup>7,8,18,27,29,36,51,53,59,75</sup> Com isso, a "smear layer" é removida,<sup>51,90</sup> e a dentina peri e intertubular descalcificada, levando a um aumento da

permeabilidade dentinária<sup>8,19,29,33,36,50,51,73,90</sup> pela abertura, alargamento dos túbulos, exposição das porosidades interfibrilares da rede de colágeno<sup>27,38,48,51,54</sup> e da hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada,<sup>38,48</sup> por onde esses agentes resinosos hidrófilos se infiltram<sup>22,29,51,90</sup> para a formação de uma zona, a nível molecular, de dentina desmineralizada reforçada por resina<sup>47</sup> chamada camada híbrida,<sup>29,51,53,90,95</sup> que recupera a resistência e rigidez do substrato condicionado,<sup>65</sup> e é composta principalmente por colágeno e hidroxiapatita encapsulados por monômeros resinosos.<sup>47,53</sup>

A adesão à dentina tem sido explicada por diferentes mecanismos<sup>3,41</sup> tais como, a formação da camada híbrida,<sup>3,41,47</sup> prolongamentos resinosos dentro dos túbulos que se apresentam hibridizados com o colágeno de suas paredes,<sup>41,48,52,75,95</sup> prolongamentos resinosos nos canais laterais interconectando os túbulos<sup>15,98</sup> e ainda, nos primeiros sistemas adesivos, pelas ligações químicas dos grupos reativos dos adesivos aos íons cálcio da dentina através de ligações iônicas<sup>3,41</sup> ou às fibras colágenas da sua porção orgânica, através de ligações covalentes.<sup>3,41,97</sup> Contudo, as ligações químicas, quando presentes, contribuem pouco para a adesão. A retenção mecânica dos adesivos nas irregularidades presentes na dentina intertubular após o condicionamento ácido constitui o principal mecanismo de união.<sup>2,22,51,53,54,57,86,90</sup>

Para a obtenção de uma adesão adequada, é de fundamental importância que o "primer" penetre completamente em toda a extensão da dentina

## Introdução

---

descalcificada.<sup>3,28,52,53,90.</sup> Quando isso não ocorre, há a formação de uma zona de colágeno exposto não encapsulado por resina,<sup>7,31,46,52,66,71.</sup> e de porosidades nanométricas<sup>63,64,66.</sup> dentro da camada híbrida, constituindo defeitos que promovem a propagação de fraturas e causam um decréscimo na resistência e durabilidade da união.<sup>31,46,52,65,66,71,85,94.</sup>

A incompleta penetração dos monômeros resinosos pode ser ocasionada por fatores inerentes ao substrato, ou seja, grau de umidade, permeabilidade, profundidade de desgaste e de descalcificação,<sup>31,46,85,90,94.</sup> presença ou não da "smear layer" e também por fatores inerentes aos adesivos, tais como: capacidade de umedecimento, fluidez, viscosidade e hidrofília.<sup>7,16,22,28,52,71,87,94.</sup> A manutenção do substrato dentinário úmido após o seu condicionamento ácido é de suma importância para que a camada híbrida formada seja uniforme,<sup>19,21,33,34,36,52,56,78,81,94.</sup> pois os solventes orgânicos contidos nos "primers" interagem com a água presente no substrato, reduzindo sua tensão superficial e aumentando sua pressão de vapor,<sup>7,33,53.</sup> fazendo com que a mesma volatilize, aumentando a penetração dos monômeros nos espaços por ela deixados, favorecendo a hibridização.<sup>21.</sup> Por outro lado, quando a superfície dentinária se encontra desidratada, não ocorre a interação desses elementos.<sup>33.</sup> Com isso, o "primer" é depositado na superfície de dentina sem a mesma intensidade de difusão.<sup>94.</sup>

Além disso, a remoção dos cristais de hidroxiapatita pelo condicionamento dentinário promove a exposição de uma rede de fibras colágenas sem suporte mineral,<sup>38</sup> cujo arcabouço original só é mantido quando a água está presente na sua intimidade.<sup>38,52,54,79,80,81</sup> A desidratação dessa superfície, através da aplicação de jatos de ar, promove o colapso das fibras colágenas devido à tensão superficial que incide sobre ela, enriquecendo a superfície com matéria orgânica, obliterando os espaços interfibrilares, tornando-se uma barreira à penetração do adesivo, diminuindo o entrelaçamento mecânico.<sup>23,39,52,54,79,80,81</sup> Contudo, a integridade dessas fibras é parcialmente recuperada pelo reumedecimento do substrato.<sup>23,39,52,78</sup>

De maneira contrária, a superfície dentinária não deve ser mantida sobremolhada, pois incapacita o solvente do "primer" de volatilizar toda a água presente e, com isso, o excesso da mesma poderá causar a separação das moléculas resinosas e a formação de glóbulos de resina e bolhas de ar que impedem a adequada infiltração e polimerização do adesivo,<sup>52,76,77,79,94</sup> reduzindo a resistência da interface adesiva.<sup>52,76,77,94</sup>

O decréscimo da adesão, ocasionado pelos problemas que dificultam a hibridização da dentina,<sup>23,31,46,52,62</sup> resultou no estudo da remoção do colágeno,<sup>23,24,26,62,83,93</sup> na tentativa de facilitar o embricamento mecânico entre o adesivo e a hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada.<sup>23,24,26,83,93</sup> Contudo, verificou-se a importância da camada híbrida, que mesmo não contribuindo quantitativamente na adesão,<sup>52</sup> desempenha papel fundamental na sua durabilidade,

## Introdução

---

pois funciona como uma zona absorvedora do estresse gerado pela contração de polimerização do compósito, e por isso, deve ser mantida para garantir a qualidade e durabilidade da adesão, evitando a formação de fendas nas margens.<sup>24,83.</sup>

Dessa maneira, fica evidente a importância da composição do sistema adesivo e do método de secagem empregado no substrato dentinário após o condicionamento ácido, para a formação de uma camada híbrida homogênea e uniforme, favorecendo o estabelecimento da união na interface dentina/material restaurador.

Devido a isso, o propósito deste estudo foi avaliar a influência de sete métodos de secagem da dentina na resistência às forças de cisalhamento de dois sistemas adesivos dentinários, após o condicionamento ácido.

## *2 - Revisão de Literatura*

## 2- REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1- METODOLOGIA

RETIEF et al.,<sup>61</sup> em 1989, realizaram um estudo para avaliar o efeito do meio e do tempo de armazenamento de dentes humanos extraídos na resistência ao cisalhamento do sistema Scotchbond 2/Silux à dentina. Os dentes foram imersos em solução de formalina tamponada, etanol a 70%, cloramina a 1%, soro fisiológico ou timol a 0,05% por dois dias ou seis meses após a extração. Passados esses períodos, os dentes foram preparados para o teste de resistência ao cisalhamento, sendo que a superfície utilizada para a adesão foi a oclusal. Os resultados demonstraram que houve uma tendência dos valores de resistência a aumentarem com o aumento do tempo de estocagem de dois dias para seis meses, porém essa diferença não foi estatisticamente significativa. Os menores valores de adesão foram para os dentes estocados em timol a 0,05% e etanol a 70% nos dois intervalos de tempo de armazenamento. Esses valores não diferiram entre si, mas foram significativamente mais baixos que os valores obtidos para os dentes estocados em formalina tamponada, cloramina a 1% e soro fisiológico.

VAN NOORT et al.,<sup>92</sup> em 1991, investigaram os efeitos da geometria interfacial local na medida da resistência à tração. Foi utilizado o sistema Scotchbond 2 aplicado de forma uniforme em toda superfície dentinária no grupo A e em apenas uma área

restrita para a adesão de 4 mm de diâmetro no grupo B para a posterior confecção de cilindros com o compósito P-50. Através da análise de elemento finito foi observada a distribuição de forças que ocorreram na interface adesiva durante a aplicação da carga, e estas foram comparadas com os valores obtidos no teste de tração. Os resultados mostraram que a resistência à tração do grupo A (6.90 MPa) foi significativamente maior do que a do grupo B (3.10 MPa). Os autores concluíram que, para uma medida real da resistência adesiva, o agente resinoso deve ser empregado restritamente na área delimitada para adesão, pois o contrário pode resultar em valores artificialmente maiores.

A adesão é influenciada pela umidade dentinária que depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Devido a isso, PLASMANS et al.,<sup>58</sup> em 1993, avaliaram a influência de um fator extrínseco, a umidade do ar, na resistência ao cisalhamento. Os sistemas Syntac, Denthesive, Gluma 2000 e Scotchbond Multi Uso foram aplicados na superfície dentinária de molares hígidos sob duas condições de umidade: baixa\_ temperatura de 25°C e umidade relativa de 40% e alta\_ temperatura de 35°C e umidade relativa de 95%. Após esses procedimentos, cilindros de resina composta foram confeccionados e os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados obtidos revelaram que os valores de adesão foram significativamente mais baixos para os sistemas Gluma 2000, Denthesive e Syntac em

uma situação de alta umidade. Os valores de adesão para o Scotchbond Multi Uso também decresceram com o aumento da umidade do ar, mas esse decréscimo não foi significativo, apresentando resultados promissores para ambas as condições testadas.

TYAS,<sup>82</sup> em 1993, através de uma revisão de literatura, observou que os resultados obtidos nos testes laboratoriais de adesão variam muito e que as possíveis causas dessas variações são os diferentes tipos de aderentes empregados que dependem da localização, profundidade e permeabilidade da dentina e também das características dos adesivos utilizados como resistência coesiva de suas moléculas, fluidez, molhabilidade e hidrofília. O autor concluiu que, apesar destas variáveis e da necessidade de padronização das mesmas, os testes laboratoriais são de extremo valor na avaliação da adesão, pois são simples, de fácil elaboração e baixo custo.

ØILO,<sup>49</sup> em 1993, discutiu, em uma revisão de literatura, a adesão e os fatores que influenciam os testes mecânicos de adesão. Foi observado que há uma grande variação dos testes realizados *in vitro*, e três fatores principais têm grande influência nos resultados: o método do teste utilizado e o tipo de aplicação da força, sendo que o mais comum é o teste de resistência ao cisalhamento; a qualidade do substrato, em que se deve dar preferência a dentes humanos armazenados no máximo até seis meses e ao emprego da dentina vestibular, lingual e palatina porque essas superfícies possuem menor variação no direcionamento e na área ocupada pelos túbulos; e as

condições de armazenamento dos corpos-de-prova, que pode ser a curto prazo, em água a 37°C por 24h ou a longo prazo, em água a 37°C por 6 meses. O autor concluiu que há a necessidade de uma maior padronização dos testes e sugeriu as normas da "International Organisation for Standardisation" (ISO 11405) para isto.

Através de uma revisão da literatura, WATANABE & NAKABAYASHI,<sup>96</sup> 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 desses testes é necessária a confecção de um aparato especial e nem sempre é possível produzir forças de tração perpendiculares à superfície de dentina. O teste de resistência ao cisalhamento tem sido utilizado por muito tempo na Odontologia, por isso é mais difundido e aceito pelos pesquisadores do que o teste de tração. Ele apresenta várias vantagens como menor influência na variação da direção da força e o equipamento é de fácil construção, porém a fratura nem sempre ocorre no ponto mais frágil do espécime, o que pode mascarar a verdadeira resistência da interface adesiva. Os autores observaram ainda que os fatores que influenciam na adesão como o substrato dentinário, condições de armazenamento e o teste de resistência utilizado devem ser

padronizados, para a melhor comparação entre os resultados obtidos em diferentes estudos laboratoriais.

VAN NOORT,<sup>91</sup> em uma revisão de literatura sobre a relevância clínica dos estudos laboratoriais, realizada em 1994, observou que a comparação dos resultados de resistência ao cisalhamento obtidos em diferentes estudos laboratoriais é extensivamente usada como meio de acessar os méritos clínicos dos sistemas adesivos. Contudo, a distribuição do estresse na interface entre o adesivo e a dentina não é uniforme e altamente dependente da geometria do teste e da configuração da carga adotada. Isso pode ocasionar fraturas coesivas na dentina e no material restaurador, não testando eficazmente a interface adesiva. Porém, esses testes são de extremo valor por apresentarem uma simplicidade de técnica e são muito úteis no desenvolvimento e aprimoramento laboratorial dos sistemas adesivos e de suas técnicas de adesão.

ELIADES,<sup>12</sup> 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; adesividade para estabelecer interações químicas com o substrato; 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; monômeros com ótimas propriedades mecânicas de resistência coesiva e flexibilidade e pouca contração de polimerização para a maior durabilidade da adesão. O autor concluiu que modernos testes de adesão conseguem avaliar a influência dessas variáveis na interação entre os tecidos e os materiais biológicos, porém, mais estudos devem ser realizados para a observação da relevância clínica desses parâmetros.

A efetividade da aplicação do ácido fosfórico a 10 e a 37 %, do ácido maleico a 10% e do ácido oxálico a 1,6% por 15, 30 e 60 segundos, foi avaliada por HOLTAN et al.,<sup>30</sup> em 1995, através de testes de resistência ao cisalhamento realizados após a aplicação do sistema adesivo Scotchbond Multi Uso e da resina Silux Plus. Os resultados revelaram existir diferença estatisticamente significativa entre os valores de adesão dos diferentes ácidos utilizados, sendo que os valores mais altos foram obtidos pelo ácido fosfórico a 10 e 37% seguidos do ácido maleico e do ácido oxálico, que apresentou os valores mais baixos de adesão. Foi ainda observado o aumento da adesão para todos os ácidos, quando o tempo de condicionamento aumentou de 15 para 30 segundos e um decréscimo desses valores quando o condicionamento foi realizado por 60 segundos, menos para o ácido fosfórico a 37% cujo valor de adesão aumentou no tempo de 60 segundos. Contudo, esses resultados não tiveram diferença estatística significativa.

Os efeitos do ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, do ácido oxálico a 4.3% por 30 segundos e do ácido maleico a 10% por 15 segundos no esmalte e na dentina foram investigados por FRANCHI & BRESCHI,<sup>17</sup> em 1995, através do uso do MEV. Os resultados revelaram que todas as soluções ácidas afetaram o esmalte e a dentina, formando porosidades pela descalcificação seletiva. O ácido fosfórico a 37% foi o que melhor promoveu a remoção da "smear layer" e a abertura dos túbulos dentinários, e proporcionou ainda uma maior rugosidade à superfície em esmalte através da remoção dos cristais de apatita dos prismas em comparação às outras soluções ácidas utilizadas.

Em uma revisão realizada por PASHLEY et al.,<sup>55</sup> 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 geometria do aparato utilizado é muito importante sob esse aspecto, pois pode ocasionar a distribuição não uniforme de estresse na interface adesiva, promovendo falhas coesivas no substrato dentinário ocasionadas por cargas muito menores que a verdadeira resistência da dentina. 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> para a

realização desses testes. O substrato para adesão também pode ocasionar variações nos resultados obtidos, por isso, é necessário que ele seja padronizado para todas as amostras antes de ser empregado nos testes. A dentina da face oclusal tende a dar valores mais discrepantes na adesão do que a dentina da face vestibular, uma vez que esta apresenta maior variação da umidade e também porque ilhotas de esmalte podem permanecer na superfície após o seu desgaste devido à presença de sulcos oclusais mais profundos. Os autores concluíram ser extremamente importante a padronização das metodologias utilizadas para que os resultados obtidos possam ser comparados, auxiliando no desenvolvimento dos sistemas adesivos.

Com o objetivo de investigar o movimento dos diferentes componentes do Scotchbond Multi Uso e examinar a interface adesiva formada entre ele e a dentina, GRIFFITS & WATSON,<sup>20</sup> em 1995, utilizaram corantes fluorescentes no mapeamento das moléculas desse sistema, quando aplicadas às superfícies dentinárias condicionadas. Os resultados mostraram a importância da aplicação de jatos de ar sobre o "primer" depositado na superfície para uma melhor infiltração deste nos espaços interfibrilares do colágeno exposto. Por outro lado, jatos de ar devem ser evitados após a aplicação do adesivo para que não ocorra o aumento da sua espessura nos ângulos das cavidades. Observou-se ainda que o ácido maleico foi efetivo na remoção da "smear layer" e da maioria dos "plugs", facilitando a penetração do

"primer" e do adesivo na dentina intertubular e nos túbulos, havendo com isso a formação de uma camada híbrida e de "tags" resinosos, comprovando que o principal mecanismo de adesão desse sistema é a retenção micromecânica.

STRAWN et al.,<sup>68</sup> em 1996, avaliaram os efeitos causados pelo tempo de estocagem e pelas soluções de armazenamento no substrato dentinário. Discos de dentina foram preparados e armazenados em água destilada com timol a 0,02%, água filtrada, soro fosfatado tamponado com timol a 0,02%, solução com 70% de etanol e 30% de água destilada ou formalina a 10% por 1,2,7,14,21, ou 28 dias. Findos esses períodos, as mudanças químicas e as propriedades ópticas da superfície dentinária foram avaliadas. Através dos resultados obtidos, os autores concluíram que a água filtrada e purificada é o melhor meio de armazenagem, pois foi a que causou a menor alteração na dentina. Quando a fixação da mesma é necessária, o melhor meio de armazenagem é a formalina a 10%. Foi ainda concluído que o tempo de estocagem é um fator importante nas alterações do substrato, pois as propriedades mecânicas da dentina decresceram com o aumento do período de armazenagem.

A influência das variações da concentração e do tempo de aplicação do ácido fosfórico na difusão do HEMA na dentina foi investigada por HAMID; SUTTON; HUME,<sup>27</sup> em 1996. As superfícies dentinárias de cavidades oclusais foram condicionadas com ácido fosfórico a 10 ou a 37% por 15, 30 ou 60 segundos, lavadas e

secadas por um leve jato de ar para a aplicação do sistema Scotchbond Multi Uso e posterior restauração com o compósito Z-100. Um grupo em que a dentina não foi condicionada, serviu como controle. A difusão do HEMA no substrato dentinário foi avaliada em vários intervalos de tempo. Os resultados indicaram que o condicionamento com ácido fosfórico a 10 e 37% aumentaram a difusão inicial e total de HEMA devido ao aumento da permeabilidade da dentina causada pela remoção da "smear layer", alargamento dos túbulos e pela exposição dos espaços entre as fibras colágenas. Contudo, a diminuição da permeabilidade inicial da dentina foi observada quando o ácido fosfórico a 37% foi aplicado por 60 segundos, provavelmente devido a precipitação de fosfato de cálcio que ocorreu durante o condicionamento excessivo, obstruindo a entrada dos orifícios dos túbulos dentinários.

Os efeitos da forma de aplicação do ácido na eficácia da adesão foram avaliados por UNO & FINGER,<sup>84</sup> em 1996, através dos testes de resistência ao cisalhamento, microinfiltração e pela visualização em MEV. Eles utilizaram a superfície dentinária para a aplicação de soluções ácidas pela forma ativa, em que o ácido é esfregado na superfície com uma bolinha de algodão ou pela forma passiva em que o ácido foi apenas depositado na dentina. Através dos resultados obtidos foi possível observar que não houve diferenças estatísticas entre as duas formas de aplicação do ácido em termos de microinfiltração e resistência adesiva, porém a profundidade de desmineralização

da dentina foi maior quando a forma ativa foi empregada o que não significou um aumento da penetração do adesivo, por isso a agitação mecânica do ácido na dentina foi considerada desnecessária e indesejável pelos autores.

KANCA,<sup>37</sup> em 1996, examinou os efeitos da distância e do tempo de aplicação do ar, para a secagem dentinária, na resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo que requer um substrato úmido para a máxima efetividade da sua adesão. Superfícies em dentina foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% por 10 segundos e lavadas com jatos de água/ar por 3 segundos. As amostras foram divididas em grupos de acordo com o método de secagem a que elas foram submetidas: G1- secagem com um leve jato de ar por aproximadamente 5 segundos deixando a superfície visivelmente úmida; G2- Jatos de ar por 1 segundo a 1 cm de distância; G3- Jatos de ar por 3 segundos a 1 cm de distância; G4- Jatos de ar por 5 segundos a 1 cm de distância; G5- Jatos de ar por 1 segundo a 10 cm de distância; G6- Jatos de ar por 3 segundos a 10 cm de distância e G7- Jatos de ar por 5 segundos a 10 cm de distância. Após esses procedimentos, foi aplicado o sistema One-Step, e cilindros com o compósito Z-100 foram confeccionados para a realização do teste de cisalhamento. Os resultados demonstraram que a distância e o tempo de aplicação do ar tiveram impactos significativos nos valores de adesão, sendo que os melhores resultados foram obtidos com a maior distância e o menor tempo de aplicação do ar (G5) por resultar na maior

umidade dentinária, mantendo a integridade da rede de fibras colágenas, o que facilita a interação da acetona do "primer" com a água, aumentando a difusão do adesivo na dentina desmineralizada.

TAM & YIM,<sup>74</sup> em 1997, avaliaram os efeitos da profundidade da dentina na resistência à fratura da sua interface formada com a resina. Discos de dentina superficial e profunda foram submetidos aos tratamentos com os sistemas All Bond 2, Bond-It, Prime & Bond, Scotchbond Multi Uso, Opitbond e One-Step para posteriormente serem submetidos ao teste de resistência à fratura através do uso de um aparato especial. Os resultados mostraram que os adesivos testados obtiveram valores mais baixos de resistência quando aplicados à dentina profunda, e esse fato pode ser atribuído às diferenças químicas e estruturais existentes entre os dois substratos avaliados.

AL-SALEHI & BURKE,<sup>1</sup> em 1997, através de uma revisão de literatura, investigaram os métodos predominantemente utilizados nos testes de adesão na tentativa de padronizar os testes *in vitro* futuros. Eles observaram que o teste de resistência ao cisalhamento foi o mais utilizado (80% dos artigos revisados) por ser simples e de fácil execução, apesar de causar distribuição não uniforme de estresses. Na maioria dos casos, a dentina humana obtida da face vestibular ou lingual de dentes molares humanos é utilizada para a realização desses testes, sendo que o tempo de

armazenamento deve ser de no máximo seis meses e, de preferência, em solução salina ou água destilada para que os valores de adesão não sejam prejudicados. Para finalizar, os autores observaram não haver evidências que sugerem que a ciclagem térmica tenha efeitos significativos nos valores de adesão.

A influência do número de aplicações dos adesivos de frasco único na resistência ao cisalhamento do compósito com a dentina foi avaliada por SWIFT Jr et al.,<sup>72</sup> em 1997. Duas camadas dos sistemas Prime & Bond, One-Step ou Tenure Quik, foram aplicados à dentina condicionada no grupo controle e um maior número de camadas foram aplicadas nos grupos experimentais para comparação. Após o teste de resistência ao cisalhamento foi possível observar que múltiplas aplicações dos adesivos de frasco único diminuíram os valores de adesão. Provavelmente as propriedades mecânicas inferiores desses sistemas contribuíram com esse fato. Os autores recomendam seguir as instruções dos fabricantes, pois um número inferior a duas aplicações também causa esse decréscimo.

## **2.2- SISTEMAS ADESIVOS**

BUONOCORE<sup>4</sup>, em 1955, realizou a primeira tentativa de unir materiais restauradores ao dente, através da alteração da superfície do esmalte bovino com tratamentos químicos que a tornariam mais receptiva à adesão. Foi utilizada uma solução com fosfomolibdato a 50% com ácido oxálico a 10% ou ácido fosfórico a 85%.

Os resultados mostraram que houve um aumento da retenção das restaurações quando se usaram as duas soluções, sendo que a maior retenção se deu para o grupo do ácido fosfórico que causou um aumento da área para adesão no dente e também uma maior molhabilidade da superfície, melhorando a difusão da resina acrílica no esmalte dental.

Com o objetivo de determinar as mudanças na topografia dental e identificar quimicamente os debrís superficiais que se formam após o corte, EICK et al.,<sup>11</sup> em 1970, examinaram superfícies em esmalte através do uso do MEV após o corte com brocas carbide ou com pontas diamantadas. Foi observada a formação de filmes orgânicos com espessura de 0,5 a 1  $\mu\text{m}$  da própria estrutura do dente. Os autores sugeriram que, quando a superfície dental é cortada, grande quantidade de energia é produzida, resultando em calor friccional e deformações plásticas e elásticas que ocasionam mudanças químicas e físicas da mesma, originando a lama dentinária ou "smear layer" que reduz a permeabilidade do aderente, atuando de forma negativa na união entre o dente cortado e o material restaurador.

FUSAYAMA, et al.,<sup>18</sup> em 1979 avaliaram a resistência adesiva do sistema Clearfil Bond System-F e o comparou com as resinas Adaptic Total System, Concise Enamel Bond e Palakav, através de um aparato empregado no teste de resistência à tração. Foram utilizadas as superfícies vestibulares de incisivos e oclusais de molares humanos, em que parte das mesmas foi condicionada com ácido fosfórico a 40% por 60

segundos. Os autores concluíram que o sistema Clearfil Bond System-F apresentou valores altos de adesão tanto para o esmalte quanto para a dentina, e o condicionamento ácido total aumentou consideravelmente a adesão.

Para avaliar a importância da penetração de monômeros no substrato dental, NAKABAYASHI, et al.,<sup>47</sup> 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 1 e 3% respectivamente por 30 segundos. Após a cimentação de cilindros de resina 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 2mm/min. A média da resistência adesiva foi de 18MPa na dentina condicionada. A análise ao 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 podem ser reforçados por monômeros com grupamentos hidrófilos e hidrófobos promovendo uma adesão confiável.

PASHLEY,<sup>50</sup> em 1986, através de uma revisão da literatura, observou que a dentina é uma estrutura permeável que apresenta lenta difusão de substâncias através de seus túbulos. A capacidade de penetração dessas substâncias depende da espessura e área da dentina remanescente, da presença ou não da "smear layer", da capacidade de difusão do produto e da pressão pulpar. Foi ainda observado que a

dentina condicionada com ácidos se torna mais permeável devido à remoção da "smear layer" e descalcificação da superfície, aumentando o diâmetro dos orifícios dos túbulos dentinários.

Para determinar quais seriam os efeitos na adesão à dentina sob condições fisiológicas de permeabilidade, pressão pulpar e umidade, MITCHEM; TERKA; GRONAS,<sup>45</sup> em 1988, utilizaram um aparato que simula a pressão pulpar fisiológica (25 mm/Hg) na adesão do Scotchbond, Tenure e Gluma à dentina úmida através de dois tipos de testes: Monitorizado, em que foi utilizada a dentina oclusal e Estático, em que se utilizou a dentina vestibular. Foi observado que para esses sistemas 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, e ainda, que a espessura da dentina remanescente varia consideravelmente na superfície oclusal, podendo ocasionar diferentes graus de umidade e permeabilidade, o que também implica na variação dos valores de adesão.

A correlação entre a permeabilidade e a profundidade dentinária com a resistência adesiva de sistemas resinosos à dentina foi estudada por TAGAMI; TAO; PASHLEY,<sup>73</sup> em 1990. Incisivos bovinos desgastados em diferentes profundidades foram conectados a um aparato para medir a permeabilidade através da condução hidráulica. 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%; G3- Superbond C&B/ Clearfil FII e dentina condicionada com solução 10/3. Os resultados mostraram que a relação entre a permeabilidade e a profundidade dentinária vai depender da presença ou não da "smear Layer". Quando a "smear Layer" estava presente (G1), não houve uma redução significativa na adesão com o aumento da permeabilidade e profundidade dentinária, após sua remoção (G2 e G3), houve uma relação inversa entre espessura e umidade dentinária e adesão, sendo que a união à dentina superficial foi significativamente maior do que a dentina profunda. Os valores de adesão obtidos no G3 foram mais altos do que os valores do G2 e G1, uma vez que o sistema Superbond C&B possui monômeros hidrófilos (4-META).

Para avaliar o papel da umidade dentinária na adesão de sistemas adesivos e do cimento de ionômero de vidro à dentina com a presença ou não da "smear layer" sob condições fisiológicas simuladas, MITCHEM & GRONAS,<sup>44</sup> realizaram um trabalho em 1991, utilizando a dentina vestibular de terceiros molares que foram divididos em três grupos, sendo que em um deles os dentes foram conectados a um aparato que simula a pressão pulpar fisiológica (25 mm/Hg) e as outras condições experimentais eram a dentina úmida sem pressão pulpar e a dentina seca, com ou sem a presença da "smear layer". O sistema Scotchbond 2/P-30 foi aplicado em todos os grupos e o teste de

resistência ao cisalhamento foi realizado. Os resultados mostraram que esse sistema foi adversamente afetado pela presença do fluido dentinário e esse fato se tornou ainda mais crítico na presença da pressão pulpar com ausência da "smear layer". Os valores foram mais altos quando o sistema adesivo foi aplicado à dentina úmida, apresentando diferença estatística significativa para os demais grupos. Os autores concluíram que, sendo a dentina vital um tecido que possui umidade natural, é de extrema necessidade a modificação da composição dos adesivos para que estes apresentem mais afinidade com a mesma.

VAN MEERBEEK et al.,<sup>87</sup> 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 e as propriedades intrínsecas dos materiais restauradores resinosos alteram a adesão. Dessa forma, as alterações causadas pelo condicionamento ácido da dentina, e a posterior infiltração do "primer" nesta, faz com que ocorra o aumento da energia da superfície, favorecendo a molhabilidade e facilitando a penetração do adesivo, e ainda, as propriedades físicas dos sistemas resinosos, como: viscosidade, resistência coesiva, capacidade de difusão, contração de polimerização, módulo de elasticidade, expansão higroscópica, coeficiente de expansão termo-linear e condutibilidade térmica, também estão envolvidos no processo de adesão, assim como na longevidade das

restaurações.

Investigando a união dos adesivos à dentina, ASMUSSEN & UNO,<sup>3</sup> em 1992, observaram que os adesivos podem apresentar uma união química ou micromecânica. Os adesivos com atividade química contêm um grupo reativo que pode se unir à dentina de duas formas: aos íons cálcio da superfície através de ligações iônicas, e à parte orgânica da dentina -fibras colágenas- através de ligações covalentes. Em relação aos aspectos físico-químicos, os adesivos que apresentarem parâmetros apropriados de solubilidade e polaridade serão mais capazes de penetrar na dentina desmineralizada, reagir quimicamente e ainda formar retenções micromecânicas.

ERICKSON,<sup>13</sup> em 1992, realizou um estudo sobre as interações entre a superfície do substrato e os adesivos dentinários e observou que vários fatores podem interferir na adesão, dentre os quais: diferenças na composição química e estruturais da superfície dentinária em relação à localização e à profundidade do seu desgaste; presença ou ausência da "smear layer"; capacidade de molhamento e difusão do "primer" que estão diretamente relacionados com a presença de monômeros hidrófilos e solventes orgânicos na sua composição; formação da camada híbrida na dentina intertubular e dos prolongamentos resinosos ("tags") nos túbulos dentinários e ainda a polimerização dos adesivos. O autor concluiu que, para uma adesão favorável, a dentina desmineralizada deve ser infiltrada pelo "primer" na sua totalidade,

promovendo uma energia de superfície compatível com uma boa penetração dos monômeros resinosos, que se completa com uma total polimerização dos mesmos e a formação da camada híbrida.

Através do uso do MEV, VAN MEERBEEK et al.,<sup>86</sup> em 1992, avaliaram os aspectos micromorfológicos da camada híbrida formada pela aplicação de diferentes sistemas adesivos. Os resultados obtidos revelaram três grupos distintos de adesivos: um grupo removeu a "smear" e produziu uma superfície de dentina impregnada por resina, o outro grupo preservou a "smear" e o adesivo penetrou e se aderiu a esta através de ligações químicas ou através de retenções micromecânicas e um terceiro grupo que a dissolveu parcialmente e criou uma camada híbrida muito fina. Os autores concluíram que a melhor adesão é obtida pelos sistemas que formaram a camada híbrida através da remoção da "smear layer" e descalcificação da superfície dentinária pelo uso do condicionamento ácido total, expondo a rede de fibras colágenas para a posterior infiltração do agente adesivo, formando um elo entre a dentina desmineralizada e o material restaurador.

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,<sup>33</sup> em 1992, utilizou molares humanos recém-extraídos, que foram divididos em seis grupos de acordo com o método de secagem dentinária, concentração e o

tempo de aplicação do ácido utilizado. Nos grupos 1 e 4, a dentina foi secada com jatos de ar durante 10 segundos a uma distância de 2cm; no grupo 2, a dentina foi secada com jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 2cm; 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 em esmalte foi secada com ar. Os métodos de secagem foram empregados após a 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, cilindros com 4mm de diâmetro foram confeccionados com a resina Bisfil e o teste de resistência ao cisalhamento foi realizado. 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 ao cisalhamento e melhor adaptação dos sistemas adesivos 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 espalhamento e penetração do "primer" na

superfície dentinária condicionada. Essa interação do solvente com a água não acontece quando a dentina está desidratada, causando uma redução dos valores de adesão.

NAKABAYASHI; ASHIZAWA; NAKAMURA,<sup>46</sup> em 1992, avaliaram a resistência adesiva da resina 4 META/MMA-TBB e também 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. O exame microscópico revelou que a profundidade de desmineralização da dentina cariada (3-4 $\mu$ m) foi maior do que a da dentina íntegra (2 $\mu$ m). Houve a formação da camada híbrida em todas as condições testadas pela impregnação do adesivo nas fibras colágenas e, em alguns casos, pelo encapsulamento também da hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada. Foi ainda observado, na região basal dessa camada, uma zona de colágeno não infiltrada 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 exposição e hidrólise do colágeno não encapsulado.

Para determinar a influência da umidade dentinária na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos hidrófilos à base de água ou acetona à dentina, GWINNETT,<sup>21</sup> em 1992, utilizou os adesivos All Bond/P-50; Amalgambond/P-50; Mirage Bond/P-50; Tenure/Marathon e Gluma/Lumifor. Todos apresentavam soluções condicionadoras de dentina, e suas aplicações e métodos de secagem dentinária foram realizadas de acordo com as instruções dos fabricantes. Foram estabelecidos mais 5 grupos com os mesmos sistemas adesivos, sendo que nesses a dentina foi secada com bolinha de algodão, permanecendo visivelmente úmida após a lavagem do condicionador. Após a confecção de cilindros de resina na área adesiva, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Através dos resultados, o autor concluiu que todos os sistemas adesivos, com exceção do Gluma, apresentaram maiores valores de resistência quando aplicados à dentina úmida. A acetona contida nos "primers" interage com a água do substrato, aumentando sua pressão de vapor, o que faz com que ela evapore, liberando espaço para a penetração e íntima adaptação dos monômeros resinosos na dentina descalcificada. O Amalgambond, apesar de ser à base de água e não conter acetona, apresentou as mesmas características frente ao substrato úmido devido à alta hidrofília dos seus monômeros. O Gluma não mostrou as

mesmas características de composição e sua resistência adesiva decresceu na presença da umidade.

Para analisar os efeitos de vários tipos de solventes e da umidade dentinária na resistência adesiva das resinas compostas à dentina, KANCA,<sup>34</sup> em 1992, utilizou molares humanos extraídos, que foram divididos em três grupos, nos quais a superfície dentinária foi tratada com ácido fosfórico a 10% por 30 segundos, lavada com água por 10 segundos, sendo que a metade das amostras foi secada com jatos de ar por 5 segundos a uma distância de 2-3 cm e a outra metade foi secada com papel absorvente, que deixou a superfície dentinária visivelmente úmida. Após esses procedimentos, no grupo 1 foi aplicada uma mistura de 20% de HEMA com água, no grupo 2, foi aplicada uma mistura de 20% de HEMA com etanol, e uma mistura de 20% de HEMA com acetona foi aplicado no grupo 3. Foram confeccionados cilindros de resina composta e os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Após análise dos resultados, observou-se que os maiores valores de adesão foram obtidos quando o adesivo foi aplicado à dentina úmida. A acetona foi o solvente mais eficaz, tendo melhor atuação do que o etanol. A água, quando utilizada como solvente, não foi capaz de gerar as alterações criadas pela acetona e pelo etanol, sendo que a sua mistura com o HEMA seria melhor empregada em uma superfície mais seca.

KANCA,<sup>35</sup> em 1992, investigou quais seriam as conseqüências na adesão ao esmalte úmido. Superfícies em esmalte foram condicionadas com ácido fosfórico gel a 10% por 30 segundos ou a 37% por 15 segundos, sendo secadas com ar ou mantidas úmidas apenas removendo o excesso de água com papel absorvente. Posteriormente, foi aplicado o sistema adesivo All Bond, e cilindros com a resina Bisfil foram confeccionados na área adesiva, para que o teste de resistência ao cisalhamento fosse realizado. O autor observou não haver diferenças significativas na adesão quando o "primer" foi anteriormente utilizado no esmalte seco ou úmido, favorecendo a infiltração do adesivo resinoso no mesmo.

KANCA,<sup>36</sup> em 1992, avaliou a resistência adesiva de um sistema hidrófilo à base de acetona à dentina mantida úmida, após o condicionamento por diferentes tratamentos. As superfícies dentinárias de dentes extraídos foram secadas com jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 2cm ou foram deixadas úmidas após a aplicação do ácido fosfórico a 10% por 30 segundos ou do ácido fosfórico a 32% por 20 segundos. Um último grupo não recebeu nenhum tipo de pré-tratamento dentinário mantendo a "smear layer" intacta. Posteriormente, foi aplicado o sistema adesivo All Bond 2 a todas as amostras, e cilindros de resina composta foram confeccionados. Para o grupo controle, foi utilizada a superfície em esmalte condicionada com ácido fosfórico a 32% por 20 segundos. Os resultados obtidos após o teste de resistência

ao cisalhamento indicam que valores mais altos de adesão se deram para a dentina condicionada e mantida úmida, não havendo diferença estatística significativa entre os valores obtidos com os dois ácidos utilizados. Por outro lado, o pior resultado de adesão observado se deu quando o adesivo foi aplicado sobre a "smear layer" seca. O autor concluiu que o condicionamento ácido total e a técnica de adesão ao substrato úmido aumentou os valores de resistência ao cisalhamento de um sistema adesivo hidrófilo à base de acetona.

SWIFT JR,<sup>70</sup> em 1992, testou a resistência ao cisalhamento do sistema adesivo Scotchbond Multi Uso, quando aplicado às superfícies de esmalte e dentina desidratadas ou mantidas úmidas. Foram realizados o condicionamento ácido em esmalte e dentina com ácido maleico a 10% por 30 segundos, a lavagem com água, e em metade das amostras os substratos foram secados por jatos de ar e na outra metade por papel absorvente. Cilindros de resina Z-100 foram confeccionados e os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados mostraram valores de adesão menores para o esmalte do que para dentina, provavelmente devido à utilização de um ácido fraco que não proporcionou um bom condicionamento ao esmalte. Os valores de adesão à dentina seca foram menores, quando comparados à dentina úmida, uma vez que a presença de água manteve a rede de fibras colágenas intacta, facilitando a infiltração do adesivo. O autor concluiu que o

Scotchbond Multi Uso foi capaz de promover uma adesão consistente tanto para a dentina seca quanto para a dentina úmida.

A adesão dentinária é discutida em relação ao substrato e aos sistemas adesivos em uma revisão realizada por PASHLEY,<sup>51</sup> em 1992. Ele observou que a adesão à dentina é muito mais difícil e complexa do que a adesão ao esmalte, por ser um tecido heterogêneo, úmido e por apresentar a "smear layer" na superfície cortada. Essa lama dentinária influencia a adesão, pois diminui a infiltração do adesivo, sendo necessária sua remoção ou modificação através do uso de condicionadores ácidos que também promovem a dissolução da porção mineral desse substrato, expondo a rede de fibras colágenas da matriz intertubular em uma profundidade de até 10  $\mu\text{m}$ , alargando os orifícios de entrada dos túbulos pela desmineralização da matriz peritubular. Através desse mecanismo, temos um aumento das porosidades na dentina por onde o agente adesivo irá infiltrar para a obtenção de uma retenção micromecânica através da formação da camada híbrida e dos "tags" ou prolongamentos resinosos, que são os principais mecanismos de união dos sistemas adesivos ao substrato dental.

Para determinar quantitativamente o papel da infiltração do adesivo na adesão à dentina, GWINNETT,<sup>22</sup> em 1993, submeteu a superfície dentinária de molares a quatro diferentes tratamentos: jatos de bicarbonato de sódio (Prophy Jet), que removeram a "smear layer" superficial, mas não removeram os "smear plugs"; ácido

fosfórico a 10% por 20 segundos; exposição da dentina através de fratura coronária e um grupo onde a "smear layer" permaneceu intacta pois não recebeu nenhum tratamento. Foi realizada a técnica de adesão ao substrato úmido, em que a superfície dentinária foi levemente secada antes da aplicação do sistema adesivo All Bond 2 seguido da inserção da resina composta P-50. Após 24 horas de armazenamento em água a 37°C, as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento e à análise em MEV. Os menores valores de adesão se deram para o grupo onde a "smear layer" foi mantida intacta, e os maiores valores foram obtidos pelo grupo em que a dentina condicionada foi infiltrada pelo sistema adesivo, havendo a formação da camada híbrida e de prolongamentos resinosos. Os autores concluíram que a resistência adesiva é altamente dependente da superfície envolvida na adesão e da qualidade da interação da resina com o substrato.

Devido à grande importância do substrato dentinário para a odontologia restauradora, MARSHALL Jr,<sup>41</sup> em 1993, realizou uma revisão sobre suas características, propriedades e microestrutura. A dentina é um tecido hidratado e de composição 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. Certos cuidados devem ser tomados para a realização de testes laboratoriais com o substrato dentinário que deve ser humano de preferência, estar armazenado por, no máximo, seis meses em água, soro ou formol após a extração do dente e ser esterilizada com radiações gamma antes dos testes. Foi proposto que a união à dentina pode ser através de uma união química ao cálcio da matriz mineral ou ao colágeno da matriz orgânica e também pela retenção micromecânica através da formação de prolongamentos resinosos ou da camada híbrida, em que são utilizados condicionadores ácidos que desmineralizam a dentina intertubular, expondo a rede de fibras colágenas que deve ser mantida úmida para não colapsar e facilitar a formação da camada híbrida. Esses ácidos descalcificam também a dentina peritubular, alargando o diâmetro dos orifícios dos túbulos para a penetração do adesivo e formação dos prolongamentos resinosos. Contudo o mecanismo de retenção micromecânica vai também depender do grau de hidrofília do adesivo, da presença de solventes orgânicos e das variações de umidade e permeabilidade dessa superfície dentinária. O autor concluiu que é muito importante o conhecimento do substrato dentinário para adesão.

Com o propósito de comparar a micromorfologia da dentina de dentes fraturados

com a da superfície dentinária coberta com a "smear layer" através do uso do MEV, PASHLEY et al.,<sup>54</sup> 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 segundos. 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 na matriz intertubular e exposição das fibras colágenas a uma profundidade que variou de 5 a 10  $\mu\text{m}$ . As amostras condicionadas e secadas com ar (grupos 2 e 4) mostraram 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 depois da remoção dos minerais pelo ácido. Após a aplicação dos monômeros hidrófilos, a rede de fibras colágenas foi reexpandida, facilitando a penetração e difusão do agente resinoso. Nos grupos 1 e 3 em que a dentina condicionada foi mantida úmida, foi possível observar a desmineralização da superfície dentinária, 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 é de fundamental

importância a manutenção do substrato úmido após o condicionamento ácido 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 ocupados por minerais, formando a camada híbrida, que é o principal mecanismo de adesão.

MANDRAS; RETIEF; RUSSEL,<sup>40</sup> em 1993, avaliaram e classificaram os adesivos em gerações de acordo com sua composição e modo de ação. Os sistemas de primeira geração incluíam o ácido glicerofosfórico dimetacrilato e também o monômero resinoso N- fenilglicina glicidil metacrilato na sua formulação, e estes tentaram, sem sucesso, ligar-se à dentina através da quelação do cálcio da hidroxiapatita, proporcionando uma adesão muito fraca (2-3 MPa) que facilmente era degradada, favorecendo a infiltração marginal. A segunda geração incluiu um grupamento fosfato para promover adesão às estruturas dentais, eles apresentavam maiores valores de adesão (4,4-6,2 MPa) que ainda não eram suficientes, sendo necessária a confecção de retenções mecânicas adicionais. Os adesivos de terceira geração interagem com a dentina alterada quimicamente por agentes que modificavam ou removiam a "smear layer" e, por isso, apresentavam valores de retenção mais altos (8,8-18,6 MPa). Os autores também avaliaram a resistência ao cisalhamento de dez sistemas adesivos de primeira, segunda e terceira gerações. Os resultados obtidos confirmaram os dados

observados na revisão da literatura em que os valores de adesão para os sistemas de terceira geração foram maiores do que os de segunda e primeira gerações que não diferiram entre si.

Para avaliar os efeitos do condicionador ácido, da umidade dentinária e da resina composta na adesão, PERDIGÃO; SWIFT; CLOE,<sup>56</sup> em 1993, utilizaram os adesivos All Bond 2, Amalgambond e Clearfil Photo Bond em superfícies dentinárias que foram condicionadas com a solução 10/3(Amalgambond) ou com ácido fosfórico a 10% (All Bond 2). No grupo do sistema Clearfil todas as amostras foram condicionadas com ácido fosfórico a 40% por 15 segundos. Para cada grupo, após a remoção do ácido, a dentina foi secada com jatos de ar em metade das amostras e na outra metade foi utilizado papel absorvente. Após a aplicação dos adesivos, cilindros da resina composta microparticulada (Silux Plus) e de resina híbrida (Prisma APH) foram confeccionados na área adesiva e o teste de resistência ao cisalhamento foi realizado. Os resultados mostraram que os maiores valores de adesão foram obtidos no substrato mantido úmido após o condicionamento com a solução própria de cada sistema adesivo e restauração com um compósito híbrido.

HEYMANN & BAYNE,<sup>28</sup> em 1993, através de uma revisão da literatura, investigaram as variáveis que influenciam na união dos sistemas adesivos à dentina. Foi observado que as alterações na adesão podem ser provocadas por fatores dentinários

como a profundidade, umidade, permeabilidade e a presença da "smear layer" e por fatores que são inerentes aos sistemas adesivos, uma vez que a adesão à dentina é dada pela retenção micromecânica dos agentes resinosos, através da formação de uma zona de dentina desmineralizada infiltrada por resina. Com isso, os monômeros devem apresentar boas características de hidrofília, viscosidade, resistência coesiva e ainda devem estar associados a solventes orgânicos como a acetona ou etanol para facilitar sua difusão através das fibras colágenas, otimizando a formação da camada híbrida.

Com o objetivo de avaliar a influência de diferentes condicionadores ácidos na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos ao esmalte, SWIFT Jr & CLOE,<sup>69</sup> em 1993, realizaram um estudo em que esse substrato foi tratado com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, ácido oxálico a 1,6%, nitrato de alumínio a 2,6% e glicina a 2,7% por 30 segundos, ácido maleico a 10% por 15 segundos ou ácido fosfórico a 10% por 15 segundos. Após a aplicação dos condicionadores, as superfícies foram lavadas com jatos de água e secadas com ar. Em metade das amostras de cada grupo foi aplicada uma resina fluida, sem carga, hidrófoba e na outra metade uma resina hidrófila. Foram confeccionados cilindros com a resina Prisma APH e os corpos-de-prova foram termociclados para posteriormente serem submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. De acordo com os resultados obtidos, a resistência adesiva foi levemente maior para as resinas hidrófilas. O ácido fosfórico a 35% obteve os

maiores valores de adesão (29,7 MPa), os ácidos fosfórico e maleico a 10% apresentaram valores de adesão similares (13,2 MPa) e os menores resultados foram observados para o grupo do ácido oxálico. Os autores concluíram que o condicionamento proporcionado pelo ácido fosfórico a 35% é o ideal para promover uma adesão adequada ao esmalte, assegurando a retenção e a integridade marginal das restaurações, e que sua utilização na técnica do condicionamento ácido total iria simplificar e reduzir o tempo necessário para a realização dos procedimentos de adesão na clínica diária.

Com o propósito de comparar micromorfológicamente a interface adesiva entre dentina e resina composta formada *in vivo* e *in vitro* através do MEV, JACOBSEN & FINGER,<sup>31</sup> em 1993, utilizaram os sistemas adesivos All Bond 2, Clearfil Photo Bond, Gluma, Gluma 2000, Prisma Universal Bond 3 e Scotchbond Multi Uso, seguindo as recomendações dos fabricantes, em dentes recém-extraídos (*in vitro*) e em pré-molares com indicação ortodôntica para extração (*in vivo*). Todas as amostras foram analisadas em MEV, através do qual foi possível observar a formação da camada híbrida com características bem semelhantes tanto *in vivo* quanto *in vitro*. Apenas para o sistema Prisma Universal Bond 3 não houve a formação da camada híbrida nas duas condições testadas. Observou-se ainda uma descalcificação mais profunda da dentina, quando ácidos mais fortes foram utilizados e, devido a isso, ocorreram falhas

na penetração dos adesivos que não conseguiram infiltrar na totalidade do substrato desmineralizado e encapsular as fibras colágenas expostas, tornando-se um elo fraco e mais susceptível à fraturas. Os autores concluíram que a espessura da camada híbrida não é o fator mais importante para uma boa adesão e sim a qualidade de infiltração dos monômeros resinosos.

Para avaliar as influências das variáveis profundidade e maturidade dentinária na resistência ao cisalhamento de três sistemas adesivos, BURROW et al.,<sup>6</sup> em 1994, utilizaram discos de dentina superficial ou profunda preparados de molares humanos extraídos de pacientes jovens (menos de 30 anos) e idosos (mais de 50 anos). Neles foram aplicados os sistemas adesivos Scotchbond Multi Uso, Superbond D-liner e o Liner Bond II de acordo com instruções dos fabricantes, e também uma camada de resina antes das amostras serem submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento e avaliação através do MEV. Todos os sistemas adesivos mostraram valores de adesão acima de 10 MPa em ambas as condições. A profundidade e a idade dentinária não influenciaram na resistência adesiva dos novos sistemas adesivos. Houve a formação de uma camada híbrida espessa para o Scotchbond Multi Uso e para o Super Bond D-liner, quando comparados ao Liner Bond II apesar dos valores de adesão não terem apresentado diferença estatística, devido à isso, autores concluíram que a qualidade

da camada híbrida, e não sua espessura é o fator mais importante para a adesão.

Com o propósito de determinar qual a contribuição da rede de fibras colágenas na adesão, GWINNETT,<sup>24</sup> em 1994, mediu a resistência ao cisalhamento dos sistemas All Bond 2/Bisfil, Optibond Dual Cure/XRV e Scotchbond Multi Uso/Z-100 aplicados à dentina condicionada com ácido maleico a 10% por 15 segundos, ácido fosfórico a 10% por 20 segundos ou por ácido nítrico a 2.5% por 60 segundos. Foi ainda confeccionado um grupo em que os três sistemas adesivos foram aplicados à dentina após o condicionamento com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, seguido da aplicação do hipoclorito de sódio a 5% por 120 segundos para a completa remoção do colágeno da superfície desmineralizada. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre os valores obtidos no teste de resistência ao cisalhamento para todos os grupos, em todas as situações estudadas. Devido a isso, especula-se que a zona de colágeno não contribui quantitativamente com a adesão, que pode ainda ser prejudicada pelo colapso desse colágeno através da sua secagem com jatos de ar impedindo a completa infiltração do adesivo. Foi sugerida a remoção do colágeno com o uso do hipoclorito de sódio após o condicionamento ácido da dentina, uma vez que esse tratamento não promoveu um decréscimo dos valores de adesão. Contudo, o autor concluiu que mais estudos devem ser realizados a longo prazo para avaliar as conseqüências da remoção das fibras colágenas na durabilidade da adesão.

Com o propósito de relacionar a resistência ao cisalhamento com a incidência de microinfiltração e formação de fendas marginais, GWINNETT e YU,<sup>25</sup> em 1994, utilizaram os sistemas adesivos Art Bond, Prisma Universal Bond 3, que foram aplicados à dentina não condicionada, Optibond Dual Cure aplicado à dentina condicionada com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos e o sistema Scotchbond Multi Uso aplicado à dentina condicionada com ácido maleico a 10% por 15 segundos. A dentina intacta representou o quinto grupo (controle). Com os resultados obtidos através dos testes de resistência ao cisalhamento e microinfiltração, foi possível observar que os valores de adesão não apresentaram diferença estatística significativa para os sistemas Art Bond (28,63 MPa), Optibond Dual Cure (24,35 MPa) e para o Scotchbond Multi Uso (25,22 MPa). Apenas os valores obtidos pelo Prisma Universal Bond 3 (14,57MPa) foram menores, quando comparados aos outros grupos e ao controle (36,31 MPa). Não houve a formação de fendas nas margens em esmalte das cavidades e esses defeitos se apresentaram em pouca quantidade na região cervical, menos para o sistema Prisma Universal Bond 3, que apresentou maior incidência de fendas nessa região. Os autores concluíram que quanto mais altos os valores de adesão, principalmente acima de 20 MPa, menor a incidência de microinfiltração na interface adesiva.

Com o propósito de demonstrar as evidências de um perfeito selamento da

dentina condicionada e mantida úmida, *in vivo*, com o uso de um sistema adesivo hidrófilo à base de acetona, TAY; GWINNETT; WEI,<sup>75</sup> em 1994, realizaram preparos cavitários classe V na vestibular de pré-molares indicados para extração por motivos ortodônticos. O esmalte e a dentina das cavidades foram condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, lavados com água e secados com breve jato de ar que deixou a superfície levemente úmida. O sistema All Bond 2 foi aplicado de acordo com instruções dos fabricantes, e as cavidades foram restauradas com a resina Z-100. Os dentes permaneceram 28 dias em função no ambiente oral antes da extração. Através da análise em MEV e MET foi possível observar a formação da camada híbrida pela total penetração do adesivo na dentina desmineralizada e também a formação de prolongamentos resinosos nos túbulos dentinários e hibridização do colágeno exposto nas paredes desses túbulos. De acordo com essas observações, os autores concluíram que o condicionamento ácido total otimiza a infiltração dos monômeros hidrófilos dissolvidos em acetona na dentina úmida, selando efetivamente as cavidades restauradas *in vivo* com esse sistema.

Com o objetivo de avaliar a relação da micromorfologia da dentina hibridizada por dois sistemas adesivos diferentes *in vivo* e *in vitro*, FERRARI,<sup>14</sup> em 1994, restaurou com compósitos cavidades classe V após o condicionamento ácido e aplicação dos sistemas Scotchbond Multi Uso ou Gluma 2000. A estrutura dental das amostras

foi dissolvida para a avaliação das restaurações no MEV, que revelou não haver diferença estatística significativa na morfologia da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos das amostras confeccionadas *in vivo* ou *in vitro* para os dois adesivos dentinários estudados.

Com o propósito de examinar os efeitos dos tratamentos da superfície dentinária e a interação desta com seis sistemas adesivos através do uso do MEV, CHAPPELL; SPENCER; EICK,<sup>8</sup> em 1994, utilizaram os sistemas All Bond 2, com ou sem o condicionamento ácido prévio, Syntac, Prisma Universal Bond 3, Tenure Solution, Scotchbond Multi Uso e do Adhesive By Choice. A análise em MEV mostrou que a "smear layer" que estava presente na dentina não condicionada do grupo do All Bond 2 impediu a penetração do adesivo, não havendo a formação de "tags" e da camada híbrida. O "primer" do Prisma Universal Bond 3 alterou a "smear layer", pois reagiu com a mesma, mas não produziu uma grande desmineralização da dentina formando com isso uma camada híbrida mais fina (com menos de 5µm de espessura). Os outros adesivos que utilizaram condicionadores ácidos removeram eficazmente a "smear layer" e descalcificaram a dentina, facilitando a penetração do adesivo e formação de uma zona hibridizada com 5 a 10 µm de espessura. Os autores concluíram que as superfícies submetidas a diferentes tratamentos não apresentaram a mesma aparência.

Com o objetivo de investigar a microinfiltração marginal de sistemas adesivos que formam a camada híbrida, SANO et al.,<sup>63</sup> em 1994, utilizaram o MEV para analisar a infiltração do corante nitrato de prata em cavidades classe V, condicionadas com ácido fosfórico 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 *Bright*. Foi observada a ausência de fendas marginais em todas as interfaces adesivas das restaurações. Apesar disso houve a presença do nitrato de prata entre a camada híbrida e a dentina desmineralizada que não foi penetrada pelo adesivo, surgindo assim um novo padrão de microinfiltração. Os autores concluíram ser de extrema importância a realização de novos estudos para examinar a combinação de vários condicionadores de dentina com outros sistemas adesivos e observar a infiltração nessa zona porosa de dentina não infiltrada.

AMORY & YVON,<sup>2</sup> em 1994, investigaram a possibilidade de existir alguma correlação significativa entre as características da dentina e a resistência adesiva das resinas compostas. As medidas do número e diâmetro dos túbulos, da área de dentina inter e peritubular, da dureza Vickers e da concentração de cálcio e fosfato foram obtidas através de testes realizados com molares extraídos. Os resultados mostraram que a proporção de cálcio e fosfato é constante na dentina a qualquer distância da polpa, que o número e diâmetro dos túbulos aumentam e a quantidade de

dentina intertubular decresce em direção à polpa e que, quanto maior a dureza Vickers, maior a concentração de cálcio e fosfato. A partir da obtenção dessas informações, testes de resistência ao cisalhamento foram realizados utilizando os sistemas adesivos All Bond 2 e Scotchbond 2 aplicados a superfícies dentinárias padronizadas. Os valores de adesão mostraram ser independentes das características da dentina e da concentração de cálcio, uma vez que a adesão se baseia principalmente na retenção micromecânica através da penetração dos monômeros hidrófilos que são menos afetados pelas variações de umidade, e não mais na ligação química do adesivo com o cálcio da estrutura dental.

Com o objetivo de avaliar a resistência ao cisalhamento de cinco sistemas adesivos à dentina e compara-la aos valores obtidos com o sistema Scotchbond 2, HOLTAN et al.,<sup>29</sup> em 1994, utilizaram 225 molares para a adesão dentinária dos sistemas Syntac, Denthesive, All Bond 2, XR Bond e Scotchbond Multi Uso de acordo com as instruções dos seus fabricantes. Os resultados do teste de resistência mostraram que houve um aumento significativo da adesão para os sistemas Scotchbond Multi Uso, XR Bond e Syntac quando comparados ao controle (Scotchbond 2). As razões para esses resultados estão associadas às mudanças na qualidade dos adesivos que apresentam "primers" hidrófilos que são capazes de penetrar mais facilmente na dentina condicionada e, após polimerizados, produzem uma camada de

dentina reforçada com resina, tornando a adesão mais confiável e duradoura.

Com o propósito de medir e comparar os valores de resistência ao cisalhamento de adesivos dentinários hidrófilos aplicados a dentina úmida ou seca, CHARLTON & BEATTY,<sup>9</sup> em 1994, utilizaram superfícies dentinárias secadas com jatos de ar por 10 segundos ou por gazes que deixaram as mesmas visivelmente úmidas para a adesão dos sistemas Scotchbond Multi Uso e Optibond. Cilindros de resina foram confeccionados sobre a área adesiva e as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento após um período de 48h de armazenamento, seguido de termociclagem. Não houve diferença significativa entre a resistência adesiva dos sistemas Optibond e Scotchbond Multi Uso, quando aplicados à dentina seca ou úmida. A boa atuação dos adesivos dentinários ao substrato úmido tem sido atribuída à presença de solventes orgânicos em suas composições. Contudo, os sistemas Scotchbond Multi Uso e Optibond apresentam água ao invés de acetona. Com isso, os altos valores de adesão desses sistemas ao substrato úmido e seco se devem à alta hidrofilia de seus monômeros e à capacidade de reumedecimento da dentina ressecada respectivamente, e ainda o "primer" auto condicionante do Optibond que o torna menos susceptível às variações de umidade do substrato.

Com o propósito de investigar os efeitos do reumedecimento da dentina condicionada após sua secagem com ar, na resistência da interface adesiva e

determinar a contribuição do colágeno exposto na adesão, GWINNETT,<sup>23</sup> em 1994, submeteu a superfície dentinária de terceiros molares a diferentes tratamentos divididos em 12 grupos: G1- controle- dentina levemente secada por bolinha de algodão; G2 & G3- dentina secada por jatos de ar durante 10 e 30 segundos respectivamente; G4 & G5- dentina secada por jatos de ar durante 10 e 30 segundos respectivamente e imediatamente reumedecida por uma bolinha de algodão úmida aplicada por 5 segundos, ficando o substrato visivelmente úmido; G6- aplicação do hipoclorito de sódio a 5% por 2 minutos; G7- Controle- a "smear layer" foi secada e o "primer" foi aplicado; G8 & G9- a dentina foi secada por jatos de ar durante 10 segundos e no G9 foi reumedecida como descrito acima; G10- dentina tratada com hipoclorito de sódio a 5% por 2 minutos; G11 & G12- dentina submetida ao jato de bicarbonato de sódio para remover a "smear layer", e ainda, no G12 foi aplicado o hipoclorito de sódio. Do grupo 1 ao 6 foi realizado o condicionamento com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos antes dos métodos de secagem da dentina, do grupo 7 ao 12 esse pré-tratamento não foi realizado. Após esses procedimentos, o adesivo All Bond 2 foi aplicado, e cilindros de resina composta Bisfil foram confeccionados. As amostras foram armazenadas por 24 h em água a 37°C antes do teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados mostraram que nos grupos em que a dentina foi condicionada com ácido, os valores de adesão do substrato ressecado e reumedecido

(G4-25,38 MPa e G5-24,66 MPa) não apresentaram diferenças estatísticas significativas para grupo em que a dentina condicionada permaneceu úmida (G1-24,20 MPa). Os valores de adesão à dentina ressecada (G2-19,83 MPa e G3-11,56 MPa) foram menores do que o grupo controle (G1), o valor de adesão à dentina sem colágeno em que foi utilizado o hipoclorito de sódio (G6-25,97 MPa) não mostrou diferença estatística significativa para grupo controle (G1). Os valores derivados dos grupos que não foram condicionados e tiveram a dentina ressecada (G8-14,62MPa) foram menores do que o grupo controle úmido (G7-21,74MPa) mesmo após o reumedecimento (G9-16,95MPa). Não houve diferença estatística significativa dos grupos G11(18,78 MPa) e G12(19,87MPa) para o grupo controle (G7). O autor concluiu que a camada superficial de colágeno por si só não contribuiu com a resistência adesiva enquanto sua integridade morfológica e seu estado úmido são muito importantes para a difusão do adesivo em toda a dentina desmineralizada. O colágeno ressecado e colapsado perde as porosidades e os canais de difusão dos monômeros, contudo, o estado original dessas fibras é restaurado com o reumedecimento da dentina mesmo após uma secagem agressiva da mesma.

Investigando a relação entre a molhabilidade ou capacidade de penetração dos sistemas adesivos com seus diferentes parâmetros de solubilidade e a espessura da camada híbrida com a resistência ao cisalhamento, FINGER; INQUE; ASMUSSEN,<sup>16</sup>

em 1994, utilizaram cinco sistemas adesivos com diferentes parâmetros de solubilidade( $\delta$ ). Gluma 2000 ( $\delta=32,5$ )-monômero fotoativado misturado em água e etanol, Gluma 3 "primer"( $\delta=38,0$ )- solução aquosa de HEMA e glutaraldeído, H35-experimental-( $\delta=39,4$ )- solução aquosa de HEMA, HT1-experimental( $\delta=24,8$ )- solução aquosa de HEMA e TEGDMA, Gluma 4 "sealer"( $\delta=20,3$ )- mistura de Bis-GMA e TEGDMA, na dentina condicionada por ácidos com diferentes pH-1,25, 3,6 ou 7,4 durante 30 segundos. Após a realização desses procedimentos, cilindros com o compósito Pekafill foram confeccionados e as amostras foram armazenadas em água por 24 horas antes do teste de resistência ao cisalhamento. Para a determinação da profundidade de penetração dos adesivos, amostras foram confeccionadas para a visualização em MEV. Os resultados mostraram que não houve diferenças estatísticas significativas na resistência ao cisalhamento da dentina tratada com os 3 diferentes condicionadores ácidos, contudo, só houve a formação da camada híbrida com espessuras de 1 a 4  $\mu\text{m}$  quando adesivos com alta solubilidade e ácidos com pH baixo foram utilizados. Os autores concluíram que a resistência adesiva independe da espessura da camada híbrida que é determinada pelo grau de descalcificação da dentina, função do pH do condicionador, e pela capacidade do monômero resinoso de infiltrar nesse substrato condicionado, o que depende do seu parâmetro de solubilidade.

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos agentes adesivos na superfície e subsuperfície dentinária, TITLEY et al.,<sup>81</sup> em 1994, prepararam espécimes para observação em MEV, utilizando as superfícies vestibular e lingual de molares humanos e incisivos bovinos, em que cavidades classe V foram preparadas e submetidas ao condicionamento com ácido fosfórico a 35, 32 e 10%, ou ácido maleico a 2,5% e aplicação dos adesivos All bond, Scotchbond 2 ou All Bond 2 nas superfícies secadas com ar ou mantidas úmidas. Os resultados mostraram não haver diferenças aparentes na "smear layer" formada em dentes bovinos e dentes humanos. As amostras condicionadas e secadas com ar mostraram uma rede de fibras colágenas colapsadas e condensadas, dificultando a penetração dos monômeros, contudo, foi observado que os adesivos à base de HEMA minimizaram o colapso dessas fibras. Uma adesão satisfatória foi conseguida quando o substrato se manteve úmido, e com isso a integridade das fibras facilitou a penetração do adesivo hidrófilo na dentina desmineralizada, resultando na formação da camada híbrida. Os autores concluíram que os agentes utilizados produziram várias mudanças na superfície e subsuperfície da dentina, resultando em uma zona desmineralizada com exposição do colágeno. Essas mudanças provavelmente facilitaram a penetração do adesivo na dentina alterada, porém valores mais altos de adesão são esperados quando a superfície dentinária é mantida úmida após seu condicionamento.

Com o propósito de avaliar a influência de diferentes graus de mineralização do substrato dentinário na resistência ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos e de indentificar os verdadeiros papéis dos componentes orgânicos e inorgânicos da dentina na adesão, PERDIGÃO et al.,<sup>57</sup> em 1994, utilizaram as superfícies dentinárias de 120 molares divididos em três grupos. No grupo 1, os dentes foram imersos em uma solução remineralizadora, no grupo 2, os dentes foram imersos em uma solução desmineralizadora e no grupo 3, a dentina foi mantida em água destilada. Os sistemas adesivos All Bond 2, Amalgambond, Prisma Universal Bond 3 ou Scotchbond Multi Uso foram aplicados às superfícies, e cilindros de resina composta Z-100 foram confeccionados na área adesiva. Após 7 dias de armazenamento em água destilada, as amostras foram submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento. Os resultados obtidos revelaram que maiores valores de adesão foram observados para a dentina sadia, quando comparados com a dentina desmineralizada e hipermineralizada. Os autores concluíram que os baixos valores obtidos para a dentina desmineralizada sugerem que a retenção micromecânica é mais importante do que a união química com o colágeno para a adesão, e o decréscimo na adesão obtido pela dentina hipermineralizada sugere que a obliteração total ou parcial dos túbulos e da dentina intertubular pela deposição de minerais previne um adequado condicionamento ácido e subsequente penetração do adesivo no substrato.

A partir do objetivo de investigar a função da camada híbrida e os efeitos da dissolução do colágeno após o condicionamento com ácido, na durabilidade e força de adesão, UNO & FINGER,<sup>83</sup> em 1995, dividiram molares humanos em três grupos. O grupo 1 serviu para controle, a dentina foi condicionada com ácido fosfórico gel a 37% por 30 segundos, lavada com jatos de água e gentilmente secada com ar. Foi aplicado o "primer" Gluma 3 e o adesivo Gluma 4 "Sealer". Foram realizados os mesmos procedimentos no grupo 2, porém foi aplicado o hipoclorito de sódio a 10% após o condicionamento ácido, para a remoção do colágeno. Para o último grupo, ao invés do uso do ácido em gel, foi utilizada uma solução aquosa de ácido fosfórico, e o restante dos tratamentos foi idêntico ao segundo grupo. Após os procedimentos adesivos, cilindros de resina Pekafile foram confeccionados para a realização do teste de resistência ao cisalhamento. Amostras também foram confeccionadas para a visualização da presença ou não das fibras colágenas em MEV e para observar a influência da dissolução do colágeno através da presença de fendas marginais. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre os grupos no teste de resistência ao cisalhamento. As fibras colágenas foram totalmente dissolvidas com o uso do hipoclorito de sódio, e a infiltração do adesivo foi facilitada pela maior rugosidade e molhabilidade da superfície dentinária, confirmando as informações previamente publicadas de que a camada híbrida não tem um efeito

positivo em termos de força de adesão. Contudo, uma melhor qualidade das margens das restaurações foi obtida quando a camada híbrida estava presente. Os autores concluíram que essa camada hibridizada funciona como uma zona absorvedora de estresse capaz de minimizar as forças de contração de polimerização das resinas, impedindo a formação de fendas na interface dente/material restaurador, aumentando a longevidade e durabilidade das restaurações.

MIERS; CHARTON; HERMESCH,<sup>43</sup> em 1995, avaliaram a influência da umidade dentinária e do tempo de armazenamento na adesão do Scotchbond Multi Uso à dentina. As superfícies dentinárias foram condicionadas com ácido maleico a 10% por 15 segundos, lavadas e secadas com jatos de ar por 10 segundos em metade das amostras, e na outra metade o excesso de água foi levemente removido por um pedaço de gaze, permanecendo úmida. O sistema Scotchbond Multi Uso foi aplicado de acordo com instruções dos fabricantes, e cilindros de resina Z-100 foram confeccionados. Antes do teste de resistência ao cisalhamento, as amostras permaneceram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas ou 90 dias. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre os grupos de dentina seca e úmida e entre os dois períodos de armazenamento. De acordo com os resultados desse estudo, os autores concluíram que o sistema adesivo Scotchbond Multi Uso apresentou valores altos de adesão quando aplicado à dentina ressecada e à

dentina úmida, por conter água na sua composição, capaz de hidratar e reexpandir a rede de fibras colágenas e também por possuir monômeros altamente hidrófilos com muita afinidade pela umidade.

SWIFT; PERDIGÃO; HEYMANN,<sup>71</sup> 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, profundidade de descalcificação e integridade das fibras colágenas e também de fatores inerentes ao adesivo como: viscosidade, hidrofilia e molhabilidade. Os autores concluíram que, quando a dentina desmineralizada não é completamente infiltrada pelos monômeros resinosos devido aos fatores supra citados, uma zona de colágeno é exposta, mas não encapsulada pelo agente resinoso, tornando-se um elo fraco na adesão pela diminuição da resistência da interface e deterioração das margens devido à hidrólise dos peptídeos dessas fibras.

Para avaliar o padrão de microinfiltração dentro da camada híbrida formada nas margens em dentina íntegras, SANO et al.,<sup>64</sup> em 1995, utilizaram o compósito Silux e os sistemas adesivos All Bond 2, Superbond C & B, Scotchbond Multi Uso, Clearfil Liner Bond e o sistema experimental KB 2000 em restaurações classe V vestibulares

que foram imersas em solução de nitrato de prata por 24 horas. A análise em MEV mostrou que não houve penetração do corante em nenhuma das margens em esmalte testadas, a penetração dos íons de prata foi observada 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. Essa infiltração foi denominada nanoinfiltração.

Para testar a hipótese de que a dentina desmineralizada infiltrada por resina tem a mesma resistência da dentina mineralizada, SANO et al.,<sup>65</sup> em 1995, mediram as propriedades de resistência à tração da dentina mineralizada (G1), desmineralizada (G2) e da dentina desmineralizada infiltrada por resina (G3). 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 indicados de cada sistema. Os resultados obtidos com o teste de resistência à tração mostraram que quando a dentina é desmineralizada pela ação de ácidos, sua resistência e rigidez diminuem drasticamente quando comparada à dentina mineralizada. Contudo, após a infiltração da resina, a resistência à tração desse substrato é restaurada e, em alguns casos, até ultrapassa os valores da dentina mineralizada. Os autores concluíram que a contribuição do colágeno e da resina na restauração da resistência total da dentina

infiltrada vai depender da resistência e do volume de cada componente. O colágeno contribui pouco para esse fato, uma vez que o seu volume não é alterado pelo condicionamento ácido. O aumento da resistência total da dentina é principalmente causado pelo adesivo que deve apresentar uma boa resistência coesiva entre suas moléculas, difusibilidade para que seu volume 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 certamente seria o elo mais fraco na adesão.

Para identificar a localização real das porosidades nanométricas dentro da camada híbrida formada por adesivos dentinários, SANO et al.,<sup>66</sup> em 1995, confeccionaram discos em dentina que foram condicionados para posterior aplicação dos sistemas All Bond 2 ou Clearfil Liner Bond. Parte das amostras foi corada com nitrato de prata e o restante não (controle). Através da análise em MEV e MET os autores observaram que houve acúmulo de partículas de prata dentro da camada híbrida caracterizando a nanoinfiltração. No sistema All Bond 2 o acúmulo de partículas de prata foi observado em toda a espessura da camada híbrida, provavelmente devido à incapacidade desse sistema de envolver completamente as fibras colágenas através da reposição da água do substrato por resina ou devido a falhas ocorridas durante a contração de polimerização. Já no sistema Clearfil Liner

Bond esse acúmulo se deu na dentina intertubular em uma região abaixo da camada híbrida, em consequência da incompleta penetração do adesivo no substrato desmineralizado. Através desse estudo foi possível observar a presença de um colágeno não encapsulado pelo agente resinoso e susceptível à hidrólise, constituindo um elo fraco na adesão.

Sabendo que a morfologia e a estabilidade da dentina condicionada são importantes no aumento dos valores de adesão e na integridade da união, KINNEY et al.,<sup>38</sup> em 1995, observaram através de um microscópio de força atômica e de um microscópio de tomografia de raio-x, as mudanças dimensionais da dentina humana durante sua desmineralização e a densidade da distribuição de minerais em diferentes tempos de condicionamento. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que a morfologia da dentina desmineralizada foi muito pouco mudada quando esta foi mantida totalmente hidratada, confirmando os resultados obtidos na adesão ao substrato úmido, e que, à medida que a desmineralização procede, três zonas se tornam aparentes, sendo que a primeira zona é formada por colágeno da dentina totalmente desmineralizada, a segunda é uma zona de dentina parcialmente desmineralizada e a terceira é uma zona de dentina normal, mineralizada. A presença de uma zona de dentina parcialmente mineralizada é causada pelos diferentes padrões de desmineralização da dentina peri e intertubular, contudo mais estudos devem ser

realizados para determinar o seu papel na adesão.

BURKE & Mc CAUGHEY,<sup>5</sup> em uma revisão realizada em 1995, relataram as gerações de adesivos dentinários. O mecanismo de ação dos adesivos de primeira geração era baseado na união química entre os grupos fosfatos do adesivo com o cálcio da dentina, o que gerava baixos valores de resistência adesiva, a qual decrescia pela metade após um período de cinco meses, pois a ligação entre o fosfato e o monômero era facilmente hidrolizada. Na segunda geração a hidroxiapatita da dentina continuava a ser usada para adesão. Esses sistemas adesivos utilizavam predominantemente ésteres halofosfóricos de Bis-GMA como na composição do Scotchbond e do Prisma Universal Bond ou poliuretanos como na composição do Dentin Adhesit que proporcionavam maiores valores do que a geração anterior, porém variavam muito. A modificação da dentina através do uso de uma solução ou uma série de soluções, era preconizada pelos adesivos de terceira geração (Gluma, Mirage Bond Scotchbond 2), porém a ausência de um "primer" com capacidade de penetrar completamente na dentina alterada e úmida fazia com que a infiltração do adesivo fosse limitada, havendo a formação de uma camada híbrida pouco espessa proporcionando aos adesivos uma performance clínica melhor do que as gerações passadas. Apesar de não preencher todos os requisitos necessários para uma boa adesão, os adesivos de quarta geração possuem características desejáveis como mínima sensibilidade técnica,

resistência adesiva similar ao esmalte e à dentina, melhor performance quando aplicado à superfície úmida e integridade marginal. O desenvolvimento desses sistemas só foi possível devido ao maior conhecimento do substrato dentinário, da sua composição e permeabilidade que levaram a formulações de adesivos mais hidrófilos, à base de solventes orgânicos, com maior capacidade de molhabilidade e penetração no substrato condicionado.

Com o propósito de investigar o efeito da pressão hidrostática pulpar na difusão de monômeros através da dentina *in vitro*, GERZINA E HUME,<sup>19</sup> em 1995, confeccionaram cavidades cilíndricas na superfície oclusal de molares conectados a um aparato simulando a pressão pulpar de 11,1 mmHg e 26,7 mmHg respectivamente em dois grupos. No terceiro grupo os dentes não foram submetidos a essa simulação. Após o condicionamento ácido, foi aplicado o sistema Scotchbond Multi Uso que contém o monômero HEMA na composição do seu "primer" e do seu adesivo, e as cavidades foram restauradas com o compósito Z-100, que é composto pelo monômero TEG-DMA. A infiltração desses dois monômeros na dentina foi avaliada sob as três condições de pressão hidrostática simuladas em vários intervalos de tempos. Através dos resultados obtidos, foi possível observar que a pressão intratubular positiva não preveniu a difusão do HEMA e do TEG-DMA na dentina, pois estes foram observados nas amostras de todos os grupos. A difusão desses monômeros ocorreu pelo

transporte passivo desses solutos para uma área menos concentrada, porém houve uma maior difusão do HEMA, uma vez que sua molécula, além de ser pequena e altamente hidrófila com grande afinidade pelo substrato úmido, estava presente tanto no "primer" quanto no adesivo, ao contrário do TEG-DMA que apresentou um menor gradiente de difusão por estar presente apenas no material restaurador.

NAKABAYASHI; WATANABE; IKEDA,<sup>48</sup> em 1995, investigaram e compararam a resistência à tração do monômero 4-META/MMA-TBB à dentina *in vivo* e *in vitro*. As superfícies dentinárias de pré-molares e molares foram condicionadas com a solução 10/3, lavadas com água e secadas com jatos de ar por 30 segundos, seguidos da aplicação da pasta resinosa composta com 4-META/MMA-TBB. Os dentes confeccionados *in vivo* foram imediatamente extraídas após realização dos procedimentos adesivos. Todas os espécimes foram armazenadas em água destilada a 37°C por 24 horas antes do teste de resistência à tração e da visualização em MEV e MET. Não houve diferença estatística significativa entre a espessura e a qualidade da camada híbrida formada em pré-molares e molares tanto *in vivo* quanto *in vitro* e também nos valores de resistência à tração. Foi ainda observado o encapsulamento da hidroxiapatita parcialmente desmineralizada na região basal da camada híbrida, e também a hibridização lateral das paredes dos túbulos, que contribuiu positivamente na resistência e na durabilidade da adesão.

Com o objetivo de observar através do MEV a interface resina/dentina produzida *in vivo*, WALSHAW & McCOMB,<sup>95</sup> em 1995, utilizaram os sistemas adesivos Scotchbond Multi Uso, All Bond 2 e Prisma Universal Bond 3 em cavidades classe V realizadas na face vestibular de pré-molares, em que a dentina e o esmalte foram condicionados pelos respectivos ácidos de cada sistema, menos para o Prisma Universal Bond 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 remoção da "smear layer", devido à aplicação de ácidos, facilitou a penetração do adesivo na dentina desmineralizada *in vivo* para os sistemas Scotchbond Multi Uso e All Bond 2, porém isso não foi observado para o sistema Prisma Universal Bond 3, pois a camada de "smear" não removida funcionou como uma barreira à penetração do adesivo. A espessura da camada híbrida dos sistemas que condicionaram a dentina variou entre 2 a 5 µm, apresentando uma densidade maior de adesivo na sua região mais externa e uma incompleta penetração deste nas áreas mais internas. Esse aspecto obtido *in vivo* é semelhante ao apresentado *in vitro*. Foi observada também a presença de paredes hibridizadas dos túbulos pela penetração lateral do adesivo na dentina peritubular condicionada. As autoras concluíram que esses fatores são muito importantes para a

adesão, mas eles ainda variam muito o que torna a união com a dentina pouco predizível.

PRATI et al.,<sup>59</sup> em 1995, avaliaram a resistência ao cisalhamento dos sistemas adesivos All Bond 2, Clearfil Liner Bond, Scotchbond Multi Uso e XR Bond à dentina com diferentes condições de pressão pulpar, espessura e permeabilidade. Após a obtenção dos resultados, foi possível observar que o condicionamento ácido da dentina aumentou sua permeabilidade, que em contrapartida decresceu com o aumento da espessura desse substrato. Não foi observada uma correlação significativa entre resistência adesiva, permeabilidade, umidade e espessura dentinária para todos os adesivos avaliados, menos para o XR Bond, que foi afetado negativamente pelo aumento da permeabilidade. Isso significa que os sistemas que contêm monômeros hidrófilos e solventes orgânicos são menos influenciados pelas condições dentinárias, obtendo valores de adesão satisfatórios mesmo na presença de condições adversas.

Através da análise em MEV e de testes de resistência à tração YOSHIMA et al.,<sup>98</sup> 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 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 a

maior rapidez de desmineralização desse substrato, pois é menos mineralizado, associado a sua maior quantidade de túbulos por área contendo, canais acessórios em que uma difusão lateral ocorreu em adição à penetração vertical do adesivo. A camada híbrida formada na dentina não condicionada apresentou uma espessura mínima de 0,5  $\mu\text{m}$  nas duas profundidades de desgaste. Mesmo assim, os valores de resistência à tração desses adesivos à dentina superficial não condicionada não foram estatisticamente diferentes dos valores obtidos com a dentina condicionada, o que comprova que a espessura da camada híbrida não é fundamental para a adesão.

Para determinar se a resistência adesiva dos "primers" à base de HEMA é afetada pela presença da água ou da acetona no seu conteúdo ou pelo aumento do tempo de aplicação e se o grau de conversão dos adesivos é prejudicado pela contaminação da água, JACOBSEN & SÖDERHOLM,<sup>32</sup> em 1995, utilizaram superfícies dentinárias bovinas que foram condicionadas com ácido fosfórico a 10% por 30 segundos, lavadas e secadas com papel absorvente. Foram aplicadas soluções de HEMA com acetona ou de HEMA com água durante 30 ou 120 segundos nas superfícies condicionadas, seguidas de um leve jato de ar por 3 segundos, para posterior aplicação de um adesivo contendo HEMA e Bis-GMA. Confeccionaram-se cilindros de resina P-50 sobre a área adesiva e o teste de resistência ao cisalhamento foi realizado depois de 30 dias. Os resultados mostraram que os grupos dos "primers" à base de acetona

apresentaram maiores valores de adesão do que os "primers" à base de água, cujos valores de adesão aumentaram com o aumento do tempo de aplicação, contudo, esses resultados ainda foram menores aos da acetona. A polimerização do adesivo decresceu em 25% ou mais, quando mais de 0,2 mL de água foram incorporados à sua composição. Os autores concluíram que, apesar da umidade ser importante para a penetração de "primers", principalmente os que são à base de acetona, para a formação da camada híbrida a presença de excesso de água antes da aplicação do adesivo pode interferir no seu grau de polimerização, enfraquecendo a adesão.

Com o propósito de comparar a micromorfologia da camada híbrida formada pela aplicação de monômeros hidrófilos dissolvidos em acetona na dentina condicionada e úmida e na dentina condicionada e seca, TAY et al., em 1996,<sup>80</sup> utilizaram discos de dentina condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, e lavados com água destilada por 20 segundos. Em metade das amostras, o excesso de umidade foi removido da dentina com papel absorvente e na outra metade a dentina foi secada por jatos de ar durante 30 segundos. Os sistemas adesivos Aelitebond, à base de álcool, e o All Bond 2, à base de acetona, foram aplicados sobre essas superfícies, visualizadas em MEV e MET. Os resultados revelaram que nos grupos onde a dentina foi mantida úmida os canais entre as fibras colágenas permaneceram abertos, por isso houve uma boa infiltração do "primer" proporcionando a formação de uma camada híbrida com

aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  de espessura. Porém, nos grupos onde a dentina foi ressecada, esses canais colapsaram e a resina não conseguiu penetrar totalmente na superfície, formando três zonas distintas: uma zona superficial densamente infiltrada por resina, porém muito fina, uma zona de resina que infiltrou pelos canais laterais dos túbulos e uma zona intermediária chamada de "hibridóide", por apresentar defeitos devido à incompleta infiltração do adesivo. Os autores concluíram que as fibras colágenas da dentina desmineralizada colapsam quando submetidas ao ressecamento com o ar, formando uma camada de material amorfo que restringe a permeação da resina. Quando um "primer" à base de água é aplicado a essa superfície, temos uma expansão dessas fibras, restaurando os espaços interfibrilares. Contudo, quando "primers" a base de acetona são aplicados, essa expansão não ocorre, com isso o adesivo não consegue penetrar totalmente na dentina condicionada, formando uma camada híbrida muito fina e defeituosa. Sendo assim, é de extrema necessidade a manutenção do substrato úmido para a adesão dos sistemas à base de acetona.

Com a intenção de avaliar a influência da umidade do substrato na resistência ao cisalhamento de sistemas de adesivos dentinários, YOU & POWERS,<sup>99</sup> em 1996, utilizaram superfícies dentinárias mantidas secas, úmidas ou molhadas para a adesão dos sistemas Prime & Bond 2.0/TPH e Tenure/Tenure S. Após o ensaio de resistência ao cisalhamento foi possível observar que todas as amostras apresentaram valores

mais altos de adesão quando foram armazenadas por um período de 24 horas em comparação ao armazenamento por 1 hora. O sistema Prime & Bond 2.0 apresentou os melhores resultados quando aplicado à superfície úmida, e seus menores valores foram obtidos com a dentina seca. Já o sistema Tenure obteve os maiores resultados quando aplicado à dentina molhada. Os autores concluíram que a adesão desses sistemas foi afetada pela umidade do substrato.

A efetividade clínica de sistemas adesivos associados à técnica do condicionamento ácido total, após um período de 3 anos, foi avaliada por VAN MEERBEEK et al.,<sup>88</sup> em 1996. Foram selecionados pacientes que apresentavam dentes com lesões cervicais de erosão ou abrasão. As cavidades com margens só em dentina ou em dentina e esmalte foram restauradas pelos sistemas Clearfil Liner Bond/Clearfil Photo Anterior, Scotchbond Multi Uso/Silux Plus e por dois sistemas experimentais, de acordo com as instruções de seus fabricantes. A avaliação dessas restaurações foi feita logo em seguida a sua fotopolimerização e também após os períodos de 6 meses, 1, 2 e 3 anos, sendo que os critérios avaliados foram: integridade marginal, retenção, microinfiltração, recorrência de cárie, estética, comprometimento gengival e vitalidade do dente. Posteriormente a esse período de 3 anos de avaliação, foi possível concluir que os sistemas Clearfil Liner Bond e Scotchbond Multi Uso foram os que apresentaram os resultados mais positivos para todos os critérios

avaliados. Apesar dos adesivos terem demonstrado retenção satisfatória, nenhum dos dois sistemas garantiu margens livres de infiltração, tanto em dentina quanto em esmalte. Após um período maior de tempo, contudo, essa infiltração permaneceu superficial, não atingindo mais profundamente as restaurações. Os autores atribuíram a causa desse problema à grande contração de polimerização dos compósitos, porém eles salientaram que esses sistemas apresentaram uma excelente efetividade clínica.

A formação *in vivo* de prolongamentos de resina nos canais laterais dos túbulos, interconectando os "tags", foi proposta por FERRARI & DAVIDSON,<sup>15</sup> em 1996. Foram utilizadas superfícies dentinárias de dentes comprometidos periodontalmente para a aplicação dos sistemas Scotchbond Multi Uso/Z-100 na técnica de adesão úmida, e Clearfil Liner Bond 2/Photo Anterior cujo "primer" é auto-condicionante. Os dentes foram cuidadosamente extraídos e armazenados por até 2 semanas para avaliação em MEV. Alguns espécimes foram preparados para avaliar a presença de uma conexão de prolongamentos resinosos entre os túbulos. A análise *in vivo* revelou que a camada híbrida formada pelo Clearfil Liner Bond 2 foi menos espessa do que a formada pelo Scotchbond Multi Uso, o que não afetou sua efetividade. Os dois sistemas adesivos, provavelmente devido às boas características de infiltração, apresentaram a formação de prolongamentos resinosos laterais na primeira porção dos túbulos, interconectando os "tags". Os autores concluíram que, apesar do papel dos

"tags" na adesão ainda ser incerto e depender de diversas variáveis, a presença de prolongamentos laterais pode contribuir positivamente para a efetividade e durabilidade das restaurações.

Para determinar se a união à dentina sob condições clínicas é tão confiável quanto a união realizada em laboratório, MASON et al.,<sup>42</sup> em 1996, selecionaram pacientes que apresentavam dentes indicados para a extração por comprometimento periodontal, para a aplicação dos sistemas All bond 2, Clearfil Liner Bond, Optibond e Scotchbond Multi Uso dentro da técnica de adesão ao substrato úmido. Cilindros de resina composta foram confeccionados na interface adesiva e, após uma semana, os dentes foram cuidadosamente extraídos para serem submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. Os mesmos procedimentos de adesão foram realizados *in vitro*. Os maiores valores de adesão foram obtidos pelo sistema Scotchbond Multi Uso nas duas situações avaliadas, sendo que esses resultados foram levemente maiores *in vitro* do que *in vivo*, e o oposto foi verdadeiro para os outros adesivos. Não houve diferenças estatísticas significativas entre os resultados obtidos *in vivo* e *in vitro*, o que confirmou que as condições clínicas não interferem na adesão de monômeros hidrófilos e que os testes de adesão realizados em laboratório são confiáveis.

GWINNETT et al.,<sup>26</sup> em 1996, avaliaram a contribuição quantitativa da dentina hibridizada na adesão. Nesse estudo, foram utilizadas superfícies dentinárias de

molares condicionadas com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos e mantidas úmidas para a aplicação do sistema All Bond 2 ou condicionadas pela solução 10/3 e secadas por 3 segundos para a aplicação do sistema Amalgambond. Em metade das amostras foi utilizado colagenase a 0.1% por 6 horas após o condicionamento da dentina para a completa remoção do colágeno. Alguns espécimes foram preparados para a visualização em MEV e MET. Os resultados obtidos com o teste de resistência ao cisalhamento revelaram que a dentina úmida (All Bond 2) apresentou valores mais altos de adesão do que a dentina seca (Amalgambond) e que não houve diferença estatística entre os valores de adesão obtidos antes ou depois da remoção do colágeno para os dois sistemas estudados, o que suporta a idéia de que a zona de colágeno da dentina desmineralizada não tem um papel fundamental na adesão, uma vez que os monômeros são capazes de infiltrar as rugosidades da dentina causadas pela colagenase e promover uma união mecânica confiável mesmo na ausência da formação da camada híbrida. Contudo, mais estudos são necessários para avaliar o papel do colágeno na durabilidade das restaurações.

A influência da técnica da adesão ao substrato úmido na prevenção da microinfiltração foi estudada por SAUNDERS & SAUNDERS,<sup>67</sup> em 1996. Eles utilizaram cavidades oclusais para a aplicação dos sistemas dentinários Prime & Bond, Scotchbond Multi Uso Plus e Dentastic, após o condicionamento ácido, na dentina

mantida úmida pela leve secagem com jatos de ar por 2 segundos ou na dentina ressecada por jatos de ar por 30 segundos. As cavidades foram restauradas com a resina Z-100 e as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C por 2 semanas antes de serem submetidas à termociclagem e ao teste de microinfiltração. Os resultados mostraram que os sistemas testados falharam em prevenir a microinfiltração nas margens dentinárias das cavidades. Não houve diferença estatística significativa na microinfiltração ocorrida na interface adesiva do substrato úmido ou do seco, quando o sistema Scotchbond Multi Uso Plus foi utilizado, porém, a adesão ao substrato úmido favoreceu uma interface mais íntegra para os sistemas Prime & Bond e Dentastic, provavelmente devido à presença de acetona nas suas formulações que facilitou a infiltração desses monômeros na dentina condicionada úmida.

WALSHAW & McCOMB,<sup>94</sup> em 1996, investigando os fatores clínicos para uma ótima adesão à dentina, observaram ser necessário uma completa infiltração do "primer" dos sistemas adesivos na dentina condicionada. Essa penetração depende do grau de hidrofilia dos seus monômeros, 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 em diluição dos adesivos, separação de fases, formação de bolhas de ar e micelas resinosas que impedem 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 dessas fibras.

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 et al.,<sup>76</sup> em 1996, através do MEV. Foram utilizados discos de dentina condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, lavados com água por 20 segundos, para a aplicação do sistema All Bond 2 (com 17,4% de água na sua composição), sendo realizados três maneiras diferentes de secagem: no grupo 1, através de jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 20 centímetros; 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 sua superfície que ficou sobremolhada. Após a 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 a 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 boa adesão, contudo, o excesso de água pode ocasionar uma deterioração da mesma pela presença de defeitos na interface adesiva que podem dar início à propagação de fraturas e pelo incompleto selamento dos túbulos, responsável pelo aumento da microinfiltração marginal e sensibilidade pós-operatória.

No mesmo ano, TAY et al.,<sup>77</sup> realizaram um estudo similar para avaliar, através do MET, a influência do excesso de água na interface adesiva de um sistema adesivo 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 ácido. 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 bastante prejudicada na presença do excesso de água, pois esses solventes não conseguem removê-la totalmente, e com isso ela compete com os monômeros hidrófilos por espaço, diminuindo a densidade de penetração e polimerização desses agentes resinosos dentro das fibras colágenas, o que ocasiona a formação de glóbulos de resina e de grandes bolhas de ar que promovem uma deteriorização da adesão e do selamento marginal.

UNO & FINGER,<sup>85</sup> em 1996, avaliaram a relação entre o condicionamento da dentina com diferentes 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 através do microscópio o grau de desmineralização da dentina de acordo com o tipo e a concentração do ácido utilizado. O ácido fosfórico a 20% foi utilizado 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 a observação da profundidade de penetração dos monômeros. Os resultados mostraram que a

profundidade de desmineralização aumenta 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 pode enfraquecer a adesão.

MACIEL et al.<sup>39</sup> em 1996, avaliaram os efeitos da desidratação por vários métodos no aumento da rigidez da matriz de dentina humana descalcificada. Eles utilizaram pedaços retangulares de dentina (8x1,7x0,9mm) que foram descalcificadas por EDTA com pH 7,4 durante 5 dias e posteriormente submetidos à desidratação através da imersão na acetona, no etanol, no HEMA ou no glutaraldeído por 10, 30 e 60 minutos, sendo que as amostras entre esses sucessivos tratamentos retornavam à água para observar se as alterações na rigidez eram reversíveis. Os efeitos do ar também foram avaliados. A medida do módulo de elasticidade e rigidez das amostras foi realizada através do método do "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 de 20 a 38 vezes, sendo que esse aumento é revertido pelo reumedecimento das amostras. Apesar de todos os métodos de desidratação terem causado uma maior rigidez da dentina desmineralizada, eles

produziram diferentes efeitos no seu volume. Durante a secagem com o ar, as forças de tensão de superfície causam o colapso das fibras colágenas desmineralizadas decrescendo seu volume para 32,5% do volume 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 impermeáveis. Se um "primer" à base de água é aplicado, essa superfície é reumedecida e os espaços entre as fibras colágenas são reestruturados facilitando a penetração do adesivo, contudo, se um "primer" a base de acetona é aplicado, as fibras não são reexpandidas e formam uma barreira à difusão do adesivo, ocasionando baixos valores de adesão.

PASHLEY & CARVALHO,<sup>52</sup> em 1997, realizaram uma revisão onde foi enfocada a relação entre permeabilidade dentinária e resistência adesiva. Os autores observaram que a capacidade de penetração da resina na dentina descalcificada é de extrema importância para a adesão através da formação da camada híbrida, evitando a presença de uma zona de colágeno exposto não encapsulado que enfraquece e deteriora a adesão. Vários fatores são cruciais para essa completa hibridização, como o aumento da permeabilidade dentinária pela descalcificação e remoção da "smear layer", manutenção do substrato úmido, evitando o colapso das fibras colágenas e

ainda a utilização de um sistema adesivo com boa molhabilidade, composto por monômeros hidrófilos dissolvidos em solventes orgânicos que promovem a evaporação da água e sua substituição pelo agente resinoso. Uma adesão mais estável é conseguida através da formação de uma camada híbrida menos espessa e mais uniforme sem incorporação de porosidades e também pela formação de prolongamentos resinosos intimamente ligados às paredes dos túbulos através da hibridização da dentina peritubular. Foi ainda observado pelos autores que a água desempenha um papel fundamental na adesão, pois ela mantém o arcabouço das fibras colágenas intacto, preservando as porosidades interfibrilares para a infiltração do adesivo. Quando essa dentina é ressecada pelo ar, as fibras colapsam, promovendo uma redução das porosidades que são expandidas novamente, quando reidratadas por água. Quando um excesso de água permanece na superfície, ocorre a diluição e separação das fases do "primer", formando glóbulos de resina e bolhas de ar que são incorporados na interface adesiva. Devido às interferências físicas e químicas promovidas pela água na sua ausência ou presença em excesso, os autores concluíram que situações extremas de ressecamento e umidade devem ser evitadas para não causarem um decréscimo na adesão.

VARGAS; COBB; ARMSTRONG,<sup>93</sup> em 1997, avaliaram o efeito da camada híbrida na resistência ao cisalhamento da interface entre dentina e resina. Foram utilizados

os sistemas Scotchbond Multi Uso e All Bond 2 nas superfícies dentinárias de acordo com instruções dos seus fabricantes, sendo que em metade das amostras, após o condicionamento ácido, foi aplicada uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5% para a dissolução do colágeno exposto. Os resultados mostraram não haver diferenças estatísticas significativas na adesão do Scotchbond Multi Uso com ou sem a presença do colágeno, sendo que essa diferença foi observada para o sistema All Bond 2, em que os valores de adesão foram maiores quando o hipoclorito de sódio foi utilizado. Os autores concluíram que a remoção do colágeno seria um procedimento viável, pois eliminaria muitas variáveis que afetam a adesão, mantendo, ao mesmo tempo, altos valores de resistência adesiva, uma vez que a formação da camada híbrida não contribui significativamente com a força de união da interface.

A manutenção do substrato dentinário úmido é de extrema importância para a adesão, contudo o grau de umidade que deve permanecer nesse substrato após o condicionamento ácido era indefinido. Devido a isso, DE GÓES; PACHANE; GARCIA-GODOY,<sup>10</sup> em 1997, realizaram um estudo para avaliar a influência de diferentes métodos de secagem dentinária na resistência ao cisalhamento de um adesivo dentinário. Após a lavagem do ácido, 40 µL de água foram adicionados às superfícies dentinárias que foram divididas em 4 grupos. No grupo 1, a dentina foi secada por jatos de ar durante 3 segundos a uma distância de 2 cm da superfície; no grupo 2, a

superfície dentinária foi secada por um pedaço de papel absorvente; no grupo 3, o excesso de água foi removido utilizando um pincel aplicador por 5 segundos e no grupo 4 a dentina foi secada através da aplicação de uma bolinha de algodão. Posteriormente a esses tratamentos, duas camadas do sistema adesivo One-Step foram depositadas nas superfícies, e cilindros de resina Z-100 foram confeccionados para que as amostras fossem termocicladas e submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento. Com a obtenção dos resultados foi possível observar que os valores do grupo 1 foram menores, apresentando diferenças estatísticas significativas dos grupos 2, 3 e 4 que não diferiram entre si. Os autores concluíram que a secagem da dentina desmineralizada com jatos de ar por 3 segundos pode ter causado um colapso das fibras colágenas, formando uma barreira que dificulta a penetração do adesivo que, por ser à base de acetona, não foi capaz de promover o reumedecimento e expansão dessas fibras, ocasionando valores mais baixos de adesão.

XU et al.,<sup>97</sup> em 1997, observaram as interações que ocorrem entre o HEMA e o colágeno através do espectroscópio FT- Raman, investigando a hipótese de haver ligações químicas entre suas moléculas. Blocos de dentina pré-tratados com ácido nítrico foram imersos em 5 mL de HEMA por 30 minutos, seqüencialmente lavadas com água destilada e avaliadas após cada lavagem. Os resultados revelaram que o HEMA reage fisicamente e quimicamente com a porção de colágeno da matriz dentinária

através de fracas ligações do seu grupo funcional éster ou através de pontes de hidrogênio, porém o HEMA não é quimicamente absorvido na hidroxiapatita, sendo facilmente removido após duas lavagens.

TAY et al.,<sup>78</sup> em 1997, investigaram os efeitos do reumedecimento reversível e irreversível do colágeno na aplicação de um sistema adesivo de frasco único, sem água, à base de acetona. Os autores utilizaram discos de dentina condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, que foram divididos em 5 grupos. No grupo 1, controle positivo, a superfície foi deixada visivelmente úmida após a lavagem do ácido; no grupo 2, os discos dentinários foram secados com jatos de ar por 3 segundos a uma distância de 5 cm; no grupo 3, eles foram secados da mesma forma do grupo 2 para depois serem reumedecidos com água destilada; no grupo 4, controle negativo, os discos foram secados da mesma forma realizada para o grupo 2, sendo que posteriormente eles foram imersos em glutaraldeído a 8% por 15 minutos e no grupo 5, os discos de dentina foram tratados similarmente ao grupo 4, sendo reumedecidos em água destilada em seguida à fixação no glutaraldeído. Após esses procedimentos, o sistema adesivo One-Step foi aplicado a todas as superfícies, e os discos de cada grupo foram unidos em pares e preparados para visualização em MET. A análise revelou que os melhores padrões de infiltração resinosa ocorreram na dentina mantida úmida (Grupo 1) antes da aplicação do adesivo, em que os espaços entre as fibras

colágenas permaneceram abertos e também quando a dentina foi reumedecida pela água, promovendo a recuperação de parte da plasticidade das fibras colágenas, reexpandindo-as após seu colapso causado pelo ar. Pouca infiltração do adesivo ocorreu para os grupos em que a dentina foi ressecada.

TAY et al.,<sup>79</sup> em 1998, avaliaram a influência do conteúdo de água dos "primers" à base de acetona/álcool na ultraestrutura da interface adesiva. Discos de dentina foram condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos e divididos em três grupos. No grupo A, a superfície dentinária foi ressecada 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 um papel absorvente, permanecendo visivelmente úmidas. Três versões diferentes do sistema All Bond 2 foram utilizadas, em que o "primer" apresentava na sua composição ausência de água (Subgrupo 1) ou incorporação de 5% (Subgrupo 2) ou 17% (Subgrupo 3). Após a realização de todos esses procedimentos, as amostras foram analisadas em MEV. Os resultados obtidos revelaram que no grupo A 1, o "primer" sem água não conseguiu penetrar na dentina ressecada por causa das fibras colágenas que se encontravam colapsadas. Nos grupos B1, A2, C2 e B3 a infiltração do "primer" se limitou a aproximadamente 1µm, 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 foram mantidos pela água presente no substrato ou recuperados pelo reumedecimento do colágeno através do "primer" permitindo sua expansão e uma boa infiltração da resina. No grupo C3, foi observada uma hibridização associada à formação de glóbulos no interior dos túbulos e bolhas de ar na superfície da camada híbrida devido ao excesso de água contida no "primer" e na dentina. Os autores concluíram ser de suma importância a manutenção de uma umidade balanceada no substrato condicionado, uma vez que situações extremas como o seu ressecamento por ar e o excesso de água na sua superfície podem causar um decréscimo na adesão.

VAN MEERBEEK et al.,<sup>90</sup> em 1998, realizaram uma revisão da literatura, em que fatores como evolução, composição e indicação dos sistemas adesivos dentinários foram abordados. Foi observado que o principal mecanismo de união desses sistemas é a retenção mecânica, obtida pela formação da camada híbrida. Para que a hibridização ocorra, é necessário que haja um aumento da permeabilidade dentinária, causada pela remoção da "smear layer" e exposição dos espaços entre as fibras colágenas através do uso de condicionadores ácidos, para posterior infiltração dos "primers" que possuem monômeros hidrófilos e solventes orgânicos, que facilitam essa penetração. Os autores concluíram que a performance clínica dos adesivos depende da formação

homogênea dessa camada híbrida, pois a presença de defeitos no seu interior leva a uma redução da resistência adesiva e também à microinfiltração, ocasionando a perda das restaurações.

PRATI et al.,<sup>60</sup> em 1998 investigaram a resistência ao cisalhamento e visualizaram através do MEV a morfologia da interface adesiva formada pelos sistemas adesivos Clearfil Liner Bond 2, Clearfil KB1300 (experimental), Prime & Bond 2.0, Prime & Bond 2.1, Scotchbond Multi Uso Plus, Single Bond, Optibond e Syntac Single-Componente aplicados à dentina superficial e profunda. Os resultados obtidos revelaram que não houve nenhuma correlação estatisticamente significativa entre resistência adesiva e espessura da camada híbrida, uma vez que os adesivos auto-condicionantes produziram as camadas híbridas mais finas e os mais altos valores de adesão. Também não foi observada qualquer correlação entre a resistência adesiva e espessura remanescente de dentina, porém os valores de adesão foram levemente menores na dentina profunda. Os adesivos de frasco único produziram uma espessura de camada híbrida e valores de resistência similares aos apresentados pelos sistemas de múltiplos passos, uma vez que ambos utilizam monômeros hidrófilos e solventes orgânicos que facilitam a sua penetração na dentina condicionada. Apesar disso, os adesivos de frasco único formaram uma adesão mais consistente com menos porosidades e fendas provavelmente devido ao pequeno período de tempo por eles

utilizados entre o condicionamento e a adesão, prevenindo o colapso das fibras colágenas. Os autores concluíram que a adesão depende de vários fatores como a permeabilidade e umidade dentinária, sendo que a composição química dos adesivos tem fundamental importância na resistência e na morfologia da interface adesiva.

CARVALHO,<sup>7</sup> 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. A adesão à dentina 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, evitando o excesso de umidade, para que não ocorra uma separação de fases do agente resinoso, formação de micelas de resina e bolhas de ar que prejudicam a adesão; e ainda pela presença de monômeros hidrófilos e solventes orgânicos como a acetona que restaura a energia livre 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. O autor concluiu que, apesar da adesão à dentina ser mais confiável devido à evolução dos sistemas adesivos e dos conhecimentos atuais sobre morfologia e fisiologia do substrato dentinário, sua durabilidade ainda é questionada.

Com o objetivo de verificar os efeitos da remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único e observar a micromorfologia da dentina em MEV e lupa estereoscópica, SABOIA,<sup>62</sup> em 1998, aplicou os adesivos Prime & Bond 2.1 e Single Bond em superfícies dentinárias condicionadas com ácido fosfórico a 37% após a dissolução do colágeno com solução de hipoclorito de sódio a 10% por 1 minuto em metade das amostras. A visualização em MEV revelou haver diferenças micromorfológicas marcantes entre as condições experimentais testadas. Através do ensaio de resistência ao cisalhamento, foi possível observar que a desproteinização da dentina desmineralizada resultou na diminuição da força de adesão para o "primer" à base de água e um aumento desses valores para o "primer" à base de acetona, contudo, a indicação clínica do hipoclorito de sódio depende da realização de mais estudos, especialmente a verificação da microinfiltração após o envelhecimento dessas restaurações.

VAN MEERBEEK et al.,<sup>89</sup> em 1998, analisaram através do MET a interface adesiva

produzida por dois sistemas à base de água, quando aplicados ao substrato dentinário seco e úmido. Os adesivos Optibond e Scotchbond Multi Uso foram utilizados de acordo com as instruções dos fabricantes em superfícies de discos de dentina mantidas úmidas pela simples remoção do excesso de água com bolinhas de algodão e com rápidos jatos de ar, ou ressecadas pela aplicação de fortes jatos de ar por 5 ou 15 segundos após o condicionamento ácido. Os espécimes foram preparados para a visualização em MET, que revelou não haver uma grande diferença micromorfológica na interface formada com as várias condições testadas, comprovada pela formação de uma camada híbrida bem definida. Quando o adesivo foi aplicado ao substrato seco, não foram observadas evidências ultraestruturais da presença de um colágeno colapsado impedindo a infiltração completa do agente resinoso no aderente. Por outro lado, quando os sistema foram aplicados à dentina úmida não foi observado o fenômeno do sobremolhamento. Os autores hipotetizaram que a quantidade de água contida na solução do "primer" dos dois sistemas foi capaz de reidratar a trama de fibras colágenas, reexpandindo-as, favorecendo a adesão.

PASLHEY & NAKABAYASHI,<sup>53</sup> em um livro publicado em 1998 sobre a hibridização dos tecidos dentais duros, enfocaram vários aspectos relacionados com a adesão. Eles observaram que o mecanismo fundamental de união à dentina é a sua hibridização pela dissolução total ou parcial dos seus minerais e infiltração dos

monômeros, criando um entrelaçamento com o colágeno a nível molecular. A estrutura resultante não é dentina nem resina, mas uma mistura denominada camada híbrida que promove uma interface altamente resistente. Contudo, uma ótima hibridização vai depender de fatores inerentes ao substrato como permeabilidade, umidade e profundidade de descalcificação e ainda, de fatores inerentes ao adesivo como molhabilidade, viscosidade e hidrofília. A incompleta penetração do agente resinoso forma uma camada de colágeno exposto mas não encapsulado pelo adesivo, que promove um decréscimo da resistência e da durabilidade da união, por isso, esses fatores supra citados devem ser extremamente controlados. A dentina hibridizada permite a realização de tratamentos dentais que eram previamente impossíveis com as técnicas convencionais. Devido a isso, os autores concluíram que ela pode ser considerada como um material novo, avançado e multifuncional utilizado para uma grande variedade de propósitos.

### 3 - Materiais e Métodos

### 3- MATERIAIS E MÉTODOS

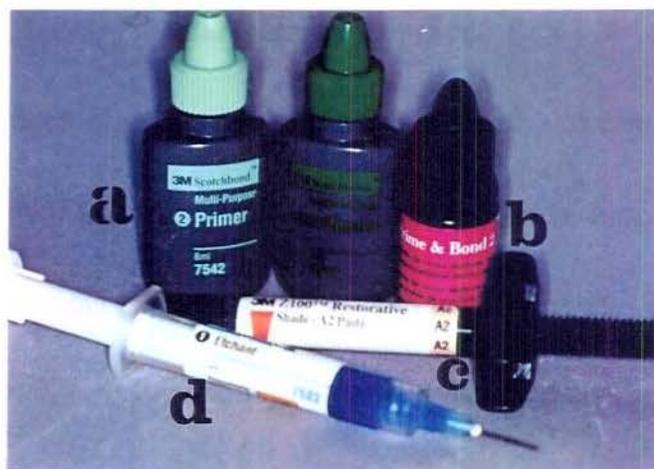
#### 3.1- MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram selecionados um compósito odontológico híbrido e dois sistemas adesivos dentinários encontrados no mercado nacional (figura 3.1). As marcas comerciais e suas respectivas composições químicas básicas, fabricantes e siglas estão descritas no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1-** Marca comercial, composição química básica, fabricante e sigla dos materiais utilizados no estudo.

MARCA COMERCIAL	COMPOSIÇÃO QUÍMICA	FABRICANTE	SIGLA
<b>Z-100</b>	Compósito híbrido com matriz inorgânica monomodal de sílica coloidal e zircônia e matriz orgânica de Bis-GMA e TEG-DMA	3M Produtos Dentais	Z-100
<b>SCOTCHBOND MULTI USO</b>	Primer- Solução aquosa de HEMA e copolímeros do ácido Polialquenoico.  Adesivo- Bis-GMA, HEMA e Fotoiniciador	3M Produtos Dentais	SBMU
<b>PRIME &amp; BOND 2.1</b>	PENTA, Resina (R-5-62-1), Resinas U e B, Acetona, Hidrofluoreto de Cetilamina, Iniciadores e Estabilizadores	Dentsply- Indústria e Comércio Ltda.	P & B 2.1

\*\*\* Manual Técnico fornecido pelos fabricantes- 3M e Dentsply



**Figura 3.1-** Materiais utilizados no estudo. a) Sistema Scotchbond Multi Uso; b) Sistema Prime & Bond 2.1; c) Compósito Z-100, d) Ácido fosfórico.

## 3.2- MÉTODO

### 3.2.1- DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Através de fragmentos dentais obtidos das superfícies vestibular, palatina ou lingual<sup>1,45,49,55,61</sup> de 105 terceiros molares humanos<sup>41,57</sup> hígidos e recém-extraídos, foram confeccionadas 210 unidades experimentais em dentina, em que o fator em estudo foi a influência da umidade dentinária na força de união de dois adesivos dentinários, avaliada através de diferentes maneiras de se secar a dentina, em que a variável experimental estudada foi a resistência às forças de cisalhamento.

### 3.2.2- SELEÇÃO, LIMPEZA E ARMAZENAMENTO

Após a extração, os elementos dentais foram armazenados em solução de formol

a 10%<sup>\* 41,61,68</sup> (pH 7,0), em temperatura ambiente. Em seguida, através do uso de curetas periodontais n<sup>o</sup> 13-14<sup>\*\*</sup> e de jatos de bicarbonato de sódio<sup>‡</sup> e água, realizou-se a raspagem e profilaxia dos dentes que, após esses procedimentos, foram armazenados em solução salina<sup>1,41,61</sup> a 0,9% por um período de, no máximo, 2 meses antes da realização do teste.<sup>1,41,49</sup>

### 3.2.3- OBTENÇÃO E EMBUTIMENTO DOS FRAGMENTOS DENTAIS

As porções coronárias de 105 terceiros molares superiores ou inferiores foram separadas das suas raízes 1mm abaixo da junção amelo-cementária através do uso de discos diamantados dupla face cortante<sup>‡‡</sup> em baixa rotação, sob abundante refrigeração com água/ar. Em seguida, as coroas foram seccionadas em duas partes no sentido méso-distal (figura 3.2), pelo mesmo processo, dando origem a 210 fragmentos dentais. Cada um desses fragmentos teve sua superfície em esmalte fixada em uma placa de vidro com auxílio de um adesivo vedante de silicone,<sup>§</sup> para facilitar a inclusão dos mesmos em resina de poliestireno<sup>‡</sup> vertida em anéis de tubo de PVC<sup>o</sup>, medindo 21mm de diâmetro por 20mm de altura, que foram posicionados e

\* Laboratório de Bioquímica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

\*\* Dental Duflex Ltda.

‡ Profi II, Dabi Atlante S.A. Ind. e Com. Ltda.

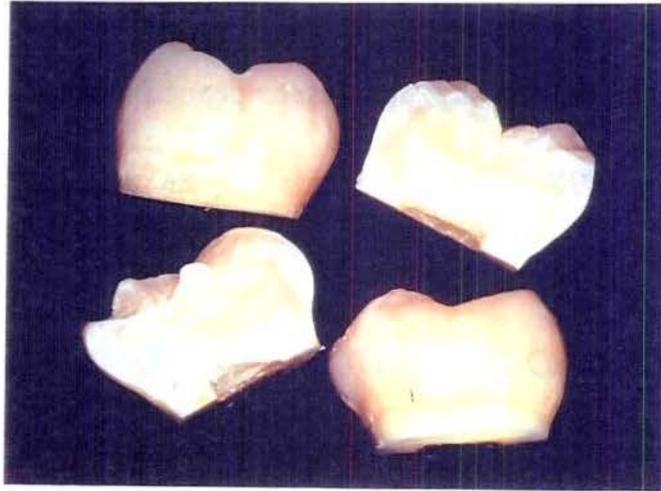
‡‡ K.G. Sorensen Ind. E Com. Ltda.

§ Flexite- Alba Química Ind. E Comércio Ltda.

‡ Itap Cromex S. A.

o Tigre S. A.

também fixados no vidro, de modo que os fragmentos dentais ficassem na sua região central.



**Figura 3.2-** Coroas dentais divididas no sentido méso-distal.

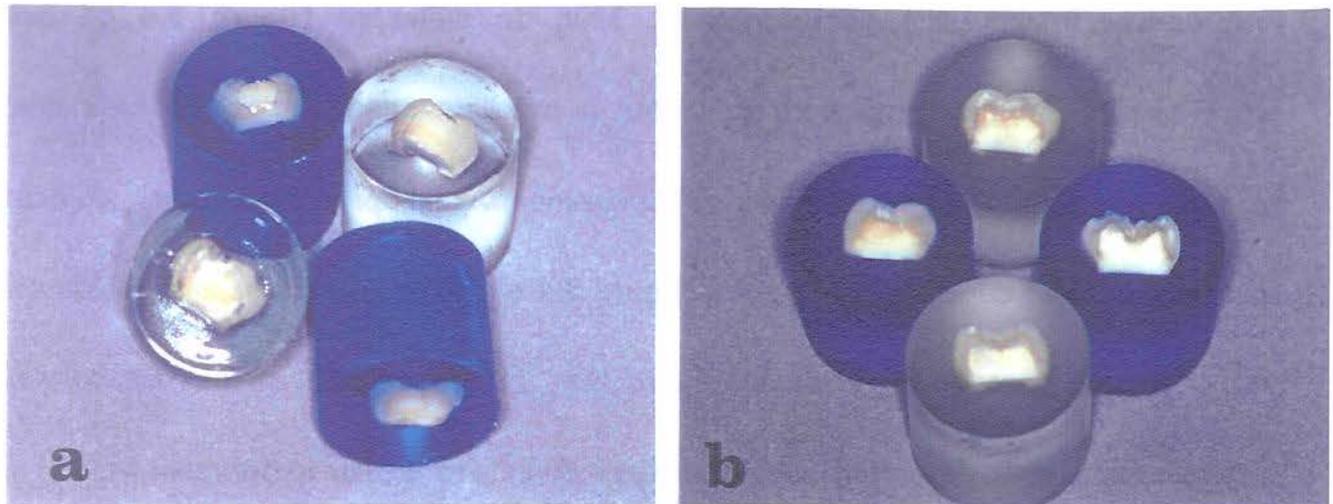
### **3.2.4- OBTENÇÃO DAS SUPERFÍCIES EM DENTINA**

Encerrada a polimerização, os blocos de resina de poliestireno foram removidos dos cilindros de PVC (figura 3.3 a) e as superfícies vestibulares, palatinas ou linguais, em esmalte, foram desgastadas com lixas de óxido de alumínio<sup>®</sup>, n<sup>os</sup> 200 e 320 até a exposição de uma área plana de dentina superficial<sup>6,74</sup>. (figura 3.3 b), em uma politriz<sup>↻</sup> elétrica giratória refrigerada a água. Em seguida, o acabamento final foi realizado da mesma forma, com lixas de óxido de alumínio n<sup>os</sup> 600 e 1000. Findo o acabamento, as superfícies planificadas foram lavadas com jatos de água destilada durante 15 segundos. Então, realizou-se a identificação das amostras para que elas fossem

---

<sup>®</sup> Carburundum abrasivos- Indústria Brasileira.  
<sup>↻</sup> Solotest-Maxigrind

distribuídas, através de sorteio, entre os grupos experimentais. Os espécimes ficaram armazenados em solução salina a 0,9% em temperatura ambiente até o início dos procedimentos restauradores.



**Figura 3.3-** a) Fragmentos dentais embutidos em resina de poliestireno;  
b) Obtenção das superfícies em dentina após o desgaste com lixas.

### **3.2.5- CONFECCÃO DOS CORPOS-DE-PROVA**

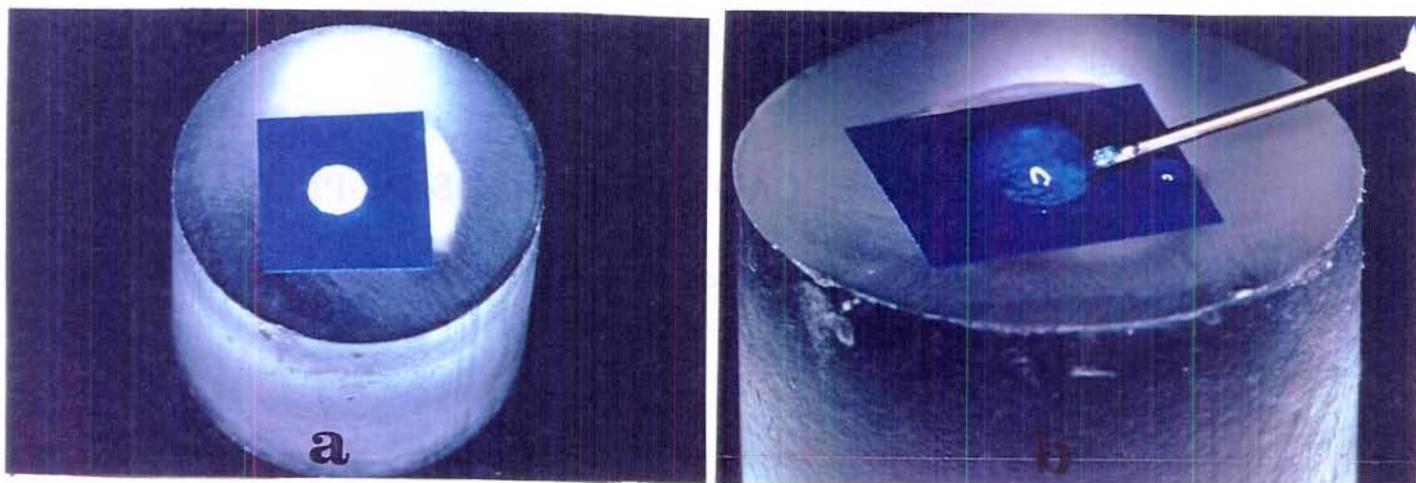
A seqüência de confecção dos corpos-de-prova também foi realizada de forma aleatória, através de sorteio.

Devido ao grande número de amostras, seria muito difícil confeccionar todos os corpos-de-prova no mesmo dia. Sabendo-se que isso poderia influenciar os resultados, decidiu-se confeccionar os mesmos em blocos experimentais.

Cada bloco foi formado por 14 amostras, com um corpo-de-prova representativo

de cada grupo experimental, perfazendo-se um total de 210 amostras, distribuídas em 15 blocos.

Antes da aplicação dos tratamentos superficiais, sobre a dentina foi colada uma fita adesiva<sup>Com Tac- Vulcan</sup> com uma perfuração de 3mm de diâmetro (figura 3.4 a). Esse procedimento foi realizado para delimitar a área de adesão.<sup>92</sup> Sobre essa área, realizou-se em todos os espécimes o condicionamento pela aplicação passiva<sup>84</sup> do ácido fosfórico a 35%<sup>3M - Dental Products</sup> durante 15 segundos (figura 3.4 b),<sup>17,27,30</sup> lavando-se em seguida com jatos de água durante 20 segundos. Feito isso, foi empregado um dos métodos de secagem dentinária, descritos a seguir, de acordo com os grupos experimentais.



**Figura 3.4-** a) Delimitação da área de união; b) Condicionamento ácido da dentina.

<sup>Com Tac- Vulcan</sup>  
<sup>3M - Dental Products</sup>

### 3.2.6- GRUPOS EXPERIMENTAIS

Foram confeccionados 14 grupos experimentais com 15 repetições cada, apresentados a seguir:

GRUPO 1- P&B 2.1 empregado na dentina secada por jatos de ar durante 30 segundos aplicados a uma distância de 1 cm<sup>37</sup> da superfície (figura 3.5.1 a).

GRUPO 2- SBMU empregado na dentina secada por jatos de ar durante 30 segundos aplicados a uma distância de 1 cm<sup>37</sup> da superfície.

GRUPO 3- P&B 2.1 empregado na dentina secada por jatos de ar durante 5 segundos aplicados a uma distância de 10 cm<sup>37</sup> da superfície. (figura 3.5.1 b).

GRUPO 4- SBMU empregado na dentina secada por jatos de ar durante 5 segundos aplicados a uma distância de 10 cm<sup>37</sup> da superfície.

GRUPO 5- P&B 2.1 empregado na dentina sobremolhada, em que nenhum método de secagem foi aplicado. (figura 3.5.1 c).

GRUPO 6- SBMU empregado na dentina sobremolhada, em que nenhum método de secagem foi aplicado.

GRUPO 7- P&B 2.1 empregado na dentina secada por uma bolinha de algodão\* hidrófilo seco aplicada delicadamente sobre a superfície durante 10 segundos. (figura 3.5.1 d).

---

\* Johnson & Johnson Indústria e Comércio Ltda.

GRUPO 8- SBMU empregado na dentina secada por uma bolinha de algodão hidrófilo seco aplicada suavemente sobre a superfície durante 10 segundos.

GRUPO 9- P&B 2.1 empregado na dentina secada por uma bolinha de algodão hidrófilo úmido aplicada suavemente sobre a superfície durante 10 segundos. (figura 3.5.2 e).

GRUPO 10- SBMU empregado na dentina secada por uma bolinha de algodão hidrófilo úmido aplicada suavemente sobre a superfície durante 10 segundos.

GRUPO 11- P&B 2.1 empregado na dentina secada por uma esponja -pincel tipo "microbrush" \*- aplicado suavemente sobre a superfície durante 10 segundos. (figura 3.5.2 f).

GRUPO 12- SBMU empregado na dentina secada por uma esponja- pincel tipo "microbrush"- aplicado suavemente sobre a superfície durante 10 segundos.

GRUPO 13 - P&B 2.1 empregado na dentina secada através de pedaços de filtro de papel absorvente<sup>§</sup> aplicados suavemente sobre a superfície durante 10 segundos. (figura 3.5.2 g).

GRUPO 14 - SBMU empregado na dentina secada através de pedaços de filtro de papel absorvente aplicados suavemente sobre a superfície durante 10 segundos.

---

<sup>§</sup> Filtro de papel Mellita S.A.

\* Dentisply - Indústria e Comércio Brasileiro

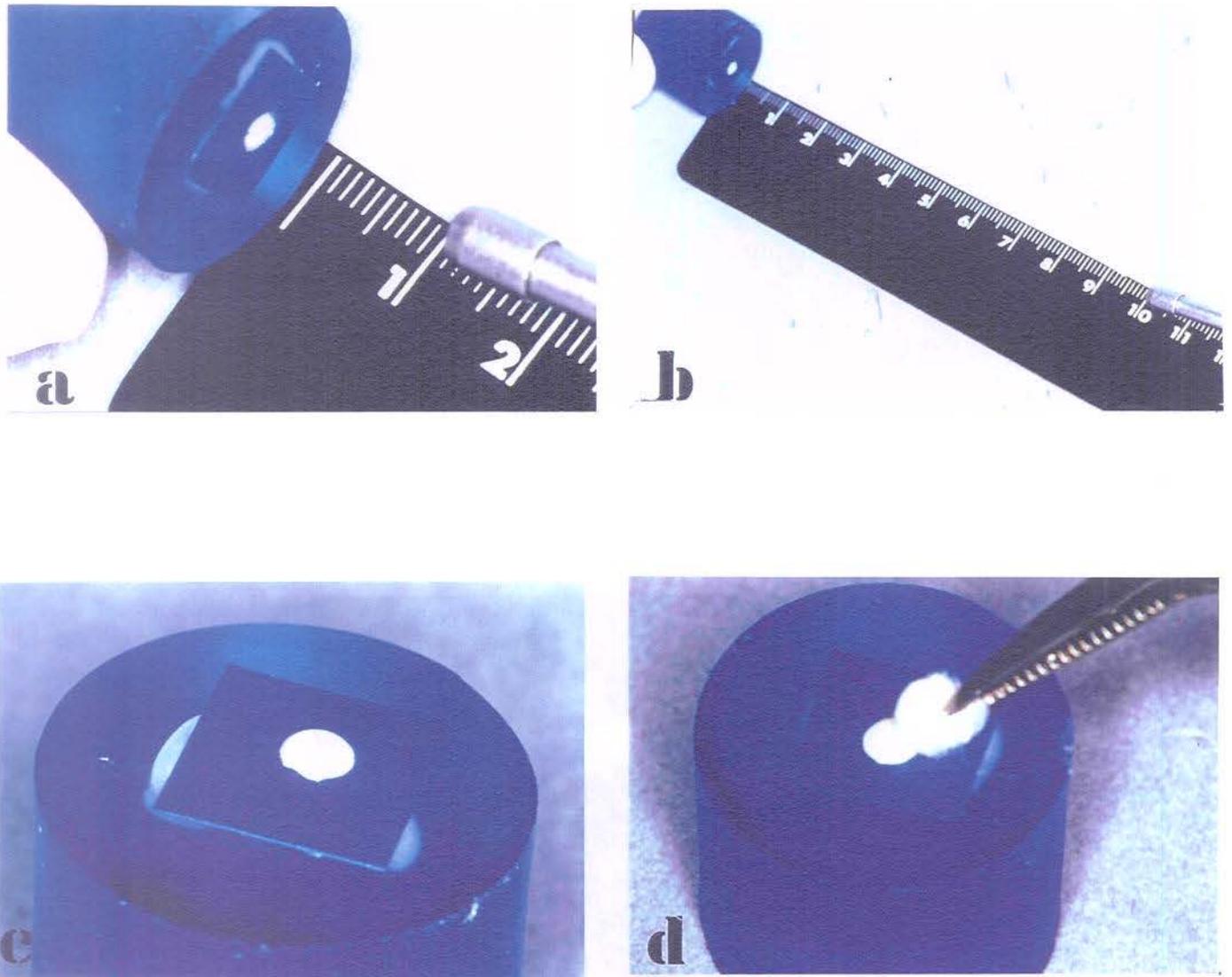
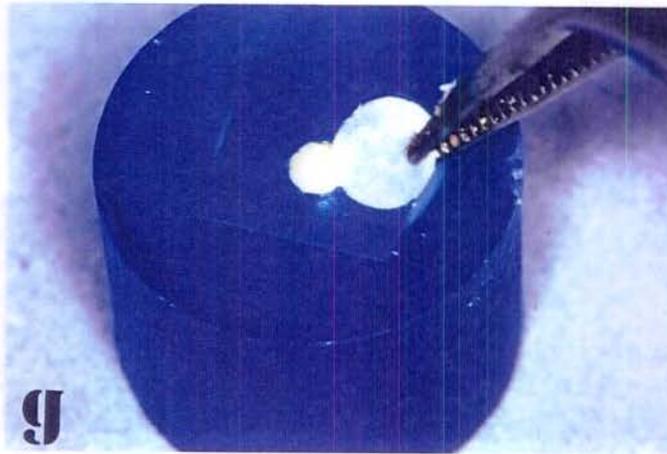
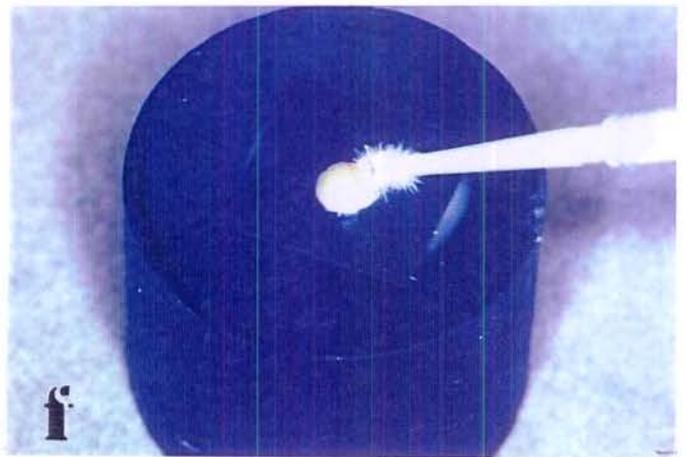
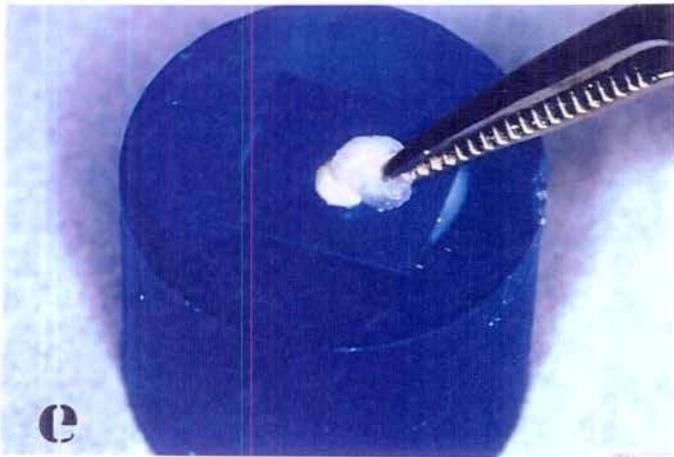


Figura 3.5- Métodos de secagem. 3.5.1- a) Jatos de ar por 30 segundos; b) Jatos de ar por 5 segundos; c) Sobremolhado; d) Algodão seco.

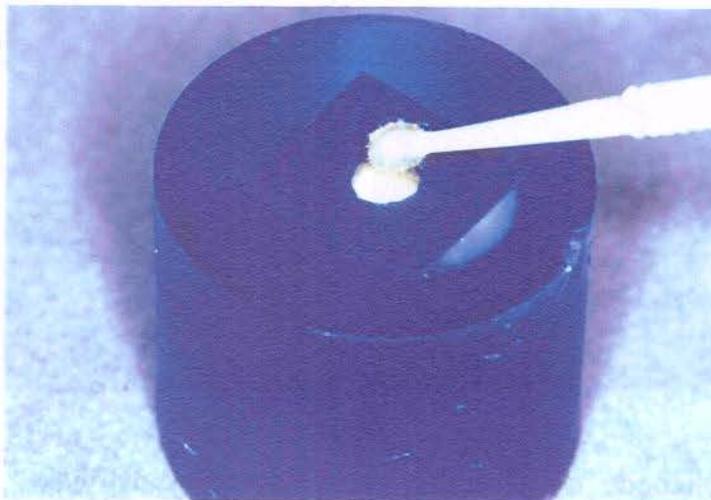


**Figura 3.5-** Métodos de secagem- 3.5.2- e) Algodão úmido; f) Esponja, g) Papel absorvente.

Após as técnicas de secagem, foram aplicados os sistemas adesivos nas superfícies dentinárias, de acordo com as instruções dos respectivos fabricantes.

### 3.2.7- PRIME & BOND 2.1

O sistema Prime & Bond 2.1, frasco único, foi aplicado uniformemente com pincel do tipo "microbrush" na área de adesão (figura 3.6), aguardaram-se 30 segundos e, em seguida, um leve jato de ar foi aplicado por 5 segundos a uma distância de 10 cm, para auxiliar na evaporação do solvente orgânico, o adesivo foi fotopolimerizado por 10 segundos, pelo aparelho fotopolimerizador XL 3000,<sup>\*</sup> para que mais uma camada<sup>72</sup> do adesivo fosse aplicada, seguindo a mesma operação com exceção do período de repouso de 30 segundos.

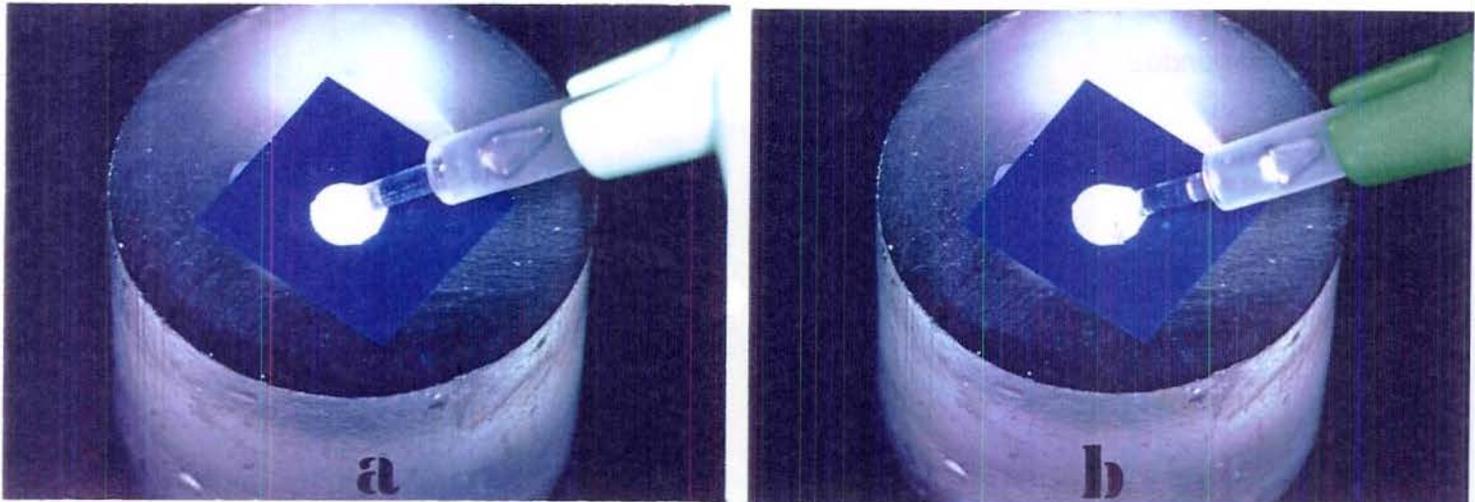


**Figura 3.6-** Aplicação do Sistema Prime & Bond 2.1.

<sup>\*</sup> 3M- Dental Products

### 3.2.8- SCOTCHBOND MULTI- USO

O "primer" desse sistema foi aplicado com pincel fornecido pelo fabricante em toda a área delimitada para adesão durante 5 segundos (figura 3.7 a) e posteriormente foi secado através de um leve jato de ar<sup>20</sup> por 5 segundos, aplicado a 10 cm de distância. Finda essa etapa, uma fina camada de resina fluida foi aplicada nessa área com um segundo pincel (figura 3.7 b) durante 5 segundos deixando uma camada uniforme de adesivo que posteriormente foi fotopolimerizado pelo aparelho XL 3000, durante 10 segundos, seguindo as recomendações do fabricante.



**Figura 3.7-** Aplicação do Sistema Scotchbond Multi Uso. a) "Primer";  
b) Resina fluida.

### 3.2.9- COMPÓSITO

Após a polimerização do adesivo, uma matriz bipartida de teflon com perfuração central de 3mm de diâmetro e 5mm de altura foi posicionada sobre a área adesiva das amostras, o conjunto foi levado a um posicionador metálico para facilitar a inserção da resina composta Z-100, cor A2. O compósito foi inserido sobre o adesivo em incrementos de aproximadamente 2mm através de uma espátula número 1<sup>†</sup> e fotopolimerizado por 20 segundos pelo aparelho XL 3000 (figura 3.8 a). Após esses procedimentos, o conjunto foi retirado do adaptador e a matriz separada cuidadosamente com o auxílio de uma lâmina de bisturi\* (figura 3.8 b) a fim de não induzir tensões na área de adesão durante a sua remoção, o plástico adesivo foi retirado com auxílio de uma sonda<sup>°</sup> (figura 3.8 c) e uma polimerização final por 40 segundos foi realizada nas porções laterais do cilindro de resina. A cada corpo-de-prova confeccionado, a intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador era examinada para certificar que a mesma apresentava potência maior do que 500 mW/cm<sup>2</sup>. Após a confecção de 70 corpos-de-prova, o sistema adesivo que estava sendo utilizado era substituído por um novo para evitar que a evaporação dos seus componentes prejudicasse os valores de adesão. Todos os corpos-de-prova foram confeccionados em condições constantes de temperatura (23<sup>o</sup>C) e umidade relativa do

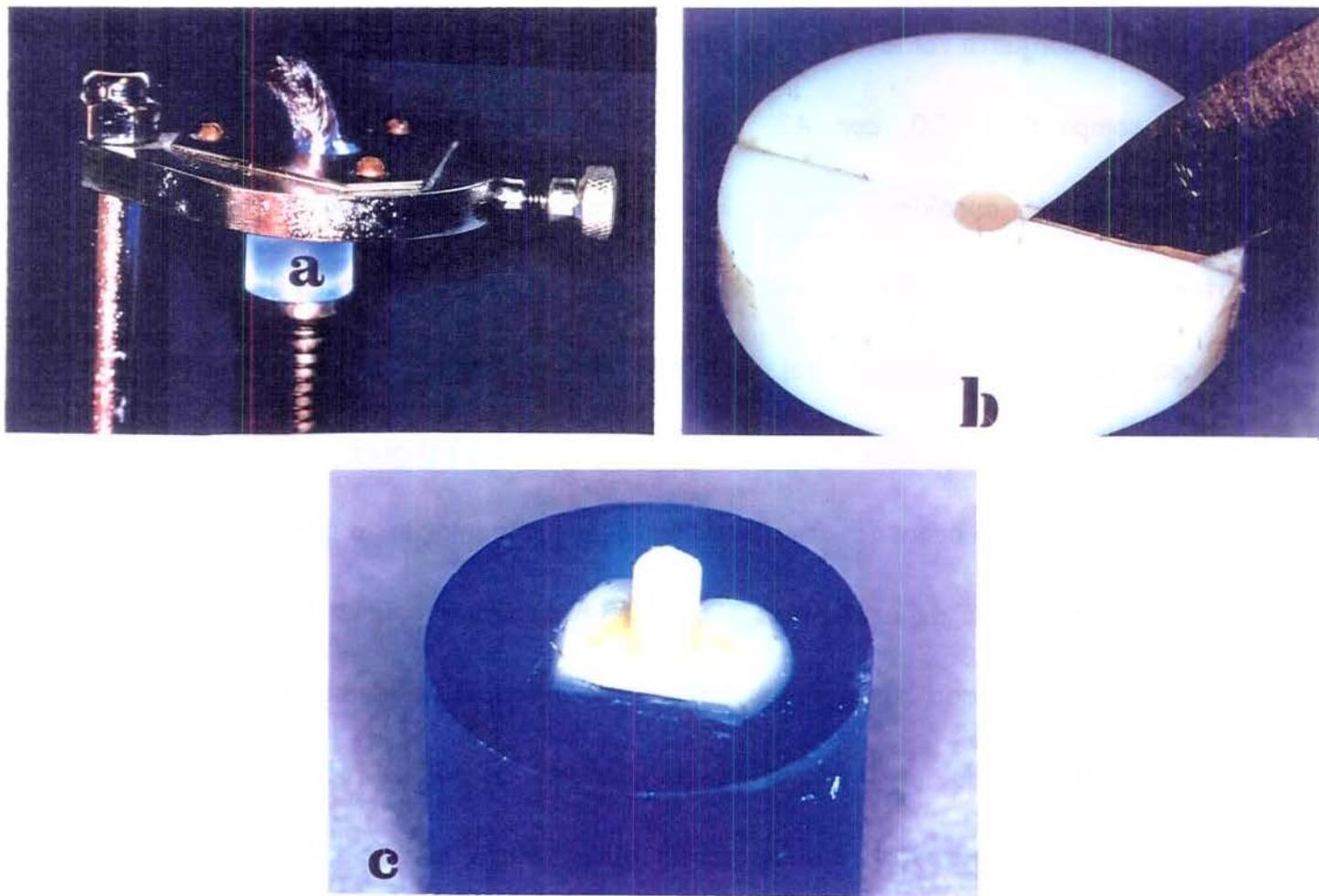
---

<sup>†</sup> Dental Duflex Ltda

\* Lamedid S.A.

<sup>°</sup> Colgran Indústria e Comércio de Instrumental Odontológico Ltda.

ar (55%)<sup>58</sup> medidas por um higrômetro<sup>+</sup> e posteriormente a sua confecção, eles foram armazenados em estufa<sup>▼</sup> à temperatura de  $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 100% durante 7 dias antes do ensaio de resistência ao cisalhamento.



**Figura 3.8-** a) Fotopolimerização do compósito Z-100 inserido através de um posicionador; b) Separação da matriz de teflon com uma lâmina de bisturi; c) Cilindro de resina, após a remoção da fita adesiva.

<sup>+</sup> Incoterm

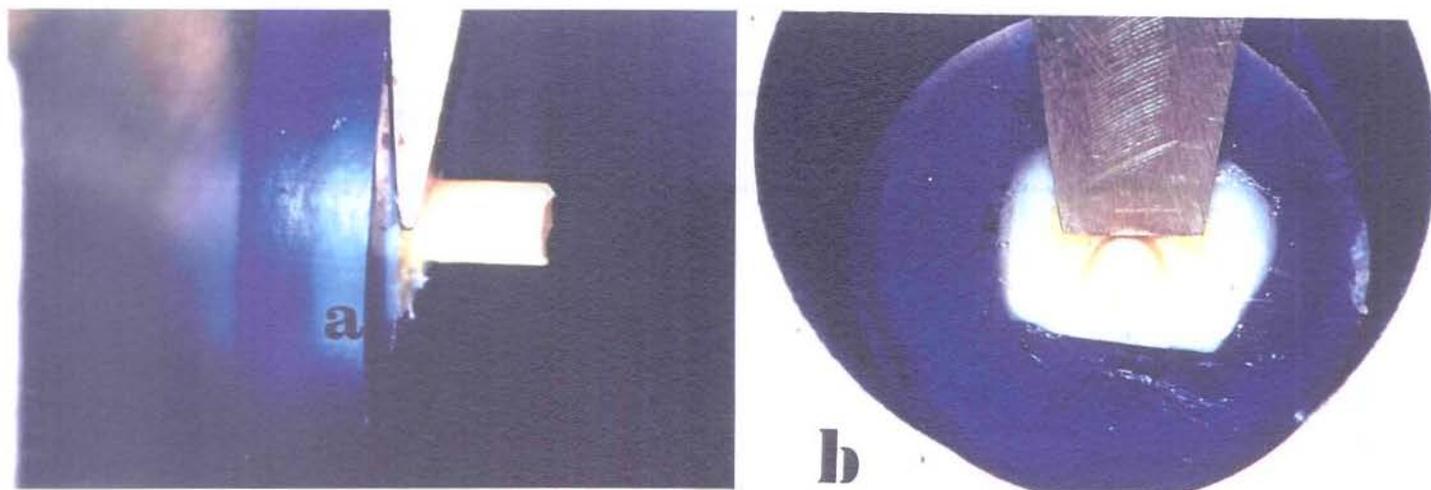
<sup>▼</sup> Estufa de cultura 002CB-Fanen

### 3.2.10- TESTE DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A seqüência da fratura dos corpos-de-prova foi realizada de forma aleatória por blocos. Os testes foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 500, com célula de carga de 100 Kg, ajustada para uma velocidade de 0,5mm/min.<sup>1,2,9,34,35,36,43,62.</sup>

A aplicação da carga foi realizada por meio de um cinzel com ponta ativa de 0,5mm de largura posicionado rente à base do cilindro de compósito, o mais próximo possível da interface adesiva<sup>35,45,62.</sup> (figuras 3.9 a e 3.9 b).

A carga necessária para a fratura de cada corpo-de-prova foi anotada, e os dados foram submetidos à análise estatística.



**Figura 3.9-** Teste de resistência ao cisalhamento a) Vista lateral; b) Vista frontal da ponta ativa do cinzel.

### 3.3- DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Delineamento inteiramente aleatorizado com 14 tratamentos (grupos), com 15 repetições cada, onde os fatores estudados foram tratamentos, em sete níveis, e adesivos, em dois níveis formando os 14 grupos. E a variável estudada foi resistência ao cisalhamento (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1** - Delineamento Estatístico para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade.

<b>FV</b>	<b>GL</b>
<b>BLOCOS</b>	<b>14</b>
<b>GRUPOS</b>	<b>13</b>
<b>RESÍDUO</b>	<b>160</b>
<b>TOTAL</b>	<b>187</b>

## 4 - Resultados

#### 4- RESULTADOS

Os dados obtidos no ensaio de resistência ao cisalhamento (anexo 1) foram submetidos ao tratamento estatístico. A análise da variância (anexo 2) apresentou como resultado F significativo para o fator grupo ao nível de 1 %, dentro de um coeficiente de variação de 28,5%, aceitável para a metodologia empregada.

No entanto, foi realizada uma análise exploratória dos dados, ou seja, teste de homogeneidade de variância ( teste de LEVENE ), tamanho de amostra, "outliers" e escala da variável. A análise da máxima verossimilhança apontou a necessidade de uma transformação na escala original dos dados. Assim, o teste de potência ótima de Box-Cox sugeriu elevar os dados à potência 0,7, conseqüentemente nova análise da variância foi realizada, e seu resultado é apresentado na tabela 4.1:

**Tabela 4.1-** Análise de Variância para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade.

CV	GL	SQ	QM	F	PR>F
<b>Modelo</b>	27	743,508980	27,537370	15,13	0,0001
<b>Resíduo</b>	160	291,211191	1,8007		
<b>Total</b>	187	1034,720172			
<b>Coefficiente de variação</b>		21,28743%			

## Resultados

Para melhor evidenciar os resultados da Análise de Variância (Tabela 4.1) foi realizada uma decomposição da mesma, mostrada na Tabela 4.2:

**Tabela 4.2-** Decomposição da Análise da Variância para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade.

CV	GL	SQ tipo III	QM	F	Pr>F
Bloco	14	31155180	2,225370	1,22	0,2636
Grupo	13	685,525681	52,732745	28,97	0,0001*

Para evidenciar as diferenças estatísticas entre os grupos experimentais, foi aplicado o teste t-Student,  $\alpha = 0,05$ . Esse teste foi utilizado porque os grupos possuem números diferentes de repetições das amostras, e o seu resultado é apresentado na Tabela 4.3 e Figura 4.1.

Além disso, foi realizada uma análise por contraste, em que se estudou os dois sistemas adesivos independente dos meios de secagem. O resultado dessa análise indicou não haver diferença estatística significativa entre os dois adesivos dentinários (Tabela 4.4)

Tabela 4.3- Resultado do teste t-Student (MPa) para o ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade.

Grupo	Média (MPa)	t- Student	
69	23,2063200	a	Prime & Bond 2.1- Algodão úmido
63	21,2909629	a b	Prime & Bond 2.1- jatos de ar 05 segundos
62	19,4561821	b c	SBMU- jatos de ar 30 segundos
610	18,6397333	b c	SBMU- Algodão úmido
614	16,2688667	c d	SBMU- Papel absorvente
68	16,1296000	c d	SBMU- Algodão seco
64	14,6270000	d e	SBMU- jatos de ar 05 segundos
613	13,9984000	d e	Prime & Bond 2.1- Papel absorvente
611	13,9361594	d e	Prime & Bond 2.1- Esponja
67	13,4711054	d e	Prime & Bond 2.1- Algodão seco
612	12,1106184	e	SBMU- Esponja
61	8,2371851	f	Prime & Bond 2.1- jatos de ar 30 segundos
65	2,6932602	g	Prime & Bond 2.1- Sobremolhado
66	2,3519660	g	SBMU- Sobremolhado

t-Student  $\alpha=0,05$

\*Letras diferentes indicam que houve diferença significativa entre as médias de grupos ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste t - Student.

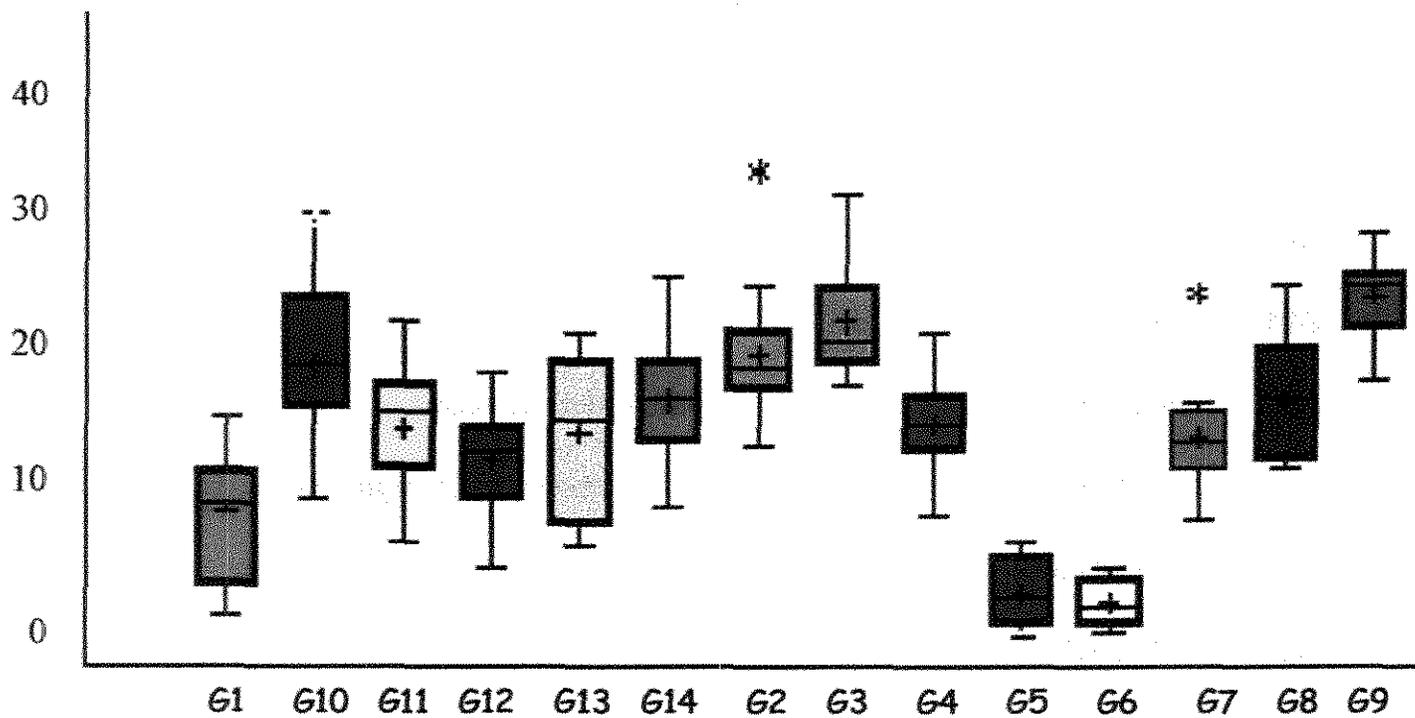


Figura 4.1- Gráfico Box-Plot apresentando média (+), mediana (-) e amplitude interquartílica para os diferentes tratamentos utilizados no ensaio de resistência ao cisalhamento de dois sistemas de adesivos dentinários, quando aplicados à dentina com diferentes níveis de umidade.

Tabela 4.4- Análise por contraste entre os dois sistemas adesivos.

CONTRASTE	GL	SQ tipo III	QM	F	Pr>F
SBMU vs P&B 2.1	1	6.97487	6.97487	0.40	0,266

Analisando a Tabela 4.3, verifica-se que o teste t-Student aponta os seguintes resultados:

O grupo 9 não apresentou diferença estatística significativa com o grupo 3, e apresentou diferença estatística significativa dos demais grupos. O grupo 3 não apresentou diferença estatística com os grupos 9,10, e 2, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 2 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 3,10,8 e 14, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 10 não apresentou diferença estatística com os grupos 2,3,8, e 14, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 14 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 2,4,7,8,10,11 e 13, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 8 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 2,4,7,10,11,13 e 14, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 4 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 7,8,11,12,13,14, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 13 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 4,7,8,11,12,14, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 11 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 4,7,8,12,13,14, diferindo

## *Resultados*

---

estatisticamente dos demais. O grupo 7 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 4,8,11,12,13 e 14 diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 12 não apresentou diferença estatística significativa com os grupos 4,7,11 e 13, diferindo estatisticamente dos demais. O grupo 1 apresentou diferenças estatística de todos os demais grupos. Finalmente os grupos 5 e 6 não apresentaram diferenças estatística entre si, diferindo dos demais grupos.

## 5 - Discussão dos Resultados

## 5- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A obtenção de um material restaurador com características adesivas tem sido alvo de constantes pesquisas.<sup>4,5,18,40,46,47.</sup> A técnica do condicionamento ácido para unir resinas acrílicas ao esmalte<sup>4</sup> revolucionou a prática da Odontologia Restauradora e, desde a sua introdução, os procedimentos adesivos sofreram uma grande evolução,<sup>7,40,53.</sup> constituindo a maioria das restaurações realizadas na prática odontológica.<sup>7,53.</sup>

A capacidade de unir restaurações ao esmalte modificou fundamentalmente os conceitos sobre preparos cavitários proporcionando o mínimo de desgaste das estruturas dentais sadias e favoreceu uma infinidade de opções de tratamentos estéticos.<sup>7,40.</sup> Apesar da união à dentina ser mais difícil e menos predizível devido às características morfofisiológicas e à composição heterogênea que a mesma apresenta,<sup>7,41,51,71.</sup> avanços significativos foram obtidos após o entendimento das propriedades deste substrato que proporcionou o desenvolvimento de novas composições de adesivos, aumentando a confiabilidade e a previsibilidade da adesão.<sup>5,7,41.</sup>

Para verificar a força de união desses sistemas ao aderente, são utilizados os testes mecânicos de resistência. Dentre eles, o mais utilizado é o teste de resistência ao cisalhamento,<sup>1,49,96.</sup> que é particularmente importante para o estudo da interface

formada entre o substrato e o adesivo, estando presente em mais de 80% dos trabalhos realizados,<sup>1</sup> por ser um teste de fácil execução e reprodução, não necessitar de aparatos especiais, sendo muito difundido na literatura, o que facilita a comparação e discussão dos seus resultados.<sup>1,12,55,82,91,96.</sup> Esse teste já é consagrado pelos autores, sendo de grande valia no desenvolvimento e aprimoramento laboratorial dos sistemas adesivos e de suas técnicas de adesão.<sup>12,82,91.</sup>

Para que uma adesão forte e duradoura seja obtida é de fundamental importância que uma camada híbrida densa, homogênea e uniforme seja formada,<sup>13,90.</sup> independente da sua espessura.<sup>7,9,16,31,52,60,98.</sup> Dessa forma, é necessário que a dentina desmineralizada seja completamente infiltrada pelo adesivo, encapsulando todo o colágeno exposto e a hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada.<sup>31,46,48,52,53,63,90,94.</sup> Porém, vários fatores inerentes à estrutura físico-química do aderente e inerentes às propriedades intrínsecas dos adesivos podem prejudicar essa difusão.<sup>16,22,28,31,46,53,71,85,87,94.</sup>

A umidade que o substrato apresenta após o condicionamento ácido é muito importante para a hibridização.<sup>21,23,26,33,34,36,50,52,78,81.</sup> Além dos monômeros hidrófilos apresentarem maior afinidade pelo substrato úmido,<sup>19,21,81.</sup> os solventes orgânicos contidos nos "primers" interagem com a água presente na intimidade das fibras colágenas promovendo a volatilização de parte do seu conteúdo, ao mesmo tempo que

reduzem a tensão superficial da água, facilitando a penetração dos monômeros hidrófilos por entre as porosidades interfibrilares, resultando em um entrelaçamento mecânico após a polimerização do adesivo.<sup>21,31,33.</sup>

A água também tem a função de manter o arcabouço original da malha de colágeno, sustentando-o após a remoção dos cristais de hidroxiapatita pelo condicionamento ácido, o que mantém os espaços íntegros entre suas fibras para a subsequente penetração do adesivo.<sup>23,38,52,54,80,81.</sup> Quando a água é removida através da aplicação de jatos de ar, ocorre um colapso dessas fibras devido à ocorrência da tensão superficial sobre elas, formando uma barreira orgânica à difusão do agente resinoso.<sup>23,39,52,54,80,81.</sup> Contudo, quando o substrato é reumedecido, as fibras colágenas recuperam em parte sua conformação original devido ao aumento da sua plasticidade, favorecendo a adesão.<sup>23,39,52,78.</sup>

Por outro lado, quando um excesso de água é mantido no substrato, o "primer" é diluído, ocasionando a separação de seus componentes e a formação de bolhas de ar e micelas de resina na interface que impedem uma completa infiltração do adesivo,<sup>52,76,77,94.</sup> traduzida em valores clínicos de adesão insatisfatórios. Dessa forma, torna-se evidente a importância da quantidade de água deixada na superfície dentinária pelos diferentes métodos de secagem aplicados após a lavagem e remoção do ácido.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram as informações apresentadas na literatura, em que os meios de secagem que mantiveram a integridade morfológica da rede de fibras colágenas<sup>10,21,26,81</sup> e os sistemas adesivos que recuperaram sua conformação original<sup>9,23,43</sup> foram os que apresentaram os maiores valores de resistência ao cisalhamento.

Essa afirmação pode ser observada pela força de união obtida pelo grupo 9 (23,2 MPa), em que a dentina, após o seu condicionamento ácido, foi secada por bolinhas de algodão úmido para a posterior aplicação do sistema Prime & Bond 2.1 à base de acetona. Esse método de secagem removeu o excesso de água, deixando o substrato visivelmente úmido, ideal para que a acetona interagisse com a água,<sup>9,23,34,67,80,81,99</sup> promovendo sua volatilização e facilitando o espalhamento, penetração e adaptação do "primer" nos espaços interfibrilares íntegros.<sup>54</sup>

Os resultados desse grupo, apesar de serem os maiores valores obtidos em todas as condições estudadas, não diferiram significativamente dos valores apresentados pelo grupo 3 (21,3MPa), em que a dentina foi secada com jatos de ar durante 5 segundos a uma distância de 10 cm para a posterior aplicação do sistema Prime & Bond 2.1. A média desse grupo foi menor provavelmente devido ao pequeno colapso das fibras colágenas ocasionado pela aplicação do ar,<sup>10,34</sup> apesar das condições de umidade e molhamento apresentadas pelos dois grupos parecerem visualmente similares.

Um valor satisfatório de resistência adesiva também foi obtido pelo grupo 2 (19,5 MPa) em que a superfície dentinária condicionada foi desidratada por jatos de ar aplicados durante 30 segundos a uma distância de 1 cm, o que provavelmente ocasionou o colapso do colágeno. Porém, nesse grupo foi aplicado o sistema Scotchbond Multi Uso que contém água em sua composição capaz de reidratar o colágeno promovendo a recuperação do seu arcabouço original<sup>9,23,39,43,67,79,80,89.</sup> e permitindo, dessa forma, a difusão dos monômeros para o interior do aderente, formando a camada híbrida.<sup>39,43,79,80,89.</sup> Essa mesma interação não pôde ser observada quando o sistema Prime & Bond 2.1 foi utilizado no substrato com as mesmas características, e a acetona contida nesse sistema não foi capaz de expandir as fibras. Devido a isso, os monômeros não apresentaram a mesma difusibilidade nesse aderente,<sup>10,39,78,79,80,99.</sup> resultando em menores valores de adesão,<sup>10,39,78,79,80,99.</sup> observados para o grupo 1 (8,2 MPa) que apresentou diferença estatística significativa para os demais grupos.

Foi observado que, apesar do sistema Scotchbond Multi Uso ter obtido resultados satisfatórios para os grupos em que o método de secagem empregado deixou o substrato mais seco<sup>9,34,43,67,89.</sup> (G2= 19,4 MPa, G14= 16,26 MPa e G8= 16,1 MPa), nos quais a dentina foi secada com jatos de ar por 30 segundos, papel absorvente e algodão seco respectivamente, esses valores não apresentaram diferença estatística significativa dos obtidos no grupo 10(18,6 MPa) em que o mesmo sistema

adesivo foi utilizado no substrato deixado visualmente mais úmido<sup>9,19,43,70</sup>. após sua secagem com algodão úmido. Esse fato provavelmente aconteceu devido à presença de monômeros hidrófilos no sistema Scotchbond Multi Uso que apresenta uma grande afinidade pela umidade contida no aderente,<sup>9,19,21,89</sup> facilitando sua penetração nos espaços interfibrilares mantidos íntegros.<sup>9,43,70</sup> Com isso, valores de adesão confiáveis podem ser obtidos quando esse sistema é aplicado tanto em uma condição mais úmida quanto em uma condição mais seca, pois ele tem afinidade por ambos os substratos.<sup>9,39,43,67,70,89</sup>

Por outro lado, o mesmo fato não aconteceu com o sistema Prime & Bond 2.1, cujos resultados obtidos com o substrato úmido ( $G9=23,2$  MPa e  $G3=21,3$  MPa) foram maiores, apresentando diferenças estatísticas significativas dos resultados apresentados quando o método de secagem empregado deixava a dentina mais seca<sup>23,39,78,80,99</sup> como nos grupos em que o papel absorvente foi utilizado  $G13(13,9$  MPa) e no grupo do algodão seco  $G7(13,5$  MPa), possivelmente devido à incapacidade do solvente orgânico contido neste adesivo de expandir as fibras colágenas, interagir com a pouca quantidade de água presente e ainda se difundir completamente no substrato.<sup>10,23,39,78,79</sup>

O grupo 4( $14,6$  MPa), em que a dentina foi secada com jatos de ar por 5 segundos para a aplicação do Scotchbond Multi Uso, apesar de ter permanecido com um grau de

umidade dentinária semelhante ao grupo 10(18,6MPa), apresentou diferença estatística significativa para o mesmo, pois a aplicação do jato de ar pode ter promovido um pequeno colapso das fibras colágenas, refletindo em menores valores de adesão.<sup>10,34.</sup>

Quando o pincel tipo "microbrush" foi utilizado como método de secagem, observou-se a presença de uma superfície mais úmida do que as outras condições supra-citadas. Essa situação, apesar de ter favorecido mais o sistema Prime & Bond 2.1(G11)<sup>32,34.</sup> do que o Scotchbond Multi Uso(G12), ocasionou baixos valores de adesão para ambos sistemas, possivelmente por ter permanecido ainda muita água no substrato. A acetona contida no adesivo Prime & Bond 2.1 provavelmente não foi capaz de volatilizar toda a água excedente da superfície e, com isso, parte dela permaneceu na interface, dificultando a polimerização do adesivo e causando uma pequena diluição do mesmo,<sup>32,76,79,94.</sup> reduzindo a resistência adesiva apresentada pelo grupo 11(13,9 MPa), que não diferiu estatisticamente da média dos valores obtidos, quando esse adesivo foi aplicado ao substrato mais seco nos grupos 13(14,0 MPa- Papel absorvente) e 7(13,4 MPa- Algodão seco). Essa situação se agravou um pouco mais quando o sistema Scotchbond Multi Uso, que é a base de água, foi aplicado ao substrato deixado mais úmido pelo pincel "microbrush" no grupo 12(12,1 MPa), o que resultou em baixo valor de adesão devido ao grande conteúdo de água que não foi evaporada em um tempo clínico

hábil, prejudicando a difusão e polimerização do adesivo,<sup>32,76,79</sup> embora não tenha apresentado diferença estatística significativa para o grupo 4(14,6 MPa), em que uma menor umidade foi apresentada pelo substrato.

Da mesma forma, os piores resultados deste estudo foram obtidos quando nenhum método de secagem foi aplicado e a dentina foi mantida com excesso de água na superfície que impediu que os cilindros de resina composta de parte das amostras se aderissem ao substrato condicionado, causando a perda desses espécimes antes mesmo do emprego do teste de resistência ao cisalhamento. A baixa resistência adesiva apresentada pelos corpos-de-prova que foram testados revelou que o conteúdo excessivo de água possivelmente causou o fenômeno do sobremolhamento<sup>76,77,79</sup>. Na presença de água excedente, o "primer" do sistema adesivo é diluído e com isso ocorre a separação dos seus componentes, levando à formação de micelas ou glóbulos de resina que se localizam na interface adesiva impedindo a penetração do agente resinoso no aderente, dificultando a hibridização.<sup>76,77,79,94</sup> Ainda temos a presença de bolhas preenchidas por água ou ar que propiciam a desintegração da adesão através da degeneração dos peptídeos do colágeno exposto.<sup>76,77,94</sup> Apesar dos valores obtidos no grupo 5(2,7 MPa- Prime & Bond Sobremolhado) serem maiores dos apresentados no grupo 6(2,3 MPa- Scotchbond Multi Uso Sobremolhado), essa diferença não foi estatisticamente significativa e os dois resultados não promoveram uma adesão

confiável.

Como foi observado neste trabalho, situações extremas de umidade e ressecamento devem ser evitadas para que a resistência adesiva da interface não seja prejudicada.<sup>76</sup> Métodos de secagem que mantenham a umidade do substrato sem causar danos à integridade das fibras colágenas<sup>76,77</sup> e que, conseqüentemente, apresentem valores de adesão próximos ou maiores de 20 MPa,<sup>25</sup> capazes de suportar as forças de contração de polimerização do material restaurador sem causar danos à interface da restauração, devem ser preferidos. Porém, para a obtenção de uma resistência adesiva forte, além da umidade do substrato, a capacidade de molhamento e infiltração do adesivo,<sup>71,94</sup> que estão diretamente relacionados com sua composição, também devem ser levadas em consideração.

Através deste estudo foi possível observar que o sistema Prime & Bond 2.1 teve uma maior afinidade pelo substrato úmido, uma vez que a acetona contida no seu "primer" interagiu com a água contida nos espaços interfibrilares facilitando a penetração da resina fluida.<sup>9,10,23,34,39,67,80,99</sup> Essa mesma interação não pôde ser observada com o substrato seco.<sup>23,78,79,80,99</sup> Por outro lado, o sistema Scotchbond Multi-Use apresentou maior afinidade pelo substrato mais seco,<sup>39,43,67,70</sup> pois seu conteúdo de água foi capaz de reumedecer o colágeno, expandindo-o, recuperando as porosidades entre suas fibras por onde o adesivo penetra.<sup>23,39,43,67,70,79,80</sup> Devido à

hidrofilia dos seus monômeros,<sup>9,21</sup> esse sistema também apresentou desempenho satisfatório, quando o método de secagem deixou o aderente em uma condição mais úmida,<sup>9,19,43,67,70</sup> porém o excesso de umidade ocasionou a redução da adesão. Apesar desses dois sistemas possuírem diferentes composições que resultaram na afinidade por substratos com graus de umidade opostos, as médias dos valores de resistência adesiva por eles obtidos não apresentaram diferença estatística significativa, independente do método de secagem utilizado (Tabela 5.4).

Clinicamente, a variação da umidade é muito difícil de ser controlada,<sup>35</sup> uma vez que a dentina vitalizada é naturalmente úmida e ainda apresenta um afloramento de fluidos dos seus túbulos devido à pressão pulpar. Contudo, vários trabalhos confirmam que a atuação dos sistemas adesivos dentinários hidrófilos *in vitro* é bem semelhante aos obtidos *in vivo*.<sup>14,31,42,48,95</sup>

Por outro lado, a adesão sofre uma grande influência do operador que pode induzir erros durante as diversas etapas do procedimento adesivo, inclusive durante a secagem do substrato dentinário. Dessa forma, sistemas adesivos menos críticos aos diferentes graus de umidade da dentina devem ser empregados. Nesse sentido, como observado no presente estudo, o Sistema Scotchbond Multi Uso apresentou o melhor comportamento proporcionando, provavelmente, uma correta hibridização da dentina em variadas situações, relatadas nos resultados satisfatórios de adesão. Esse fato

propicia clinicamente uma grande variedade de procedimentos restauradores conservadores e estéticos, com menor incidência de defeitos em suas margens que pudessem resultar em manchamento, infiltração e cárie secundária capazes de ocasionar a troca da restauração.<sup>53,88.</sup>

6 - Conclusões

## 6- CONCLUSÕES

De acordo com os fatores avaliados neste estudo e considerando os resultados obtidos, conclui-se que:

\_ a maior média de resistência ao cisalhamento foi apresentada pelo sistema Prime & Bond 2.1 aplicado à dentina secada com bolinha de algodão úmido. Porém, essa média não apresentou diferença estatística significativa para a média dos valores obtidos, quando o mesmo adesivo foi aplicado à dentina secada por jatos de ar por 5 segundos;

\_ os menores valores de resistência ao cisalhamento foram obtidos pelos sistemas Scotchbond Multi Uso e Prime & Bond 2.1, quando aplicados à dentina sobremolhada, não apresentando diferença estatística significativa entre si;

\_ o sistema Prime & Bond 2.1 obteve maiores valores de resistência ao cisalhamento quando aplicado ao substrato dentinário mantido úmido após a secagem, apresentando diferença estatística significativa, quando o mesmo foi aplicado à dentina deixada mais seca pelo método de secagem;

\_ o sistema Scotchbond Multi Uso obteve resultados satisfatórios tanto na dentina úmida quanto na dentina mais seca, não apresentando diferença estatística significativa entre si;

## *Conclusões*

---

\_ não houve diferença estatística significativa entre as médias dos valores de resistência ao cisalhamento apresentados pelos sistemas adesivos Prime & Bond 2.1 e Scotchbond Multi Uso, quando os mesmos foram comparados independentes dos meios de secagem dentinária.

## 7 - Referências Bibliográficas

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

- 01- AL-SALEHI, S.K. & BURKE, F.J.T. Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. **Quintessence int.**, Berlin, **28(11)**: 717-723, Nov. 1997.
- 02- AMORY, C. & YVON, J. Shear bond strength of a light-cured resin composite vs dentin characteristics. **Dent. Mater.**, Washington, **10(3)**: 203-209, May, 1994.
- 03- ASMUSSEN, E. & UNO, S. Adhesion of restorative resins to dentin: Chemical and Physicochemical aspects. **Operative Dent.**, Seattle, **5**: 68-74, 1992. [Supplement 5]
- 04- BUONOCORE, M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. **J. dent. Res.**, Washington, **34(6)**: 849-853, Dec. 1955.
- 05- BURKE, F.J.T. & McCAUGHEY, A. D. The four generations of dentin bonding. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8(2)**: 88-92, Apr. 1995.
- 06- BURROW, M. F. et al. The influence of age and depth of dentin on bonding. **Dent. Mater.**, Washington, **10(4)**: 241-246, July, 1994.

---

\* De acordo com a norma NB-66 de 1978 da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT). Abreviatura dos Periódicos em conformidade com o "World List of Scientific Periodicals".

## Referências Bibliográficas

- 07- CARVALHO, R. M. Adesivos dentinários: fundamentos para a aplicação clínica. *Revta Dentística Restauradora, Bauru*, 1(2): 62-96, Maio-Junho, 1998.
- 08- CHAPPELL, R. P.; SPENCER, P.; EICK, J. D. The effects of current dentinal adhesives on the dentinal surface. *Quintessence int., Berlin*, 25(12): 851-859, Dec. 1994.
- 09- CHARLTON, D.G. & BEATTY, M. W. The effect of dentin surface moisture on bond strength to dentin bonding agents. *Operative Dent., Seattle*, 19(4): 154-158, July-Aug, 1994.
- 10- DE GÓES, M. F.; PACHANE, G. C. F.; GARCIA-GODOY, F. Resin bond strength with different methods to remove excess water from the dentin. *Am. J. Dent., San Antonio*, 10(6): 298-301, Dec. 1997.
- 11- EICK, J. D. et al. Scanning Electron Microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of Electron Microprobe. *J. dent. Res., Washington*, 49(6): 1359-1386, Nov-Dec. 1970.
- 12- ELIADES, G. Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. *J. Dent., Oxford*, 22(2): 73-81, Apr. 1994.
- 13- ERICKSON, R. L. Surface interactions of dentin adhesive materials. *Operative Dent., Seattle*, 5: 81-94, 1992. [Supplement 5]

- 14- FERRARI, M. The micromorphologic relationship between resin and dentin in class V restorations: An in vivo and in vitro investigation. **Quintessence int.**, Berlin, **25(9)**: 621-625, Sep. 1994.
- 15- \_\_\_\_\_ & DAVIDSON, C. L. In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **76(3)**: 250-253, Sep. 1996.
- 16- FINGER, W.J.; INQUE, M; ASMUSSEN, E. Effect of wettability of adhesive resins on bonding to dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **7(1)**: 35-38, Feb. 1994.
- 17- FRANCHI, M. & BRESCHI, L. Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin. **Quintessence int.**, Berlin, **26(6)**: 431-435, June, 1995.
- 18- FUSAYAMA, T. et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J. dent. Res.**, Washington, **58(4)**: 1364-1370, Apr. 1979.
- 19- GERZINA, T. M. & HUME, W. R. Effect of hydrostatic pressure on the diffusion of monomers through dentin in vitro. **J. dent. Res.**, Washington, **74(1)**: 369-373, Jan. 1995.
- 20- GRIFFITHS, B. M. & WATSON, T. F. Resin-dentin interface of Scotchbond Multi-Purpose dentin adhesive. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8(4)**: 212-216, Aug. 1995.

## Referências Bibliográficas

---

- 21- GWINNETT, J. Moist versus dry dentin: Its effects on shear bond strength. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **5(3)**: 127-129, June, 1992.
- 22- \_\_\_\_\_. Quantitative contribution of resin infiltration/ hybridization to dentin bonding. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **6(1)**: 7-9, Feb. 1993.
- 23- \_\_\_\_\_. Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **7(3)**: 144-148, June, 1994.
- 24- \_\_\_\_\_. Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **7(5)**: 243-246, Oct. 1994.
- 25- \_\_\_\_\_. & YU, S. Shear bond strength, microleakage and gap formation with fourth generation dentin bonding agents. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **7(6)**: 312-314, Dec. 1994.
- 26- \_\_\_\_\_. et al. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **9(4)**: 140-144, Aug. 1996.
- 27- HAMID, A.; SUTTON, W.; HUME, W. R. Variation in phosphoric acid concentration and treatment time and HEMA diffusion through dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **9(5)**: 211-214, Oct. 1996.

- 28- HEYMANN, H. O. & BAYNE, S. C. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. *J. Am. Dent. Ass*, 124(5): 27-36, May, 1993.
- 29- HOLTAN, J. R. Bond strength of six dentinal adhesives. *J. Dent.*, Oxford, 22(2): 92-96, Apr. 1994.
- 30- \_\_\_\_\_ et al. Influence of different etchants and etching times on shear bond strength. *Operative Dent.*, Seattle, 20(3): 94-99, May-June, 1995.
- 31- JACOBSEN, T. & FINGER, W. J. Morphology of coupling sites between bonding agents and dentine in vivo and in vitro. *J. Dent.*, Oxford, 21(3): 150-157, June, 1993.
- 32- \_\_\_\_\_ & SÖDERHOLM, K. J. Some effects of water on dentin bonding. *Dent. Mater.*, Washington, 11(2): 132-136, Mar. 1995.
- 33- KANCA, J. Resin bonding to wet substrate. I. Bonding to dentin. *Quintessence int.*, Berlin, 23(1): 39-41, Jan. 1992.
- 34- \_\_\_\_\_. Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 5(4): 213-215, Aug. 1992.

## Referências Bibliográficas

---

- 35- KANCA, J. Resin bonding to wet substrate. II. Bonding to enamel. *Quintessence int.*, Berlin, **23(9)**: 625-627, Sep. 1992.
- 36- \_\_\_\_\_. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *J. Am. Dent. Ass*, **123(9)**: 35-43, Sep. 1992.
- 37- \_\_\_\_\_. Wet bonding: Effect of drying time and distance. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **9(6)**: 273-276, Dec. 1996.
- 38- KINNEY, J. H. et al. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J. dent. Res.*, Washington, **74(5)**: 1179-1184, May, 1995.
- 39- 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, **75(11)**: 1851-1858, Nov. 1996.
- 40- MANDRAS, R. S.; RETIEF, H.; RUSSELL, C. M. Shear bond strength of 10 dentinal bonding restorative systems. *Gen. Dent.*, Chicago, **41(1-4)**: 133-137, Mar-Apr. 1993.
- 41- MARSHALL Jr, G. W. Dentin: Microstructure and characterization. *Quintessence int.*, Berlin, **24(9)**: 606-617, Sep. 1993.

- 42- MASON, P. N. et al. Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro. *J. Dent.*, Oxford, **24**(3): 217-222, May, 1996.
- 43- MIERS Jr, J. R.; CHARTON, D. G.; HERMESCH, C. B. Effect of dentin moisture and storage time on resin bonding. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **8**(2): 80-82, Apr. 1995.
- 44- MITCHEM, J. C. & GRONAS, D. G. Adhesion to dentin with and without smear layer under varying degrees of wetness. *J. prosth. Dent.*, Saint Louis, **66**(5): 619-622, Nov. 1991.
- 45- \_\_\_\_\_; TERKLA, L. G.; GRONAS, D.G. Bonding of resin dentin adhesives under simulated physiological conditions. *Dent. Mater.*, Washington, **4**(6): 351-353, Dec. 1988.
- 46- 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, **23**(2): 135-141, Feb. 1992.
- 47- \_\_\_\_\_; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J. Biomed. Mat. Res.*, New York, **16**(3): 265-273, May, 1982.

## Referências Bibliográficas

- 48- NAKABAYASHI, N.; WATANABE, A.; IKEDA, W. Intra-oral bonding of 4-META/MMA-TBB resin to vital human dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 8(1): 37-42, Feb. 1995.
- 49- ØILO, G. Bonding strength testing- What does it mean? *Int. dent. J.*, Guildford, 43(5): 492-498, June, 1993.
- 50- PASHLEY, D. H. Dentin permeability, dentin sensivity, and treatment through tubule occlusion. *J. Endod.*, Baltimore, 12(10): 465-474, Oct. 1986.
- 51- \_\_\_\_\_. Dentin bonding agents. *Orthod. Pedod.* 2(IV): 46-51, 1992.
- 52- \_\_\_\_\_. & CARVALHO, R. M. Dentine permeability and dentine adhesion. *J. Dent.*, Oxford, 25(5): 355-372, Sep. 1997.
- 53- \_\_\_\_\_. & NAKABAYASHI, N. *Hybridization of dental hard tissues.* Tokyo, Quintessence Publishing Co, 1998. 129p.
- 54- \_\_\_\_\_. et al. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence int.*, Berlin, 24(9): 618-631, Sep. 1993.
- 55- \_\_\_\_\_. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent. Mater.*, Washington, 11(2): 117-125, Mar. 1995.
- 56- PERDIGÃO, J.; SWIFT Jr, E. J.; CLOE, B. C. Effects of etchants, surface moisture, and resin composite on dentin bond strengths. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 6(2): 61-64, Apr. 1993.

- 57- PERDIGÃO, J. et al. In vitro bond strength and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. *J. dent. Res.*, Washington, **73**(1): 44-55, Jan. 1994.
- 58- PLASMANS, P. J. J. M. et al. Air humidity: a detrimental factor in dentine adhesion. *J. Dent.*, Oxford, **21**(4): 228-233, Aug. 1993.
- 59- PRATI, C. et al. Dentine permeability and bond quality as affect by new bonding systems. *J. Dent.*, Oxford, **23**(4): 217-226, Aug. 1995.
- 60- \_\_\_\_\_ et al. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Operative Dent.*, Seattle, **23**(4): 185-194, July/Aug.1998.
- 61- RETIEF, D. H. et al. The effect of storage media and duration of storage of extract teeth on the shear bond strength of Scotchbond 2/Silux to dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **2**(5): 269-273, Oct. 1989.
- 62- SABOIA, V. P. A. **Efeito da remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único.** Piracicaba, 1998. 110 p. [Tese (Mestrado) - FOP- UNICAMP].
- 63- SANO, H. et al. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Operative Dent.*, Seattle, **19**(2): 59-64, Mar-Apr. 1994.
- 64- \_\_\_\_\_ et al. Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. *Operative Dent.*, Seattle, **20**(1): 18-25, Jan-Feb. 1995.

## Referências Bibliográficas

---

- 65- SANO, H. et al. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J. dent. Res.*, Washington, **74**(4): 1093-1102, Apr. 1995.
- 66- \_\_\_\_\_ et al. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. *Operative Dent.*, Seattle, **20**(4): 160-167, July-Aug. 1995.
- 67- SAUNDERS, W. P. & SAUNDERS, E. M. Microleakage of bonding agents with wet and dry bonding techniques. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **9**(1): 34-36, Feb. 1996.
- 68- STRAWN, S. E. et al. Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions- short term. *J. Dent.*, Oxford, **24**(6): 417-423, Nov. 1996.
- 69- SWIFT Jr, E. J. & CLOE, B. C. Shear bond strength of new enamel etchants. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **6**(3): 162-164, June, 1993.
- 70- \_\_\_\_\_ & TRIOLO Jr, P. T. Bond strengths of Scotchbond Multi-Purpose to moist dentin and enamel. *Am. J. Dent.*, San Antonio, **5**(6): 318-320, Dec. 1992.
- 71- \_\_\_\_\_; PERDIGÃO, J.; HEYMANN, H. O. Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995. *Quintessence int.*, Berlin, **26**(2): 95-110, Feb. 1995.

- 72- SWIFT Jr, E. J. et al. Shear bond strengths of one-bottle dentin adhesives using multiple applications. *Operative Dent.*, Seattle, 22(5): 194-199, Sep-Oct. 1997.
- 73- TAGAMI, J.; TAO, L.; PASHLEY, D. H. Correlation among dentin depth, permeability and bond strength of adhesive resins. *Dent. Mater.*, Washington, 6(1): 45-50, Jan. 1990.
- 74- TAM, L. E. & YIM, D. Effect of dentin depth on the fracture toughness of dentine-composite adhesive interfaces. *J. Dent.*, Oxford, 25(3-4): 339-346, May-July, 1997.
- 75- TAY, F. R.; GWINNETT, A. J.; WEI, S. H. Y. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *J. dent. Res.*, Washington, 73(3): 629-636, Mar. 1994.
- 76- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. The overwet phenomenon: A Scanning electron microscopic study of the surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 9(3): 109-114, June, 1996.

## Referências Bibliográficas

---

- 77- TAY, F. R.; GWINNETT, A. J.; WEI, S. H. Y. The overwet phenomenon: A Transmission electron microscopic study of the surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 9(4): 161-166, Aug. 1996.
- 78- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 10(2): 77-82, Apr. 1997.
- 79- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.Relation between water content in acetone/alcohol-based primer and interfacial ultrastructure. *J. Dent.*, Oxford, 26(3): 147-156, Apr. 1998.
- 80- \_\_\_\_\_. et al. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: A paradigm using water-free adhesive primers. *J. dent. Res.*, Washington, 73(4): 1034-1044, Apr. 1996.
- 81- TITTLE, K. et al. The morphology of the demineralized layer in primed dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 7(1): 22-26, Feb. 1994.
- 82- TYAS, M. J. Clinical testing- has it proved the efficacy of adhesives? *Int. dent. J.*, Guildford, 43(4): 343-347, Aug. 1993.

- 83- UNO, S. & FINGER, W. J. Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. **Quintessence int.**, Berlin, 26(10): 733-738, Oct, 1995.
- 84- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Effects of mode of conditioning treatment on efficacy of dentin bonding. **Operative Dent.**, Seattle, 21(1): 31-35, Jan-Feb. 1996.
- 85- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Effects of acid conditioners on dentine demineralization and dimension of hybrid layers. **J. Dent.**, Oxford, 24(3): 211-216, May. 1996.
- 86- VAN MEERBEEK, B. et al. Micromorphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. **J. dent. Res.**, Washington, 71(8): 1530-1540, Aug. 1992.
- 87- \_\_\_\_\_ et al. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. **Operative Dent.**, Seattle, 5: 111-124, 1992. [Supplement 5]
- 88- \_\_\_\_\_ et al. Three-year clinical effectiveness of four total-etch dentinal adhesive systems in cervical lesions. **Quintessence int.**, Berlin, 27(11): 775-784, Nov, 1996.

## Referências Bibliográficas

- 89- VAN MEERBEEK, B. et al. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *J. dent. Res.*, Washington, **77**(1): 50-59, Jan. 1998.
- 90- \_\_\_\_\_ et al. The clinical performance of adhesives. *J. Dent.*, Oxford, **26**(1): 1-20, Jan. 1998.
- 91- VAN NOORT, R. Clinical relevance of laboratory studies on dental materials: strength determination - a personal view. *J. Dent.*, Oxford, **22**: 54-58, 1994. [Supplement 1]
- 92- \_\_\_\_\_ et al. The effect of local interfacial geometry on the measurement of tensile bond strength to dentin. *J. dent. Res.*, Washington, **70**(5): 889-893, May. 1991.
- 93- VARGAS, M. A.; COBB, D. S.; ARMSTRONG, S. R. Resin-dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hibrid layer. *Operative Dent.*, Seattle, **22**(5): 159-166, Sep-Oct. 1997.
- 94- WALSHAW, P. R. & Mc COMB. SEM characterization of the resin-dentin interface produced in vivo. *J. Dent.*, Oxford, **23**(5): 281-287- Oct. 1995
- 95- \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence int.*, Berlin, **27**(9): 619-625, Sep, 1996.

- 96- WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. *J. Dent.*, Oxford, 22(2): 67-72, Apr. 1994.
- 97- XU, J. et al. An FT-Raman Spectroscopic investigation of dentin and collagen surfaces modified by 2-Hydroxyethylmethacrylate. *J. dent. Res.*, Washington, 76(1): 596-601, Jan. 1997.
- 98 YOSHIMA, M. et al. Interfacial morphology and strength of bonds made to superficial versus deep dentin. *Am. J. Dent.*, San Antonio, 8(6): 297-302, Dec. 1995.
- 99- YOU, C. & POWERS, J. M. Moisture affects bonding of dentin bonding agents to dentin. *J. dent. Res.*, Washington, 75: 385, 1996. [abstract 2944].

Anexos

## ANEXO 1

RESULTADOS EM MEGAPASCAL (MPa) DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE DOIS ADESIVOS APLICADOS À DENTINA COM DIFERENTES NÍVEIS DE UMIDADE.

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
01-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	PERDIDO	01
02-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	11.19 MPa	25
03-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	9.604 MPa	41
04-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	11.17 MPa	55
05-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	3.692 MPa	65
06-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	12.10 MPa	76
07-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	15.14 MPa	94
08-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	10.37 MPa	101
09-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	5.754 MPa	115
10-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	2.137 MPa	130
11-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	14.77 MPa	154
12-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	7.635 MPa	158
13-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	8.684 MPa	176
14-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	2.818 MPa	195
15-	P & B 2.1	Jatos de ar 30 segundos	1.151 MPa	206
01-	<b>SBMU</b>	<b>Jatos de ar 30 segundos</b>	<b>18.61 MPa</b>	<b>14</b>
02-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	17.90 MPa	24

Anexo I

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
03-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	12.92 MPa	40
04-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	17.34 MPa	45
05-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	24.17 MPa	58
06-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	32.29 MPa	80
07-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	21.58 MPa	98
08-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	18.02 MPa	112
09-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	PERDEU	114
10-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	14.64 MPa	127
11-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	19.146 MPa	148
12-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	20.740 MPa	157
13-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	17.81 MPa	172
14-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	16.33 MPa	184
15-	SBMU	Jatos de ar 30 segundos	20.64 MPa	200
01-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	PERDIDO	10
02-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	PERDIDO	26
03-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	PERDIDO	30
04-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	19.04 MPa	44
05-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	17.547 MPa	66
06-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	19.24 MPa	74
07-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	18.77 MPa	95
08-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	17.34 MPa	110

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
09-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	20.57 MPa	125
10-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	28.01 MPa	140
11-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	19.63 MPa	142
12-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	21.83 MPa	162
13-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	30.67 MPa	174
14-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	24.80 MPa	191
15-	P & B 2.1	Jatos de ar 05 segundos	23.12 MPa	208
01-	<b>SBMU</b>	<b>Jatos de ar 05 segundos</b>	<b>20.96 MPa</b>	<b>09</b>
02-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	12.90 MPa	17
03-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	10.05 MPa	34
04-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	16.12 MPa	47
05-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	14.51 MPa	67
06-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	7.985 MPa	77
07-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	12.70 MPa	93
08-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	12.89 MPa	111
09-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	14.28 MPa	120
10-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	13.80 MPa	131
11-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	15.25 MPa	141
12-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	15.020 MPa	160
13-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	16.43 MPa	178

Anexo I

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
14-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	17.42 MPa	188
15-	SBMU	Jatos de ar 05 segundos	19.09 MPa	204
01-	<b>P &amp; B 2.1</b>	<b>Sobremolhado</b>	<b>0.137 MPa</b>	<b>07</b>
02-	P & B 2.1	Sobremolhado	PERDIDO	19
03-	P & B 2.1	Sobremolhado	1.53 MPa	35
04-	P & B 2.1	Sobremolhado	1.329 MPa	54
05-	P & B 2.1	Sobremolhado	6.400 MPa	62
06-	P & B 2.1	Sobremolhado	0.0233 MPa	78
07-	P & B 2.1	Sobremolhado	5.044 MPa	88
08-	P & B 2.1	Sobremolhado	3.69 MPa	100
09-	P & B 2.1	Sobremolhado	PERDIDO	117
10-	P & B 2.1	Sobremolhado	PERDIDO	128
11-	P & B 2.1	Sobremolhado	PERDIDO	153
12-	P & B 2.1	Sobremolhado	3.352 MPa	165
13-	P & B 2.1	Sobremolhado	0.955 MPa	181
14-	P & B 2.1	Sobremolhado	5.333 MPa	183
15-	P & B 2.1	Sobremolhado	2.391 MPa	199
01-	<b>SBMU</b>	<b>Sobremolhado</b>	<b>PERDIDO</b>	<b>13</b>
02-	SBMU	Sobremolhado	4.461 MPa	21
03-	SBMU	Sobremolhado	0.871 MPa	39
04-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	56

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
05-	SBMU	Sobremolhado	0.731 MPa	57
06-	SBMU	Sobremolhado	2.57 MPa	83
07-	SBMU	Sobremolhado	0.0512MPa	89
08-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	99
09-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	116
10-	SBMU	Sobremolhado	2.857 MPa	134
11-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	146
12-	SBMU	Sobremolhado	4.111 MPa	155
13-	SBMU	Sobremolhado	0.937 MPa	169
14-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	196
15-	SBMU	Sobremolhado	PERDIDO	210
<b>01-</b>	<b>P &amp; B 2.1</b>	<b>Algodão seco</b>	<b>8.38 MPa</b>	<b>08</b>
02-	P & B 2.1	Algodão seco	11.13 MPa	22
03-	P & B 2.1	Algodão seco	15.25 MPa	29
04-	P & B 2.1	Algodão seco	12.66 MPa	50
05-	P & B 2.1	Algodão seco	15.29 MPa	70
06-	P & B 2.1	Algodão seco	12.30 MPa	75
07-	P & B 2.1	Algodão seco	13.79 MPa	97
08-	P & B 2.1	Algodão seco	PERDIDO	105
09-	P & B 2.1	Algodão seco	14.83 MPa	122
10-	P & B 2.1	Algodão seco	23.74 MPa	136

Anexo 1

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
11-	P & B 2.1	Algodão seco	16.05 MPa	152
12-	P & B 2.1	Algodão seco	15.29 MPa	161
13-	P & B 2.1	Algodão seco	7.687 MPa	171
14-	P & B 2.1	Algodão seco	12.57 MPa	189
15-	P & B 2.1	Algodão seco	11.51 MPa	197
<b>01-</b>	<b>SBMU</b>	<b>Algodão seco</b>	<b>11.79 MPa</b>	<b>03</b>
02-	SBMU	Algodão seco	16.88 MPa	20
03-	SBMU	Algodão seco	20.09 MPa	31
04-	SBMU	Algodão seco	18.35 MPa	51
05-	SBMU	Algodão seco	13.221 MPa	60
06-	SBMU	Algodão seco	20.741 MPa	82
07-	SBMU	Algodão seco	16.228 MPa	86
08-	SBMU	Algodão seco	12.18 MPa	109
09-	SBMU	Algodão seco	14.964 MPa	123
10-	SBMU	Algodão seco	12.29 MPa	133
11-	SBMU	Algodão seco	17.514 MPa	143
12-	SBMU	Algodão seco	24.17 MPa	156
13-	SBMU	Algodão seco	11.356 MPa	180
14-	SBMU	Algodão seco	19.73 MPa	185
15-	SBMU	Algodão seco	12.44 MPa	207
<b>01-</b>	<b>P &amp; B 2.1</b>	<b>Algodão úmido</b>	<b>17.49 MPa</b>	<b>12</b>

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C.P.
02-	P & B 2.1	Algodão úmido	PERDIDO	27
03-	P & B 2.1	Algodão úmido	24.41 MPa	33
04-	P & B 2.1	Algodão úmido	24.51 MPa	46
05-	P & B 2.1	Algodão úmido	21.41 MPa	68
06-	P & B 2.1	Algodão úmido	17.56 MPa	72
07-	P & B 2.1	Algodão úmido	22.93 MPa	92
08-	P & B 2.1	Algodão úmido	23.42 MPa	108
09-	P & B 2.1	Algodão úmido	24.78 MPa	121
10-	P & B 2.1	Algodão úmido	26.81 MPa	135
11-	P & B 2.1	Algodão úmido	27.86 MPa	151
12-	P & B 2.1	Algodão úmido	26.94 MPa	167
13-	P & B 2.1	Algodão úmido	24.07 MPa	175
14-	P & B 2.1	Algodão úmido	24.54 MPa	193
15-	P & B 2.1	Algodão úmido	20.37 MPa	203
01-	<b>SBMU</b>	<b>Algodão úmido</b>	<b>18.94 MPa</b>	<b>06</b>
02-	SBMU	Algodão úmido	16.116 MPa	28
03-	SBMU	Algodão úmido	18.68 MPa	37
04-	SBMU	Algodão úmido	29.352 MPa	43
05-	SBMU	Algodão úmido	18.638 MPa	61
06-	SBMU	Algodão úmido	9.398 MPa	84
07-	SBMU	Algodão úmido	11.64 MPa	96

**Anexo 1**

<b>BLOCO</b>	<b>TRATAMENTO</b>	<b>CONDIÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>Nº C. P.</b>
08-	SBMU	Algodão úmido	18.708 MPa	104
09-	SBMU	Algodão úmido	15.864 MPa	113
10-	SBMU	Algodão úmido	10.83 MPa	137
11-	SBMU	Algodão úmido	20.90 MPa	144
12-	SBMU	Algodão úmido	23.31 MPa	166
13-	SBMU	Algodão úmido	25.15 MPa	179
14-	SBMU	Algodão úmido	25.36 MPa	192
15-	SBMU	Algodão úmido	16.71 MPa	198
<b>01-</b>	<b>P &amp; B 2.1</b>	<b>Esponja</b>	<b>PERDIDO</b>	<b>02</b>
02-	P & B 2.1	Esponja	6.27 MPa	16
03-	P & B 2.1	Esponja	PERDIDO	42
04-	P & B 2.1	Esponja	19.65 MPa	48
05-	P & B 2.1	Esponja	17.17 MPa	69
06-	P & B 2.1	Esponja	15.421 MPa	73
07-	P & B 2.1	Esponja	21.67 MPa	91
08-	P & B 2.1	Esponja	17.51 MPa	102
09-	P & B 2.1	Esponja	13.31 MPa	119
10-	P & B 2.1	Esponja	8.125 MPa	138
11-	P & B 2.1	Esponja	8.708 MPa	150
12-	P & B 2.1	Esponja	16.63 MPa	163
13-	P & B 2.1	Esponja	12.33 MPa	173

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
14-	P & B 2.1	Esponja	15.51 MPa	187
15-	P & B 2.1	Esponja	11.73 MPa	205
01-	<b>SBMU</b>	<b>Esponja</b>	<b>11.62 MPa</b>	<b>05</b>
02-	SBMU	Esponja	PERDIDO	15
03-	SBMU	Esponja	9.104 MPa	36
04-	SBMU	Esponja	14.32 MPa	53
05-	SBMU	Esponja	7.337 MPa	64
06-	SBMU	Esponja	12.80 MPa	71
07-	SBMU	Esponja	9.603 MPa	87
08-	SBMU	Esponja	4.414 MPa	106
09-	SBMU	Esponja	12.69 MPa	118
10-	SBMU	Esponja	10.94 MPa	139
11-	SBMU	Esponja	17.30 MPa	145
12-	SBMU	Esponja	PERDIDO	164
13-	SBMU	Esponja	18.05 MPa	182
14-	SBMU	Esponja	13.30 MPa	190
15-	SBMU	Esponja	16.73 MPa	202
01-	<b>P &amp; B 2.1</b>	<b>Papel absorvente</b>	<b>18.31 MPa</b>	<b>04</b>
02-	P & B 2.1	Papel absorvente	7.934 MPa	23
03-	P & B 2.1	Papel absorvente	6.26 MPa	32
04-	P & B 2.1	Papel absorvente	14.73 MPa	49

Anexo 1

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
05-	P & B 2.1	Papel absorvente	14.69 MPa	63
06-	P & B 2.1	Papel absorvente	9.519 MPa	79
07-	P & B 2.1	Papel absorvente	13.95 MPa	90
08-	P & B 2.1	Papel absorvente	5.934 MPa	103
09-	P & B 2.1	Papel absorvente	18.83 MPa	126
10-	P & B 2.1	Papel absorvente	20.79 MPa	132
11-	P & B 2.1	Papel absorvente	18.91 MPa	147
12-	P & B 2.1	Papel absorvente	5.859 MPa	168
13-	P & B 2.1	Papel absorvente	16.11 MPa	177
14-	P & B 2.1	Papel absorvente	19.99 MPa	194
15-	P & B 2.1	Papel absorvente	18.16 MPa	201
<b>01-</b>	<b>SBMU</b>	<b>Papel absorvente</b>	<b>15.42 MPa</b>	<b>11</b>
02-	SBMU	Papel absorvente	10.22 MPa	18
03-	SBMU	Papel absorvente	8.787 MPa	38
04-	SBMU	Papel absorvente	12.279 MPa	52
05-	SBMU	Papel absorvente	13.87 MPa	59
06-	SBMU	Papel absorvente	17.957 MPa	81
07-	SBMU	Papel absorvente	24.69 MPa	85
08-	SBMU	Papel absorvente	13.54 MPa	107
09-	SBMU	Papel absorvente	18.80 MPa	124
10-	SBMU	Papel absorvente	14.340 MPa	129

---

BLOCO	TRATAMENTO	CONDIÇÃO	RESULTADO	Nº C. P.
11-	SBMU	Papel absorvente	16.24 MPa	149
12-	SBMU	Papel absorvente	18.16 MPa	159
13-	SBMU	Papel absorvente	21.00 MPa	170
14-	SBMU	Papel absorvente	22.17 MPa	186
15-	SBMU	Papel absorvente	16.56 MPa	209

## ANEXO 2 ANÁLISE ESTATÍSTICA<sup>2</sup>

General Linear Models Procedure  
Class Level Information

CLASS	LEVELS	VALUES
BLOCO	15	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
GRUPO	14	G1 G10 G11 G12 G13 G14 G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9

Number of observations in data set = 210

NOTE: All dependent variable are consistent with respect to the presence or absence of missing values. However only 188 observations can be used in this analysis.

Dependent Variable: RESULT

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F
MODEL	27	6100.94146	225.96079	13.04	0.0001
ERROR	160	2771.81846	17.32387		
CORRECTED TOTAL	187	8872.75992			

R-Square	C.V.	Root MSE	RESULT Mean
0.687604	28.44947	4.16219	14.6301

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOCO	14	313.48226	22.39159	1.29	0.2172
GRUPO	13	5573.82919	428.75609	24.75	0.0001

<sup>2</sup> The SAS System, 1994

Dependent Variable: RESU07

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
<b>Model</b>	27	743.508980	27.537370	15.13	0.0001
<b>Error</b>	160	291.211191	1.820070		
<b>Corrected Total</b>	187	1034.720172			

R-Square	C.V.	Root MSE	RESU07 Mean
0.718560	21.28743	1.34910	6.33754

Dependent Variable: RESU07

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
<b>BLOCO</b>	14	31.155180	2.225370	1.22	0.2636
<b>GRUPO</b>	13	685.525681	52.732745	28.97	0.0001

Least Squares Means

GRUPO	RESULT LSMEAN	LSMEAN Number
G1	8.2371851	1
G10	18.6397333	2
G11	13.9361594	3
G12	12.1106184	4
G13	13.9984000	5
G14	16.2688667	6
G2	19.4561821	7
G3	21.2909627	8
G4	14.6270000	9
G5	2.6932602	10
G6	2.3519660	11
G7	13.4711054	12
G8	16.1296000	13

## Least Squares Means

GRUPO	RESU07 LSMEAN	LSMEAN Number
G1	4.21380029	1
G10	7.67831916	2
G11	6.24573082	3
G12	5.67393682	4
G13	6.23337025	5
G14	6.99517419	6
G2	7.94870202	7
G3	8.46178718	8
G4	6.50701408	9
G5	1.85926239	10
G6	1.63642934	11
G7	6.13039046	12
G8	6.96362382	13

## Least Squares Means

GRUPO	RESU07 LSMEAN	LSMEAN Number
G9	9.01664398	14

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

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	.	0.0001	0.0001	0.0058	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
2	0.0001	.	0.0059	0.0001	0.0038	0.1674	0.5910	0.1377
3	0.0001	0.0059	.	0.2849	0.9808	0.1459	0.0014	0.0001
4	0.0058	0.0001	0.2849	.	0.2770	0.0109	0.0001	0.0001
5	0.0001	0.0038	0.9808	0.2770	.	0.1240	0.0008	0.0001
6	0.0001	0.1674	0.1459	0.0109	0.1240	.	0.0594	0.0059
7	0.0001	0.5910	0.0014	0.0001	0.0008	0.0594	.	0.3386
8	0.0001	0.1377	0.0001	0.0001	0.0001	0.0059	0.3386	.

Least Squares Means for effect GRUPO

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

Dependent Variable: RESU07

i/j	1	2	3	4	5	6	7	8
9	0.0001	0.0186	0.6112	0.1063	0.5793	0.3232	0.0046	0.0003
10	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
11	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
12	0.0003	0.0024	0.8255	0.3834	0.8377	0.0869	0.0005	0.0001
13	0.0001	0.1488	0.1635	0.0129	0.1402	0.9490	0.0515	0.0049
14	0.0001	0.0085	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0385	0.2991

Least Squares Means for effect GRUPO

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

Dependent Variable: RESU07

i/j	9	10	11	12	13	14
1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001
2	0.0186	0.0001	0.0001	0.0024	0.1488	0.0085
3	0.6112	0.0001	0.0001	0.8255	0.1635	0.0001
4	0.1063	0.0001	0.0001	0.3834	0.0129	0.0001
5	0.5793	0.0001	0.0001	0.8377	0.1402	0.0001
6	0.3232	0.0001	0.0001	0.0869	0.9490	0.0001
7	0.0046	0.0001	0.0001	0.0005	0.0515	0.0385
8	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0049	0.2991
9	.	0.0001	0.0001	0.4543	0.3554	0.0001
10	0.0001	.	0.7269	0.0001	0.0001	0.0001

Least Squares Means for effect GRUPO

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

Dependent Variable: RESU07

i/j	9	10	11	12	13	14
11	0.0001	0.7269	.	0.0001	0.0001	0.0001
12	0.4543	0.0001	0.0001	.	0.0990	0.0001
13	0.3554	0.0001	0.0001	0.0990	.	0.0001
14	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	.

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

### General Linear Models Procedure

Dependent Variable: RESU07

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
<del>G1+G3+G5+G7+G9+G11+G13</del> <del>G2+G4+G6+G8+G10+G12+G14</del>	1	1.4225980	1.4225980	0.78	0.3780

Dependent Variable: RESULT

Contrast	DF	Contrast SS	Mean Square	F Value	Pr > F
<del>G1+G3+G5+G7+G9+G11+G13</del> <del>G2+G4+G6+G8+G10+G12+G14</del>	1	6.97487	6.97487	0.40	0.5266