

CÉSAR ROGÉRIO PUCCI

**ESTUDO COMPARATIVO *IN VITRO* DA RESISTÊNCIA AO
CISALHAMENTO DE SISTEMAS ADESIVOS EM DENTINA HUMANA:
uso de hipoclorito de sódio em sistemas convencionais ou *primers*
acidificados**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos,
Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em
ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Área de Concentração em
Odontologia Restauradora.



Orientadora: Profa. Tit. Maria Amélia Máximo de Araújo

São José dos Campos

2002

± D15
P361.2
± 1552

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

BELLINI, A.B.; SILVA, E.A. **Manual para elaboração de monografias: estrutura de trabalho científico.** São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2002. 82p.

PUCCI, C. R. **Estudo comparativo *in vitro* da resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos em dentina humana: uso de hipoclorito de sódio em sistemas convencionais ou *primers* acidificados.** 2002. 201f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais **ELISA FERREIRA PUCCI** e **OSWALDO AMÉRICO PUCCI**, pelo incentivo constante à minha formação e, participação em minhas conquistas e sobretudo pelo amor incondicional.

À **REGIANE MARTON** pelo exemplo de companheirismo, paciência e cuja contribuição foi fundamental para a realização desse trabalho.

Ao Professor Doutor **DÁLVIO GUIDI** (in memorian) pela amizade sincera ao longo dos anos e por todas oportunidades à mim concedidas, a minha sempre e eterna gratidão.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À DEUS, por colocar em meu caminho uma pessoa especial como a Profª Titular **MARIA AMÉLIA MÁXIMO DE ARAÚJO**. Pessoa de capacidade indiscutível, com quem, a oportunidade de conviver e trabalhar traz juntamente a oportunidade de crescer profissional e pessoalmente, à qual, agradeço o tempo concedido, a orientação dedicada, a confiança depositada e a amizade concretizada.

Ao Prof. Dr. **NEWTON JOSÉ GIACHETTI**, pela amizade sincera e engrandecedora, e pela colaboração oferecida na a realização deste trabalho, por mostrar os passos de firmeza, honestidade e responsabilidade a serem seguidos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos **Branca Regina Pucci e Carlos Clayton Pucci**, pelo incentivo e apoio, em toda minha carreira profissional e especialmente durante a realização deste curso.

Aos amigos da disciplina de Dentística Restauradora e Clínica Odontológica Integrada da Faculdade de Odontologia da UMESP, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência, especialmente aos professores **Jorge Imai, Edécio A. Brevilieri, Leonardo Cerioni, José A. S. Neves, Carlos A. Raposo, Antonio C. Gordilho.**

Aos colegas de curso, **Dimas Renó, Alessandra B. Amendola , Ana Lúcia Marsilio, e Claudio A. Talge Carvalho**, pela agradável convivência.

Aos professores do Departamento de Odontologia Restauradora, **Clóvis Pagani, João Cândido de Carvalho, Maria Filomena R. L. Huhtala, José Roberto Rodrigues, Regina Célia S. P. Silva, Sérgio Eduardo de Paiva Gonçalves, Rosehelene Marotta Araújo**, pela amizade e contribuição em minha formação.

À Prof. **Marcia Carneiro Valera**, muito obrigada pela atenção e orientação em todos os momentos, pelos conhecimentos transmitidos e pela ajuda durante as etapas deste trabalho.

À **Ângela de Brito Bellini**, pela normalização desse trabalho e minuciosa revisão bibliográfica.

Às secretárias **Teresinha Santana de Oliveira Costa e Liliane Marques Franquito**, pelo apoio e amizade durante todo o curso.

À **Michele Silvério Fernandes**, pelo apoio em toda a fase laboratorial do trabalho.

Às secretárias **Rose, Herena e Cidinha**, pela constante colaboração durante todo o curso.

À Professora **Ines Regina Umeoka** pela revisão de ortografia e gramática.

Ao **Prof. Ivan Bauducci** pela revisão da análise estatística.

À **CAPES**, pelo apoio ao Programa de Pós Graduação

À **AMR/CTA**, à pessoa de **Rodolfo de Queiroz Padilha**, pela colaboração na realização dos testes laboratoriais.

À **J. Morita Brasil** e **J. Morita USA**, pela doação dos materiais utilizados na realização da pesquisa.

À **Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP**, que me acolheu dando condições e estrutura para meu crescimento profissional.

À **UMESP**, pelo apoio constante em minha formação acadêmica e oportunidades à mim concedidas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	08
LISTA DE TABELAS E QUADROS	09
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
RESUMO	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Considerações sobre a dentina.....	20
2.2 Adesivos autocondicionantes.....	67
2.3 Desproteção com hipoclorito de sódio	92
3 PROPOSIÇÃO.....	125
4 MATERIAL E MÉTODO.....	126
4.1 Adequação e preparo dos dentes	126
4.2 Preparo do corpo de prova	128
4.3 Materiais empregados.....	130
4.4 Divisão dos grupos.....	131
4.5 Inserção da resina composta	135
4.6 Teste de resistência ao cisalhamento	138
4.7 Análise do tipo de fratura	139
4.8 Metodologia estatística	141
5 RESULTADOS	142
5.1 Resistência ao cisalhamento.....	142
5.2 Análise do tipo de fratura	148
6 DISCUSSÃO.....	155
6.1 Da metodologia.....	155
6.2 Dos resultados	169
7 CONCLUSÕES.....	182
8 REFERÊNCIAS.....	183

ANEXO	199
<i>ABSTRACT</i>.....	200

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Corte da raiz e seccionamento segundo um	127
FIGURA 2 - Dente seccionado e incluído no bloco de resina	128
FIGURA 3 - Espessura de dentina padronizada em 2 mm	129
FIGURA 4 - Delimitação da área de adesão em 3 mm	130
FIGURA 5 - Dispositivo metálico para inserção da resina	135
FIGURA 6 - Espécime pronto para o teste de cisalhamento	136
FIGURA 7 - Distribuição dos espécimes e delineamento	137
FIGURA 8 - Ponta posicionada para cisalhamento.....	138
FIGURA 9 - Fratura tipo I - coesiva na resina composta	139
FIGURA 10 - Fratura tipo II - coesiva na dentina.....	140
FIGURA 11 - Fratura tipo III - adesiva na interface dentina/adesivo..	140
FIGURA 12 - Fratura tipo IV - mista (combinação de fratura	141
FIGURA 13 - Desempenho esquemático "Box-and-whisker plot".....	145
FIGURA 14 - Valores médios e desvio padrão da resistência	146
FIGURA 15 - Distribuição em porcentagem do tipo de fratura das....	150
FIGURA 16 - Fratura adesiva - superfície do cilindro de resina.....	151
FIGURA 17 - Fratura adesiva - superfície dentinária	152
FIGURA 18 - Fratura mista - superfície dentinária.....	153
FIGURA 19 - Fratura mista - superfície do cilindro de resina	153
FIGURA 20 - Simulação das fases da fratura e respectivas.....	154

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Materiais empregados, fabricantes, lotes e	131
Quadro 2 - Divisão dos grupos conforme a utilização dos.....	134
Tabela 1 - Dados de resistência adesiva ao cisalhamento	143
Tabela 2 - Estatística descritiva referente aos materiais.....	144
Tabela 3 - Análise de variância da resistência adesiva	147
Tabela 4 - Diferença das médias, com nível de significância	148
Tabela 5 - Classificação do tipo de fratura de acordo com as	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA = Análise de variância

Bis-HEMA = Bisfenol A-polietilenoglicol Dieter Dimetacrilato

Bis-GMA = Bisfenol A-Diglicedil Eter Dimetacrilato

CQ = Canforoquinona

EDTA = Ácido Etilenodiamino Tetraacético

Fenil-P = 2-Metacriloxietil Fenil-Hidrogênio Fosfatado

4-MET = 4 Metacriloxietil do Ácido Trimelitato

4-META = 4 Metacriloxietil Anidrido de Trimelitato

HEMA = Hidroxi Etil Metacrilato

HETMA = Hidroxi Etil Tri-Metacrilato

HPO_4 = Íon Fosfato

H_3PO_4 = Ácido Fosfórico

MET - Microscopia Eletrônica de Transmissão

MEV = Microscopia Eletrônica de Varredura

MEV-EC = Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo

MFA = Microscopia de Força Atômica

MMA = Metil Metacrilato

MPa = Mega Pascal

MVLC = Microscopia de Varredura Laser Confocal

NaClO = Hipoclorito de sódio

NPG = N-Fenilglicina

PMMA = Polimetil Metacrilato

TBB = Tri-n-Butil Borano

TEGDMA = Trietilenoglicol Dimetacrilato

UDMA = Uretano Dimetacrilato

min = minutos

s = segundos

μm = micrometro

nm = nanômetro

1MPa = 0,102 Kgf / mm²

PUCCL, C.R. **Estudo comparativo *in vitro* da resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos em dentina humana: uso do hipoclorito de sódio em sistemas convencionais ou *primers* acidificados.** 2002. 201 f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2003.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente, *in vitro*, a resistência adesiva ao cisalhamento de sistemas adesivos convencionais com e sem a remoção do colágeno com hipoclorito de sódio a 10% e adesivos autocondicionantes. Utilizou-se 48 molares humanos extraídos por indicação cirúrgica ou ortodôntica que, após a limpeza, foram armazenados em freezer a -18°C . Os dentes foram seccionados em um plano axial mesio-distal separando-os em duas metades, vestibular e lingual. Após o embutimento em resina acrílica, tiveram as superfícies vestibular e lingual desgastadas com lixa numa seqüência de granulação decrescente para padronizar a *smear layer* e expor a dentina até a espessura de 2 mm. A área de adesão foi delimitada em 3 mm de diâmetro. Os espécimes foram divididos em seis grupos, de acordo com o sistema adesivo e o tratamento dentinário realizado: OBF - adesivo autocondicionante One-Up Bond F (Tokuyama); CSEB - *primer* autocondicionante Clearfil SE Bond (Kuraray); SB - Single Bond (3M); SBMP - Scotchbond Multi Uso Plus (3M); SBH - após o condicionamento ácido foi utilizado o hipoclorito de sódio a 10% (AD Gel - Kuraray) durante um minuto e em seguida utilizado o Single Bond; SBMPH - após o condicionamento ácido foi utilizado o hipoclorito de sódio a 10% (AD Gel - Kuraray) durante um minuto e, em seguida, utilizado o Scotchbond Multi Uso Plus. A resina composta Z-100 (3M) foi inserida pela técnica incremental, em matriz metálica, sobre a área preparada. O ensaio mecânico de cisalhamento foi realizado em uma máquina Instron Universal à velocidade de 0,5 mm/min. As superfícies fraturadas foram analisadas em estereomicroscópio (Karl Zeiss). Os dados foram submetidos à análise estatística, empregando-se os testes ANOVA e Tukey. Os resultados demonstraram os seguintes valores em MPa: CSEB - 24,362; SB - 20,956; SBH - 17,825; OBF - 17,355; SBMP - 17,218; SBMPH - 14,169. Concluímos que o adesivo autocondicionante CSEB apresentou resistência adesiva significativamente maior do que os adesivos OBF, SBMP. O adesivo autocondicionante com o uso de *primer* acidificado, apresentou resistência adesiva estatisticamente superior àquela em que o *primer* e adesivo são aplicados conjuntamente. A utilização do hipoclorito de sódio não melhorou significativamente a resistência adesiva nos sistemas adesivos convencionais.

PALAVRAS-CHAVE: Cisalhamento; adesão; adesivo; desproteinização.

1 INTRODUÇÃO

A odontologia atravessa um período de constante progresso em relação a novos materiais e técnicas. As modificações resultantes desse contexto são primordiais na conquista da longevidade, durabilidade, praticidade e otimização dos tratamentos executados. Ao longo dessa contínua evolução, observam-se momentos que causam impacto na classe odontológica, ora deparando-se com conceitos que contradizem as filosofias da época e por vezes novidades revolucionárias que somente o tempo será capaz de julgá-las.

O processo de união entre os materiais restauradores e a estrutura dental também passa por um longo e árduo período de investigação. Desde os anos 50, as pesquisas que visam adesão provocam muitas controvérsias.

O químico suíço Dr. Oscar Hagger desenvolveu, em um trabalho pioneiro, o ácido glicero-fosfórico-dimetacrilato, que permitiu aderir resina acrílica às paredes do preparo cavitário. Sua patente data de 21 de julho de 1949, com o nome de Selante Cavitário Sevriton, comercializado em conjunto com a resina quimicamente ativada Sevriton, para uso na dentística restauradora (Mc LEAN et al.⁷¹, 2000).

Na investigação de Kramer & Mc Lean⁶⁷, em 1952, foi demonstrado que o ácido glicero-fosfórico-dimetacrilato melhorava a adesão à dentina pela penetração na superfície e formação de uma camada intermediária de alguns micrômetros, identificada pela aplicação de corantes histopatológicos, pois a dentina, com a aplicação do ácido, demonstrou um manchamento maior do que a dentina controle.

Em 1955, Buonocore¹⁹ conduziu experimento no qual empregou ácido fosfórico a 85% na superfície de esmalte por 30 s,

promovendo uma descalcificação ácida e criando micro-retenções que proporcionavam, efetivamente, um aumento* na união das resinas acrílicas restauradoras ao dente.

Esses trabalhos foram as primeiras tentativas de unir a dentina e o esmalte aos materiais restauradores, e suas idéias constituem uma revolução, dando início à odontologia adesiva.

Os materiais restauradores utilizados na época eram baseados no metil-metacrilato, que possui alta viscosidade. Continham monômeros livres e apresentavam alta contração de polimerização, propriedades indesejáveis para assegurar uma longevidade adesiva à estrutura dental.

As pesquisas na área de odontologia adesiva continuaram e culminaram, em 1961, com o *workshop* sobre "Adesão dos Materiais Dentários Restauradores", organizado por Phillips* citado por Mc LEAN et al.⁷¹, 2000 e que, sem dúvida, impulsionou consideravelmente os futuros trabalhos sobre adesividade.

Os procedimentos realizados antes desse período eram caracterizados pelo desgaste da estrutura dental sadia, justificada na busca de retenção para os materiais disponíveis na época. O desenvolvimento dos materiais com característica adesiva permitiu a realização de procedimentos conservadores, consequentemente, evitando o desgaste desnecessário da estrutura dental sadia.

Em 1965 Bowen¹⁷ propôs que monômeros ativos de superfície fossem desenvolvidos para facilitar a adesão à superfície do dente; dessa forma, foram produzidos monômeros que possuíam componentes hidrofóbicos e hidrofílicos, os quais foram utilizados

*PHILLIPS, R.W. citado por Mc LEAN, W.J.; ROULET, J.F.; MICHEL, D. Historical Overview: the pioneers of enamel and bonding. In ROULET, J.F.; DEGRANE, M. **Adhesion: the silent revolution in dentistry**. Illinois: Quintessence books, 2000. Chap. 1, p. 13-37.

inicialmente em esmalte, demonstrando bons resultados. Baseados nesses conceitos, foram também utilizados para adesão à dentina.

O desempenho dos adesivos na superfície dentinária era precário devido às características histológicas e estruturais da dentina, muito diferentes do esmalte. A presença de uma camada amorfa produzida por instrumentos cortantes rotatórios, conhecida como *smear layer* ou camada de esfregaço (EICK et al.³⁵, 1970), também interfere diretamente na adesividade dentinária.

A dentina constitui a maior parte do órgão dental e a retenção micromecânica é dificultada, pois possui uma umidade intrínseca, devido à presença dos túbulos dentinários que contêm em seu interior o fluido dentinário. Os túbulos dentinários se irradiam a partir da polpa, através da dentina, tornando esta altamente permeável. Próximo ao limite amelo-dentinário, sua densidade gira em torno de 20 mil túbulos por mm² e, próximo à polpa, sua densidade está em torno de 40 mil túbulos por mm². O diâmetro dos túbulos dentinários variam de aproximadamente 0,8µm, próximo ao limite amelo-dentinário, para aproximadamente 2,5µm junto à polpa (GARBEROGLIO & BRÄNNSTRÖM⁴³, 1976; ERICKSON³⁷, 1992; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997), diminuindo consideravelmente o volume da dentina intertubular, devido ao aumento da luz do túbulo dentinário.

O conhecimento mais aprofundado da estrutura dentinária e também da camada de esfregaço proporcionou o conceito de condicionamento total de esmalte e dentina, proposto por Fusayama et al.⁴², em 1979, promovendo a remoção completa da *smear layer* e possibilitando a exposição das fibras colágenas, dando subsídios para a formação da *camada híbrida* ou hibridização da dentina, definida por Nakabayashi et al.⁷⁷, em 1982, como uma camada ácido-resistente abaixo da interface adesiva, formada pela interpenetração ou interdifusão do monômero resinoso entre as fibras colágenas expostas pelo

condicionamento ácido. Obteve-se dessa forma o principal mecanismo de retenção dos sistemas adesivos na dentina.

Além da hibridização, existe também a penetração do monômero resinoso nos túbulos dentinários (*tags* de resina), fator que somente contribui para a retenção final se houver hibridização adequada nas paredes laterais dos túbulos, onde há menor quantidade de colágeno disponível para hibridização (VAN MEERBEEK et al.¹³¹, 1996; NAKABAYASHI & PASHLEY⁷⁵, 1998).

A permeabilidade dos substratos para a adesão aos monômeros e a difusibilidade dos monômeros nos substratos são fatores essenciais para a hibridização. A taxa de difusão está relacionada com a concentração, temperatura, viscosidade da solução, afinidade do monômero pelo substrato e tensão superficial. Nos sistemas adesivos que contém água na sua composição, observa-se menor sensibilidade técnica; no entanto sua difusão é mais lenta. Por outro lado, onde os solventes são exclusivamente álcool ou acetona, observa-se maior velocidade de difusão, porém são mais sensíveis, principalmente em relação à umidade. Caso a dentina apresente-se demasiadamente seca, esses componentes não são capazes de fazer o substrato expandir-se novamente, ficando o processo adesivo comprometido (IWAMI et al.⁵⁷, 1998; NAKABAYASHI & PASHLEY⁷⁵ 1998).

A evolução dos sistemas adesivos e o aumento gradativo do conhecimento da superfície dentinária ampliaram as expectativas com relação à longevidade das restaurações adesivas, porém, o conceito de condicionamento ácido para formação da *camada híbrida* vem sendo hoje discutido em virtude da possibilidade da ocorrência de falhas. O condicionamento ácido, quando realizado de forma excessiva, possibilita a formação de uma superfície de dentina condicionada muito profunda; o adesivo pode não se infiltrar completamente na mesma, originando uma região onde as fibras colágenas expostas apresentam-se fragilizadas e

mais suscetíveis à hidrólise (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993; SANO et al.¹⁰⁴, 1994; BURROW et al.²⁰, 1996; TAY et al.¹²⁴, 2000).

A manutenção da umidade dentinária após o condicionamento ácido é outro fator que contribui para a introdução de falhas na hibridização. Gwinnett⁴⁶, em 1992, propôs a adesão à dentina úmida, a qual apresentou melhores padrões de hibridização. Entretanto, torna-se complicada a determinação exata da umidade dentinária, pois tanto o ressecamento da dentina quanto sua umidade excessiva são desfavoráveis a uma satisfatória hibridização (TAY et al.¹²⁰⁻¹, 1996).

O início da polimerização do adesivo, imediatamente após sua aplicação na dentina condicionada, também pode facilitar o surgimento de regiões onde as fibras colágenas expostas não são completamente envolvidas pelo adesivo, apresentando áreas de fragilidade na hibridização (NAKABAYASHI & SAIMI⁷⁶, 1996; ROSALES LEAL et al.⁹⁵, 2001).

A melhoria da qualidade de união dos sistemas adesivos apresentou-se acompanhada de uma maior complexidade técnica de aplicação clínica, com a necessidade de execução de múltiplos passos operatórios, dificultando o trabalho do profissional e, de certa forma, comprometendo a homogeneidade dos resultados da adesão.

Atualmente, observa-se uma tendência ao desenvolvimento de sistemas mais simples, que associam passos operatórios, no sentido de tornar a técnica adesiva menos sensível, diminuindo as possibilidades de erros e, conseqüentemente, de falhas na adesão, como o excessivo condicionamento ácido ou o ressecamento da dentina (WATANABE et al.¹³⁸, 1994). Quando esses materiais, conhecidos como autocondicionantes, são aplicados sobre a *smear layer*, promovem uma descalcificação superficial e, simultaneamente, promovem a infiltração do monômero resinoso, sem a utilização de ácido fosfórico e a necessidade de lavar e secar, eliminando a subjetividade da umidade dentinária ideal, resultando na formação de uma *camada híbrida*

de pequena espessura, porém mais uniformemente infiltrada (YOSHIYAMA et al.¹⁴¹, 1996; KOIBUCHI et al.⁶⁶, 2001).

As dificuldades encontradas com a presença do colágeno na hibridização incentivaram a tentativa de desnaturação do colágeno dentinário através da aplicação do hipoclorito de sódio após o condicionamento total com ácido fosfórico. Essa descalcificação promove o surgimento de uma dentina mais porosa, com características semelhantes ao esmalte, onde os túbulos dentinários apresentam-se alargados sem a presença do colágeno que poderia inibir a difusão do adesivo no interior do substrato dentinário, devido ao ressecamento ou umidade excessiva, comprometendo a efetividade da adesão (VARGAS et al.¹³⁵, 1997; SAKAE et al.¹⁰¹, 1988).

A utilização dessas substâncias com a finalidade de remoção da matéria orgânica dentinária foi conceituada como uma técnica diferenciada no tratamento do substrato dentinário, na qual a hibridização com o embricamento micromecânico do monômero resinoso entre as fibras colágenas não é fundamental na obtenção de uma adesão efetiva (FUJITA et al.⁴⁰, 1990; CHERSONI et al.²⁸, 1998). A difusão do adesivo sobre a superfície desnaturada torna-se facilitada devido à ausência do colágeno, promovendo a união entre a estrutura mineral do substrato dentinário e os monômeros resinosos, eliminando o surgimento de falhas provenientes de regiões com colágeno desprotegido (WAKABAYASHI et al.¹³⁶, 1994; UNO & FINGER¹²⁹, 1995).

Entretanto, com o advento dos sistemas autocondicionantes, o emprego da técnica de desproteinização torna-se incompatível, uma vez que não existe o condicionamento ácido total da superfície dentinária separadamente. Diante desse fato surgem as seguintes dúvidas: a desproteinização seria um procedimento significativo no aumento da resistência adesiva ou seria apenas mais um procedimento clínico que aumenta o tempo de trabalho ? Os sistemas autocondicionantes, com número reduzido de tempos operatórios,

promovem uma resistência adesiva elevada, comparável aos sistemas adesivos com condicionamento total e com a técnica de desproteinização ?

Com o objetivo de determinar a técnica mais eficiente de tratamento do substrato dentinário e testar a hipótese de que diferentes técnicas adesivas e tratamento dentinário interferem significativamente na resistência adesiva à dentina, fizemos um estudo laboratorial para verificar, comparativamente, o desempenho no teste de cisalhamento, dos sistemas adesivos convencionais que utilizam o condicionamento ácido total, com e sem a aplicação prévia do hipoclorito de sódio, e sistemas adesivos autocondicionantes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No intuito de organizar adequadamente a Revisão da Literatura e tornar o texto de fácil compreensão, este capítulo será dividido em três tópicos: **2.1 – considerações sobre a dentina e sistemas adesivos convencionais** - no qual iremos observar a qualidade e efetividade da adesão ao substrato dentinário em diferentes condições; **2.2 – adesivos autocondicionantes** - onde serão incluídos trabalhos relacionados aos materiais e técnicas autocondicionantes, verificando sua forma de atuação e efetividade no substrato dentinário; **2.3 – desproteinização com hipoclorito de sódio** - no qual serão descritos estudos do tratamento do substrato dentinário com hipoclorito de sódio, analisando seu desempenho no processo de adesão.

2.1 Considerações sobre a dentina e sistemas adesivos convencionais

A efetividade da solução 4-META no procedimento adesivo foi verificada por Nakabayashi et al.⁷⁷ em 1982, em um estudo onde um cilindro de acrílico foi aderido ao esmalte e à dentina humana e bovina condicionadas com uma solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%. Nesse estudo, observaram que monômeros resinosos com grupos hidrofóbicos e hidrofílicos, como o 4-META, infiltravam-se entre as fibras colágenas expostas pelo tratamento ácido e, posteriormente à

polimerização, verificaram a presença de uma zona mista, ácido-resistente, de dentina desmineralizada permeada pela resina, abaixo da interface adesiva, chamada de *camada híbrida*. Essa camada promovia um aumento na resistência da união da resina à dentina. Esse estudo demonstrou que a obtenção de uma adesão efetiva não se dava exclusivamente pela formação de *tags* no interior de túbulos dentinários, como até então era preconizado, mas a retenção micromecânica ocorria principalmente entre os agentes resinosos e as fibras colágenas da dentina intertubular. Por promover uma mudança de conceito, esse trabalho é considerado um marco na odontologia.

Em 1986, Mitchem & Gronas⁷⁴, em um estudo no qual avaliaram os efeitos do tempo após a extração dos dentes e da espessura dentinária remanescente nos valores de resistência de união, utilizaram terceiros molares humanos extraídos que, depois de preparados, foram submetidos a testes de cisalhamento. Cinco sistemas adesivos diferentes foram avaliados: Bondlite, Dentin Adhesit, Durafil Dentin Adhesive, J & J Dentin Adhesive e Scotchbond, sendo a mensuração das resistências de união feita em uma máquina de testes universal Instron e mensuradas em Kgf. Os resultados mostraram que o tempo após a extração (variando num período de 1 a 26 dias) não interferiu na adesão. No que se referiu à espessura de remanescente dentinário, observaram diferença significativa na resistência de união (para espessuras de 2mm, 1,5mm e 0,75mm os valores de resistência adesiva foram respectivamente de 4,90, 4,17, 2,77 Kgf).

Avaliando o efeito do local da adesão na resistência adesiva à dentina, Suzuki & Finger¹¹⁴, em 1988, utilizaram três sistemas adesivos (Clearfil New Bond, Gluma Dentin Bond e Scotchbond). Após os testes de resistência adesiva, mensuraram a espessura de dentina remanescente entre a superfície adesiva e a câmara pulpar e, utilizando microscopia eletrônica de varredura, calcularam a densidade dos túbulos por área nos respectivos locais de adesão. Os resultados demonstraram

que os valores de resistência adesiva para os três materiais foram aproximadamente entre 30 e 40% inferiores para dentina próxima à polpa, quando comparados à dentina superficial. Os autores concluíram, traçando uma correlação entre a quantidade de dentina remanescente, área de dentina sólida (dentina intertubular) e resistência adesiva, que os valores de adesão eram diretamente proporcionais à área de dentina sólida na superfície.

Utilizando um único sistema adesivo (Scotchbond) e dois tipos de preparos da superfície dentinária (com discos de lixa de granulação 320 e com broca tronco-cônica, invertida, nº 37 em baixa rotação) promovendo diferentes tipos de *smear layer*, Tao & Pashley¹¹⁹, em 1988, compararam a resistência adesiva na dentina localizada mais ao centro da coroa e na dentina situada sobre os cornos pulpares. Para o experimento, utilizaram terceiros molares humanos não-erupcionados, nos quais foram removidas parcialmente as porções coronárias, obtendo-se superfícies planas de dentina, com espessuras dentinárias variadas. Para a avaliação dos diferentes tratamentos superficiais da *smear layer* na resistência adesiva, utilizaram como controle lavagem com água durante um minuto e, como grupos experimentais, ultra-som por um hora, Tubulicid (EDTA 0.2% pH 7,1) por 1 minuto, ácido cítrico 6% por um minuto ou ácido fosfórico 37% por 15 segundos. Para a análise da resistência adesiva nos espécimes, foram confeccionadas áreas de adesão em forma circular, com diâmetro de 3mm, estocados durante 24 horas a 37°C e, em seguida, aplicada força de cisalhamento. Os resultados demonstraram que a resistência adesiva na *smear layer* criada com discos de lixa foi ligeiramente superior, quando comparada à *smear layer* criada com brocas. O tratamento com ácido cítrico ou fosfórico proporcionou uma menor resistência adesiva na dentina profunda em relação à dentina superficial. A resistência adesiva não diferiu significativamente em relação à área adesiva (central ou periférica), variando apenas em função do tratamento dado à *smear layer*.

Procurando avaliar os métodos usuais de mensuração da resistência adesiva e discutir a necessidade de padronização dos testes, Van Noort et al.¹³⁴, em 1989, realizaram estudo empregando a análise do elemento finito. Utilizaram um corpo de prova de resina, medindo 6mm de altura e 6 mm de largura, aderido a uma superfície plana de dentina, num sistema associado a um programa de computador. Analisaram o efeito das diferentes propriedades dos materiais, do tamanho dos corpos de prova e das condições de carregamento da força, bem como o efeito do carregamento sob cisalhamento na distribuição do estresse. Com relação aos testes de cisalhamento, verificaram que as forças de tração-compressão aumentam quando a distância entre o ponto de aplicação da carga e a superfície dentinária aumentam, isso devido à potencialização dos momentos de dobramento; nesse caso, provavelmente a falha adesiva começa na superfície do material e não na interface adesiva dente-restauração. Com relação ao tamanho do corpo de prova, verificaram que, ao diminuir aproximadamente 3mm de altura, não houve uma alteração significativa da distribuição de forças na interface; entretanto, reduzindo-se o corpo de prova para 2mm ou menos, as forças diminuíram na margem da restauração e aumentaram no centro, no interior do volume do material, mudando a falha para uma região imprevisível. Em outras palavras, verificaram que existe uma altura mínima do corpo de prova para conduzir os testes de resistência de união. Os autores concluíram que uma força de cisalhamento ou tração uniforme não é conseguida na interface adesiva, e que mesmo para testes semelhantes realizados no mesmo laboratório, existe a possibilidade de aparecerem muitas variações. Além disso, afirmaram que a resistência adesiva pode ser utilizada somente para uma comparação da efetividade dos adesivos, e que a mesma não pode ser relacionada com o que acontece clinicamente. Finalizando, recomendaram a implantação de um teste padronizado para avaliar a resistência adesiva, mesmo que este não proporcione uma falha verdadeira.

Em 1990, Tagami et al.¹¹⁵, investigaram a correlação entre permeabilidade dentinária, profundidade de dentina e resistência de união ao cisalhamento. Para isso, utilizaram os sistemas adesivos Scotchbond, Clearfil New Bond e Superbond C&B aplicados em dentina de incisivos de bovinos. A permeabilidade dentinária foi determinada através de um dispositivo para medir a condutância hidráulica, a qual era sempre executada antes da aplicação dos sistemas adesivos. No grupo onde utilizaram o Scotchbond, a *smear layer* criada com lixa nº 320 não era tratada. No grupo feito com o sistema adesivo Clearfil New Bond era feito o condicionamento ácido com ácido fosfórico a 37% por 60 segundos, e no grupo feito com o sistema adesivo Superbond C&B, a dentina era pré-tratada com a solução 10-3 (ácido cítrico a 10%, cloreto férrico a 3%). Após a medição da permeabilidade dentinária, as superfícies eram lavadas, secas e recebiam a aplicação dos sistemas adesivos. Depois, eram estocadas por 24 horas a 37°C. Concluíram que a presença ou ausência de *smear layer* determinava a relação entre permeabilidade dentinária e profundidade da dentina. Relacionando a resistência de união ao cisalhamento e a espessura de dentina, obtiveram a relação mais baixa quando utilizaram o Clearfil New Bond (0 - 4,5 MPa). Na relação entre a resistência de união e espessura da dentina, verificaram que a resistência de união na dentina superficial foi mais alta que na dentina profunda, diferença estatisticamente significativa. Na resistência de união, o Scotchbond produziu valores ligeiramente superiores (0 - 6,6 MPa); entretanto, na relação de resistência de união do Scotchbond e a profundidade da dentina obtiveram valor estatisticamente significativo mais baixo. O valor mais alto de resistência de união foi atribuído ao Superbond C&B (0 - 25 MPa). Nos valores de resistência de união acima de 15 MPa muitas falhas coesivas de resina ou dentina foram encontradas, todas as outras falhas de união foram adesivas. Nos grupos Scotchbond e Clearfil New Bond, a relação entre dentina superficial e resistência de união foi similar; porém,

em todas as outras profundidades, a resistência de união do Scotchbond foi mais alta que a do Clearfil New Bond, cujos valores diminuíram com o aumento da profundidade de dentina. O grupo Scotchbond não apresentou variáveis com diferença estatisticamente significativa na relação resistência de união e permeabilidade dentinária. Nos grupos Superbond C&B e Clearfil New Bond houve uma relação inversa, estatisticamente significativa, entre a resistência de união e permeabilidade dentinária.

Com a finalidade de avaliar a capacidade de união de um sistema adesivo hidrofílico para esmalte e dentina, em relação a um substrato dentinário seco e úmido, em dentes humanos extraídos, Kanca III⁵⁹, em 1992, empregou o sistema All-Etch/All-Bond, utilizando o ácido fosfórico a 10 e a 37%. Após a montagem dos dentes em resina acrílica autopolimerizável, as superfícies dentinárias foram desgastadas com lixa de papel com granulação 320 e armazenadas em água a 4°C por 24 horas. As superfícies dentinárias foram tratadas com as diferentes concentrações do ácido e, após a lavagem, foram secas com ar comprimido ou deixadas úmidas através da remoção do excesso de água com o auxílio de papel absorvente. Os *primers* foram misturados e aplicados em quatro camadas consecutivas. Após 10 segundos, as superfícies dentinárias foram secas de três maneiras diferentes: com papel absorvente, jatos de ar por 3 segundos ou jatos de ar durante 5 segundos. Uma camada uniforme de resina sem carga foi aplicada e polimerizada por 20 segundos e, em seguida, foram construídos pequenos cilindros de resina composta fotopolimerizável (Bisfil - Bisco Dental) com 4mm de diâmetro e 2,5mm de espessura. Os espécimes foram estocados em água a 37°C por 24 horas, antes de serem submetidos ao teste de cisalhamento. Os grupos onde a superfície foi mantida úmida para ambas as concentrações dos ácidos, apresentaram os maiores valores de resistência adesiva. O autor considerou que para sistemas adesivos à base de acetona e com característica hidrofílicas, a

umidade superficial da dentina deixa de ser inconveniente, mas sim desejável para uma melhor adesão. Observou também, clinicamente, a dificuldade do ressecamento do esmalte sem o ressecamento da dentina.

Com o objetivo de avaliar a relação entre permeabilidade, umidade e espessura de dentina com a resistência adesiva de quatro sistemas adesivos e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (All Bond, Clearfil Photobond, Scotchbond II, Tenure e Vitrabond), em 1992, Prati & Pashley⁹¹ utilizaram terceiros molares humanos, cujas raízes foram removidas juntamente com o esmalte oclusal e a espessura de dentina remanescente foi medida com um compasso. Em seguida, os espécimes foram adaptados a um aparelho para simular a presença de pressão hidráulica e mensurar a permeabilidade dentinária. Após a utilização dos materiais adesivos, aplicaram uma camada de resina sobre a área de trabalho (3mm de diâmetro), exceto quando foi empregado o cimento ionomérico. O teste de cisalhamento foi empregado para avaliar a resistência adesiva após um período de armazenamento dos espécimes por 20 horas, sobre pressão hidrostática. Os resultados demonstraram uma resistência adesiva semelhante para o Vitrabond e o Tenure (2,31 e 3,26 MPa respectivamente), os quais foram significativamente inferiores aos demais materiais. Observaram que não houve correlação significativa entre a resistência adesiva e permeabilidade, pressão pulpar ou estrutura de dentina remanescente para o All Bond com condicionamento, Clearfil Photobond e Vitrabond. Entretanto, para o Scotchbond II, Tenure e o All Bond sem condicionamento, foram encontradas correlações significativas.

Van Meerbeek et al.¹³⁰, em 1992, conduziram um experimento para avaliar a interface dentina-resina de 25 sistemas adesivos (cinco espécimes para cada material), após a mesma ter sido tratada com um feixe de íon de argônio. Esse tratamento permite uma melhor visualização da interface pela MEV. Baseados nas observações das fotomicrografias, os autores classificaram os diferentes sistemas

adesivos morfológicamente, esclarecendo o mecanismo de adesão envolvido. Quanto à morfologia, foram observados três diferentes grupos: a) grupo 1 - a *smear layer* foi totalmente removida e foi possível observar claramente a presença da *camada híbrida*, provavelmente devido ao fato de que os condicionamentos com ácidos ou agentes quelantes, desmineralizaram a camada mais superficial de dentina, expondo uma rede de colágeno que facilitou a penetração do adesivo, levando à formação de um entrelaçamento mecânico do adesivo com o colágeno; b) grupo 2 - a *smear layer* foi preservada e os túbulos dentinários permaneceram obliterados. Neste caso, a finalidade dos sistemas adesivos seria incorporar a *smear layer* juntamente com os monômeros hidrofílicos, os quais apresentam uma afinidade com os componentes orgânicos e inorgânicos da dentina subjacente; c) grupo 3 - a *smear layer* foi dissolvida parcialmente, levando à formação de uma *camada híbrida* bem fina e *smear plugs* impregnados por resina. Esse estudo demonstrou que a aplicação dos sistemas adesivos provocam alterações estruturais na morfologia da superfície da dentina, criando uma interface retentiva denominada de zona de interdifusão entre a dentina mais profunda e intacta e o material restaurador. Essa zona de interdifusão apresenta sítios para a adesão e, concomitantemente, deve apresentar propriedade protetora ao tecidos pulpar.

Gwinnett⁴⁷, em 1993, com o objetivo de verificar a penetração de resina no substrato dentinário para a resistência de união ao cisalhamento, realizou um trabalho empregando um sistema adesivo All Bond II em terceiros molares humanos extraídos, em quatro situações diferentes: a) grupo 1- sobre uma *smear layer* intacta; b) grupo 2 - após a remoção da *smear layer* com jato de bicarbonato; c) grupo 3 - após o condicionamento ácido da superfície dentinária com ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, d) grupo 4 - sobre a dentina fraturada. Cada grupo possuía dez espécimes, sendo que alguns espécimes adicionais foram avaliados em MEV. A média da resistência obtida para os grupos 1, 2, 3 e

4 foram respectivamente $10,24 \pm 2,98$ MPa, $20,37 \pm 4,62$ MPa, $26,77 \pm 4,85$ MPa e $32,68 \pm 7,12$ MPa. Concluiu que aproximadamente 1/3 da resistência de união ao cisalhamento à dentina (com sistema All Bond II) ocorre devido à infiltração da resina, e metade desse valor pode ser atribuído à penetração da resina nos túbulos dentinários, sendo a metade restante decorrente da hibridização ou da infiltração da resina na matriz de dentina intertubular.

Pashley et al.⁸⁵, em 1993, compararam as características subestruturais da dentina fraturada com a dentina recoberta com *smear layer* antes e após o condicionamento ácido (ácido fosfórico a 37%), durante 30 segundos, através da observação em MEV. Procuraram identificar a presença de porosidade superficial que permite a infiltração da resina durante os procedimentos adesivos. Verificaram, pelas fotomicrografias, que não houve diferença aparente entre a superfície de dentina fraturada, que foi seca com jato de ar e aquela mantida úmida. Os túbulos dentinários apareceram abertos, com um diâmetro aproximado de $1\mu\text{m}$, circundados por uma matriz de dentina peritubular de cerca de $1\mu\text{m}$ de espessura. O condicionamento ácido produziu algumas alterações significativas na dentina, alargando o diâmetro dos túbulos para $3\mu\text{m}$, em função da perda da dentina peritubular. Houve um aumento na porosidade tanto na dentina intertubular quanto na matriz de dentina peritubular, e a dentina abaixo da superfície apresentou maior porosidade do que a dentina superficial. A profundidade da desmineralização da matriz de dentina foi de aproximadamente $5\mu\text{m}$, e as fibras colágenas abaixo da superfície apresentaram um diâmetro aproximado de 100nm . Observaram também que nos espécimes secos com ar havia uma camada mais espessa de colágenos condensados ou colapsados. Quando o ácido foi aplicado sobre a dentina recoberta pela *smear layer* e a superfície mantida úmida, a *smear layer* foi totalmente removida juntamente com a maioria dos *smear plugs*. Os orifícios dos

túbulos apresentaram um diâmetro de 2 a 3 μ m. Além disso, observaram a presença de uma grande quantidade de pequenos poros (cerca de 0,95 μ m,) na dentina intertubular, e a profundidade da desmineralização foi de 5 a 7 μ m. Nos espécimes em que a *smear layer* estava presente inicialmente, e em que após o condicionamento ácido a superfície foi seca, verificaram a presença de algumas fendas superficiais e uma alternância de áreas com maior e menor porosidade. Muitas fibras colágenas ficaram unidas e colapsadas, e a superfície da matriz de dentina desmineralizada apresentava uma camada amorfa com baixa porosidade e com a profundidade de desmineralização de 5 a 10 μ m.

Com a finalidade de medir a contração da dentina desmineralizada, em 1993, Ruben & Arents⁹⁶ realizaram uma pesquisa com o uso de um perfilômetro e de análises micro-radiográficas. Utilizaram blocos retangulares de dentina com dimensões aproximadas de 4x5mm² de área e 1 a 1,5mm de espessura, retirados de pré-molares humanos extraídos. Primeiramente, a contração da dentina foi medida perpendicularmente à superfície mais externa, durante um período de secagem superior a 30 minutos. Posteriormente, os espécimes de dentina foram submetidos à desmineralização durante uma, duas ou três semanas e, decorrido cada período, a contração pelo contato com ar foi mensurada. Os resultados obtidos demonstraram que a contração da dentina desmineralizada varia linearmente com o tempo de secagem e aumenta com o passar do tempo de desmineralização. Nas amostras de dentina que não foram submetidas à desmineralização, a contração foi pequena, de aproximadamente 0,3%. Além dessas considerações, observaram que a dentina desmineralizada e seca, quando posteriormente reidratada, restabelece as dimensões originais.

Com o propósito de avaliar cinco fatores que poderiam afetar a resistência de união à tração de um sistema adesivo dentinário (Clearfil New Bond - Kuraray) combinado com a resina composta (Silux Plus - 3M), Takemori et al.¹¹⁶, em 1993, avaliaram o embutimento ou não

dos espécimes em resina epóxica, espessura do espécime (1,3,5,10 mm), velocidade da força da tração durante o teste (0,5; 1; 3 e 5 mm/min), tempo de estocagem do espécime (3, 6, 12 e 24 horas) e profundidade do substrato de dentina (superficial e profunda). Os resultados mostraram que nenhum dos fatores apresentou diferença estatisticamente significativa, com exceção dos espécimes com espessura de aproximadamente 1mm (próxima à câmara pulpar) que apresentaram uma redução significativa na resistência de união. Os autores especularam que essa diferença provavelmente ocorreu devido ao aumento do número de túbulos e presença de umidade pela proximidade pulpar, justificando a importância da padronização da profundidade da dentina para os testes de resistência adesiva.

Com o objetivo de testar a hipótese da existência do mecanismo de união micromecânica à dentina promovido pela anastomose dos prolongamentos de resina nos canais laterais dos túbulos dentinários, Chappell et al.²⁶, em 1994, fizeram um estudo da interface adesiva em dentina desmineralizada, utilizando MEV. As Coroas de molares extraídos foram seccionadas horizontalmente e perpendicularmente ao longo eixo do dente, a uma distância de 2mm da polpa. A superfície foi desgastada com lixa com granulação 320, para padronizar a *smear layer*. Os Adesivos como o Scotchbond Multi Purpose (3M), C&B Metabond (Sun Medical), All Bond II (Bisco), com e sem condicionamento, Tenure Solution (Den Mat), XR Bond (Kerr) foram utilizados juntamente com a resina composta P-50 (3M). Os espécimes foram preparados no laboratório e a superfície descalcificada de cada espécime foi examinada em MEV, com aumentos de 10 a 2500 vezes. Os resultados indicaram que quatro (Scotchbond Multi Purpose, C&B Metabond, All Bond II - com condicionamento e Tenure Solution) dos cinco sistemas adesivos demonstraram alta densidade de prolongamentos nos túbulos dentinários e canais laterais. O adesivo All Bond - sem condicionamento, e o XR Bond apresentaram uma mínima

formação de prolongamentos transversais na superfície de dentina. A densidade de penetração em canas laterais foi substancialmente maior no adesivo Scotchbond Multi Purpose e cada prolongamento caracterizava uma rede interconectada de adesivo polimerizado. Os autores concluíram que a penetração do adesivo nas anastomoses dos canais laterais em dentina desmineralizadas poderia ser um fator de aumento da retenção mecânica de sistemas adesivos à dentina.

Em 1994, Sano et al.¹⁰⁴, realizaram um trabalho com o objetivo de examinar e localizar a presença de um canal de microinfiltração na *camada híbrida*, diferente daquele visto comumente como via *gap*, analisaram a interface dentina-resina através de crio-MEV e MEV convencional, após empregar o método de impregnação de íons de prata. Utilizaram dez dentes bovinos extraídos, os quais receberam um preparo de classe V em "forma de pires". Em seguida fizeram o condicionamento ácido a 37% na superfície dentinária, a aplicação do sistema adesivo Clearfil Photobond (Kuraray) e a restauração com Photo Clearfil Bright (Kuraray). A análise das fotomicrografias obtidas permitiram observar que houve uma adaptação marginal muito boa do material restaurador, com ausência de *gap*. Entretanto, verificaram a presença de íons de prata na porção basal da *camada híbrida*, indicando uma infiltração entre a resina e a estrutura dentária descalcificada. Concluíram que os monômeros adesivos não foram capazes de penetrar completamente a área de dentina desmineralizada após o condicionamento ácido, deixando uma zona porosa disponível como canal de microinfiltração.

O ponto de vista pessoal de Van Noort¹³³ sobre a importância clínica dos trabalhos laboratoriais que determinam a resistência dos materiais, foi publicado em 1994. Este autor considera que a mensuração da resistência dos materiais deveria ser realizada em laboratório, primeiramente para determinar a relação com as características microestruturais dos materiais, visto que compreendendo

a microestrutura é possível produzir materiais mais resistentes. Salientou o surgimento de problemas quando se tenta relacionar esses dados laboratoriais com algum significado clínico, sem levar em conta os aspectos funcionais do mecanismo através do qual o material é construído, como por exemplo: a resistência, embora desejável, pode não ser necessariamente a questão mais importante e assim, conseqüentemente, deve-se tomar muito cuidado ao interpretar dados sobre a resistência, afirmando também que a maioria das propriedades devem ser consideradas individualmente, para aplicação clínica.

Eick et al.³⁶, em 1995, conduziram um estudo empregando quatro sistemas adesivos, MET, MEV e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS), com o objetivo de comparar a morfologia da *camada híbrida*, o molhamento e a penetração do adesivo na superfície dentinária submetida a diferentes tratamentos. Para tanto, alteraram a molécula do HEMA, substituindo o átomo de oxigênio por enxofre, produzindo um análogo (HETMA), com parâmetros de solubilidade, molhamento e outras propriedades físicas muito semelhantes. Assim, quatro grupos, contendo cada um deles três molares humanos, extraídos, foram tratados com diferentes tipos de *primer* ou condicionamento (grupo A - 10% de ácido cítrico e 3% de cloreto férrico; grupo B - 10% de ácido maleico; grupo C - 10% de ácido nítrico; grupo D - HEMA em solução alcoólica e um ácido éster fosfatado), sendo em seguida aplicada a solução de HETMA a 10% em acetona. Quando foram empregados como tratamento prévio o ácido nítrico, o ácido maleico e a solução ácido cítrico-cloreto férrico, houve a formação de uma zona desmineralizada de aproximadamente 1 a 3µm. Analisaram as fotomicrografias e observaram o HEMA penetrando perfeitamente na área desmineralizada pelo ácido maleico (B) e a solução; entretanto, com o uso do ácido nítrico (C) a permeação do HETMA não foi possível. O último grupo de dentes foi tratado com uma solução à base de álcool + PENTA e HEMA, a qual, aparentemente, modificou pouco a *smear layer* mas não desmineralizou a

dentina subjacente; dessa forma, o HETMA aplicado nesses espécimes estava visivelmente em contato com a dentina ou com a *smear layer* modificada, sem difundir-se nessa área. Os autores concluíram que o pré-tratamento ácido da dentina influencia o comportamento de molhamento do adesivo e, portanto, pode afetar substancialmente o resultado da resistência adesiva.

Com o objetivo de examinar a possível migração do nitrato de prata no interior da interface dentina-adesivo, na ausência de fendas, com cinco diferentes sistemas adesivos, Sano et al.¹⁰⁶, em 1995, utilizaram 35 molares humanos, os quais receberam individualmente preparo classe V em forma de pires. Após o tratamento da superfície dentária e a restauração, os espécimes foram armazenados em água durante 24 horas e, em seguida, receberam um recobrimento com esmalte para unha em toda a superfície de esmalte, exceto a restauração e 1mm além do contorno da mesma. Os espécimes foram imersos em uma solução de nitrato de prata por 24 horas e em seguida seccionados e preparados para avaliação em MEV. As fotomicrografias revelaram vários padrões de infiltração, porém todos eles indicavam a presença de infiltração no interior da *camada híbrida*. A taxa de infiltração, em ordem decrescente para os diferentes sistemas adesivos, foi: All Bond II (Bisco), Super Bond C&B (Sun Medical), Scotchbond Multi Purpose (3M), Clearfil Liner Bond System (Kuraray) e KB 200 (Kuraray). Para diferenciar esse tipo de microinfiltração no interior da região basal e mais porosa da *camada híbrida*, sem a presença de fendas que caracterizariam a infiltração convencional, os autores propuseram o termo "nanoinfiltração".

Com a finalidade de avaliar a morfologia interfacial, em MEV, de dois sistemas adesivos (All Bond II e Imperva Bond) empregados em dentina superficial e profunda, medindo também a resistência adesiva pela técnica de microtração, Yoshiyama et al.¹⁴⁰, em 1995, utilizaram terceiros molares humanos não-erupcionados. Discos de dentina superficial e profunda foram obtidos de um mesmo dente, para



754

análise em MEV. Após a aplicação do sistema adesivo, os dois discos obtidos do mesmo dente foram unidos, formando um espécime cuja configuração foi denominada "sanduíche reverso". No total, foram preparados dois espécimes para cada sistema adesivo e, adicionalmente, mais dois espécimes de cada material sem o condicionamento prévio com ácido. Em seguida, receberam tratamento adequado para análise em MEV e, para análise da resistência adesiva, foram utilizados 16 dentes. Os resultados das fotomicrografias revelaram que ambos os materiais, quando utilizados após o condicionamento ácido, formaram uma *camada híbrida* mais espessa (4 - 8µm) na dentina profunda do que na dentina superficial (2 - 4µm). No grupo sem o condicionamento ácido, houve a formação de uma *camada híbrida* muito fina (menos de 0,5µm), independente do substrato dentinário. Os resultados dos testes de microtração mostraram que a resistência adesiva dos dois materiais, com condicionamento ácido, foi maior do que 20MPa, independente da profundidade de dentina, não havendo diferença estatisticamente significativa. No grupo sem condicionamento ácido, a resistência adesiva de ambos os sistemas à dentina profunda foi significativamente menor do que na dentina superficial. Os autores relataram que para os sistemas que fazem uso do condicionamento ácido total, a profundidade da dentina afeta a espessura da *camada híbrida*; porém, a espessura da *camada híbrida* não apresenta relação significativa com a resistência adesiva. Comentaram, ainda, que os dados indicam que a técnica do condicionamento ácido poderia prevenir a diminuição da resistência adesiva observada na dentina profunda.

Com o objetivo de conduzir um estudo durante três anos, para avaliar a durabilidade da resistência adesiva à tração de uma resina adesiva com e sem o uso de *primer* (controle), Burrow et al.²⁰, em 1996, prepararam a dentina superficial de dentes bovinos, utilizando lixa com granulação 600. A dentina foi condicionada com ácido fosfórico a 37%; o *primer* (AS Primer - Kuraray) foi utilizado em apenas um dos grupos e,

em seguida, foi utilizado o adesivo Clearfil Photobond (Kuraray), sendo então aplicada a resina composta (Photo Clearfil Bright - Kuraray). Os corpos de prova foram submetidos ao teste de tração para fratura em um dia, um mês, três meses, seis meses, um ano e três anos após o preparo. Utilizaram dez espécimes para cada grupo. Avaliaram visualmente o tipo de fratura e utilizaram alguns espécimes para observação em MEV. O grupo controle (sem *primer*) mostrou uma pequena diminuição na resistência adesiva, sendo as diferenças não- significativas entre um dia (5,2MPa) e 3 anos (4,3MPa), possivelmente pela pobre infiltração da resina. No grupo com o *primer*, foi observada uma diminuição na resistência adesiva após três anos. A força de adesão do grupo sem o *primer* (5,2MPa), foi menor do que a do grupo com o *primer* (10,6 MPa) em um dia, mas no grupo de três anos as adesões de ambos foram similares (4,3 e 5,5MPa respectivamente). A resistência adesiva aos três anos foi significativamente menor do que todos os demais períodos testados, possivelmente devido à hidrólise na interface resina adesiva e *camada híbrida*. No grupo controle observaram somente fraturas adesivas, enquanto que no grupo com o *primer*, durante os 6 primeiros meses as fraturas eram totais ou parciais em dentina e o restante fratura adesiva. Após três anos as falhas adesivas aumentaram bastante, e ocorreram principalmente na base ou no topo da *camada híbrida*. A observação do grupo com *primer*, por MEV, mostrou uma *camada híbrida*, com estruturas consideradas como fibras colágenas circundadas por resina. O grupo controle também apresentou fibras colágenas características, porém com aparência mais porosa, o que indica a falta de sucesso na penetração do adesivo na dentina descalcificada. Os autores concluíram que a aplicação do *primer* pode ser útil para melhorar a adesão a curto prazo.

Carvalho et al.²³, em 1996, realizaram um trabalho com a finalidade de medir as alterações dimensionais na área de dentina desmineralizada, quando esta é submetida aos procedimentos

seqüenciais empregados na técnica de aplicação dos sistemas adesivos. Testaram também a hipótese de que a infiltração da dentina desmineralizada com HEMA pode prevenir sua contração, quando exposta ao ar. Para tanto, confeccionaram quarenta espécimes de dentina, medindo aproximadamente 0,7 x 0,7 x 5mm, obtidos a partir de terceiros molares humanos extraídos e armazenados em solução salina contendo 0,5% de azida sódica. Os espécimes foram desmineralizados em solução de ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3% durante oito horas e, posteriormente, divididos em quatro grupos (A, B, C e D) com dez espécimes cada um. Os espécimes do grupo A foram secos durante quatro horas em um aparelho de secagem (dissecador) com temperatura a 37°C e 28% de umidade relativa, imersos depois em água por 24 horas e, em seguida, imersos em 100% HEMA, também por 24 horas e novamente secos (24 horas). Os espécimes do grupo B foram secos (quatro horas), imersos em 100% HEMA (24 horas), imersos em água (24 horas), imersos em 50% HEMA (24 horas) e, finalmente, deixados secar espontaneamente. As alterações volumétricas foram monitoradas em função do tempo. Os espécimes do grupo C foram imersos gradualmente (24 horas) em diferentes soluções de HEMA (50, 75 e 100%) e secagem espontânea monitorada. No grupo D os tratamentos foram os mesmos do grupo C, porém as soluções empregadas eram à base de etilenoglicol. Em todos os grupos, após cada tratamento, analisaram a alteração dimensional utilizando um microscópio de dissecação. Concluíram que: a) a desmineralização causou uma pequena redução no volume da dentina (1,9%), porém não significativa; b) a posterior secagem com ar reduziu 65,6% do volume original; c) após a secagem e imersão em água, os espécimes restabeleceram o volume original; d) a imersão dos espécimes em 100% HEMA não permitiu uma reexpansão da dentina desmineralizada; e) nos espécimes imersos na solução de 50% HEMA, observaram uma contração de 50% em volume, quando expostos ao ar; f) a solução de 100% HEMA e 100% etilenoglicol foram capazes de

prevenir o colapso do colágeno da dentina desmineralizada; g) a técnica empregada foi efetiva para avaliar as alterações dimensionais que ocorreram microscopicamente durante os procedimentos adesivos.

Com o intuito de examinar o efeito do tempo e da distância de secagem sobre a resistência de união ao cisalhamento, proporcionada pelo uso do One Step (Bisco), Kanca III⁶⁰, em 1996, utilizou setenta molares humanos extraídos, os quais foram divididos em sete grupos. A superfície vestibular dos dentes foi removida, expondo uma superfície plana de dentina que foi tratada com ácido fosfórico a 37% durante 10 segundos, lavada e, em seguida, restaurada, seguindo-se as variações de cada grupo no que se refere à secagem da superfície, para receber uma restauração de resina Bisfil (Bisco) compreendendo uma área adesiva de 4mm de diâmetro. Os valores obtidos foram: a) grupo 1 - secagem durante 5 segundos, deixando a superfície visivelmente úmida: $30,0 \pm 4,3\text{MPa}$; b) grupo 2 - secagem por 1 segundo a uma distância de 1 cm: $25,7 \pm 5,4\text{MPa}$; c) grupo 3 - secagem por 3 segundos a uma distância de 1 cm: $11,0 \pm 4,3\text{MPa}$; d) grupo 4 - secagem por 5 segundos a uma distância de 1 cm: $8,6 \pm 2,3\text{MPa}$; e) grupo 5 - secagem por 1 segundo a uma distância de 10 cm: $30,7 \pm 2,9\text{MPa}$; f) grupo 6 secagem por 3 segundos a uma distância de 10 cm: $24,3 \pm 5,2\text{MPa}$; g) grupo 7 - secagem por 5 segundos a uma distância de 10 cm: $15,8 \pm 4,7\text{MPa}$. Verificou que o tempo e a distância de secagem tiveram uma influência significativa sobre os valores de resistência de união, ou seja, quanto maior o tempo de secagem e menor a distância, pior foi a resistência adesiva. O autor comentou que o balanço necessário de água para uma boa adesão é um assunto que requer maior compreensão e maiores investigações.

Relatando que para se conseguir uma boa adesão e um bom selamento existe a necessidade de uma quantidade suficiente de água, mas o excesso de água pode prejudicar esse resultado,

considerando assim que a umidade superficial da dentina torna-se um assunto que precisa ser melhor compreendido. Tay et al.¹²¹, em 1996, realizaram um trabalho para testar a hipótese nula de que o grau de umidade superficial da dentina não é um fator importante para que os adesivos apresentem um bom desempenho. Utilizaram vinte e quatro molares humanos, com os quais foram confeccionados discos de dentina de aproximadamente 1 a 1,5mm de espessura, sendo em seguida os espécimes divididos em três grupos. Todos os grupos receberam tratamento com ácido fosfórico a 10% durante 20 segundos, foram lavados com água e restaurados com All Bond II (Bisco). Porém no grupo 1, a superfície dentinária foi seca por 3 segundos com jatos de ar a 20cm de distância sem deixar sinais visíveis de água; no grupo 2 o excesso de água foi removido com pequenos pedaços de papel absorvente, deixando a superfície dentinária visivelmente úmida; no grupo 3, para simular um super molhamento, foi gotejada água destilada sobre a superfície dentinária. Os discos foram tratados com sistema adesivo de forma a se obter pares de discos aderidos. Os espécimes foram então preparados para análise em microscópio óptico. Os resultados revelaram que quando foi mantido um excesso de umidade sobre a superfície dentinária, formaram-se espaços semelhantes a uma bolha na interface dentina-*primer*; abaixo desses espaços existiam túbulos que não estavam completamente selados. Além disso havia a formação de glóbulos de *primer* sobre a superfície dentinária. Os autores afirmaram que a presença de bolhas microscópicas na interface adesiva pode resultar em menor resistência adesiva quando o sistema adesivo All Bond II (Bisco) é aplicado com excesso de umidade superficial. Concluíram que, provavelmente, deve existir uma quantidade de água limite necessária para deixar a rede de colágeno desmineralizada estável, de forma que se possa usufruir dos benefícios da técnica úmida. Comentaram que a quantidade de água presente no All Bond II (Bisco) ou em sistemas semelhantes, pode ser um fator negativo para a prática da técnica úmida.

Continuando a mesma linha de pesquisa, investigando o efeito da umidade superficial sobre a interface adesiva, Tay et al.¹²², ainda em 1996, realizaram outro trabalho empregando vinte e quatro terceiros molares humanos extraídos, divididos em três grupos tratados da mesma forma que no trabalho acima descrito, porém preparados para avaliação em MEV. Observaram que embora a *camada híbrida* estivesse presente nos três grupos, houve uma deterioração seqüencial da interface e uma perda completa do selamento tubular à medida que a umidade superficial aumentava. Observaram também a presença de glóbulos de resina intratubular abaixo de *plugs* curtos de resina no grupo onde foi feita a secagem durante 3 segundos. No grupo cujo excesso de água foi removido com papel absorvente e a superfície dentinária apresentava-se visivelmente úmida, havia pequenos espaços em forma de bolha, isolados, confinados no interior da camada de resina. Essas bolhas também encontravam-se presentes nos espécimes onde o sistema adesivo foi aplicado sobre a dentina excessivamente úmida; porém, neste caso, os espaços eram bem maiores. Comentaram que o excesso de umidade superficial e a presença de falhas microscópicas ao longo da interface adesiva propiciam uma diminuição da resistência adesiva. O selamento incompleto dos túbulos associado à presença de espaços poderia formar um canal para a movimentação hidrodinâmica dos fluidos e explicar casos de sensibilidade pós-operatória relatada com o uso de sistemas adesivos à base de acetona.

Em 1996, considerando que a dentina tem uma estrutura formada por túbulos dentinários, e que, o número e a densidade tubular variam, dependendo da proximidade com a polpa, Watanabe et al.¹³⁹ realizaram um trabalho com o objetivo de testar a hipótese de que a resistência adesiva ao cisalhamento, da dentina, varia com a localização e orientação dos túbulos dentinários. O estudo foi dividido em duas etapas: na primeira etapa foram preparados vinte e quatro espécimes de dentina medindo 1 x 1 x 5mm, obtidos a partir de terceiros molares

humanos extraídos e de uma única localização, entre o centro do dente e a área abaixo das cúspides, que permitia a avaliação da resistência ao cisalhamento em duas orientações tubulares diferentes: paralela à orientação dos túbulos (A) ou perpendicular à orientação dos túbulos (B). Na segunda parte do trabalho, os espécimes foram preparados a partir de duas localizações diferentes, do centro do dente ou de uma área abaixo das cúspides. A resistência ao cisalhamento foi avaliada da mesma forma para ambos os grupos e, adicionalmente, foram confeccionados alguns espécimes que permitiam que a força para a fratura por cisalhamento fosse aplicada perpendicularmente à orientação dos túbulos dentinários, expondo um área de secção transversa da região de fratura também perpendicular ao longo eixo dos túbulos. Os resultados da primeira parte do experimento demonstraram que a resistência à fratura, quando a força foi aplicada paralela ou perpendicularmente à orientação dos túbulos, foi estatisticamente a mesma; respectivamente de 72,4MPa e 78,4MPa. Da mesma forma, na segunda parte do experimento, para os espécimes localizados no centro do dente, a resistência à força aplicada paralela ou perpendicularmente à orientação dos túbulos foi semelhante: aproximadamente 53,5MPa. Entretanto, para os espécimes cujos túbulos estavam orientados paralelos ao seus longos eixos, a resistência foi significativamente maior: 78,0MPa. Para os espécimes retirados das áreas cuspídeas não houve diferença de valores de acordo com orientação dos túbulos, em nenhuma das três situações avaliadas: A- 83.6MPa, B- 85.2Mpa e C- 91.8MPa. Comparando os resultados dos espécimes obtidos da área central com os na área cuspídea, verificaram que os da área cuspídea apresentaram uma resistência significativamente superior nas situações A e B. Assim, os autores concluíram que a resistência ao cisalhamento difere de região para região (central ou cuspídea) e ainda, na área central do dente, também depende da orientação dos túbulos dentinários.

Com a publicação de uma revisão da literatura, Pashley & Carvalho⁸⁴, em 1997, procuraram enfocar a importância da permeabilidade dentinária com os procedimentos adesivos. Comentaram que a permeabilidade intratubular e a intertubular da dentina condicionada são características desejáveis para a penetração da resina no interior dos túbulos e na rede de fibras colágenas expostas. A porosidade superficial presente após o condicionamento ácido é um fator de grande importância na infiltração da resina na dentina intertubular. Salientaram que procedimentos adesivos que utilizam a secagem por ar possuem um efeito adverso na permeabilidade da dentina intertubular desmineralizada, podendo resultar na diminuição das dimensões dos espaços entre as fibras colágenas, promovendo a contração e ocasionando o colapso das mesmas. Caso ocorra o colapso das fibras colágenas da dentina desmineralizada pela secagem com ar, poderá ocorrer uma redução da permeabilidade da zona desmineralizada. Esse fato comprometeria a posterior formação da zona de dentina impregnada pelo adesivo (*camada híbrida*). A densidade tubular tem grande importância na difusão radial do monômero através da luz do túbulo dentinário. A dentina profunda, possuindo maior quantidade de túbulos, permite maior difusão do monômero em relação à dentina superficial. Esse mecanismo de difusão proporcionará uma melhor infiltração do adesivo em dentina intertubular na dentina profunda do que em dentina superficial, uma vez que os túbulos dentinários são em maior número na dentina profunda. Verificaram a importância do reumidecimento da superfície dentinária desidratada pelo ar e a interferência da superfície dentinária quando deixada visivelmente úmida antes da aplicação do *primer*. Mencionaram a importância da penetração do adesivo em toda a profundidade de dentina desmineralizada, afirmando que para se obter uma melhor força de adesão seria mais importante que houvesse uma penetração uniforme da resina na dentina desmineralizada do que a profundidade de penetração. Observaram que a utilização de adesivos

autocondicionantes, por serem aplicados diretamente sobre a *smear layer*, relativamente seca, evitam certos problemas associados à utilização de passos separados para o condicionamento ácido da dentina, como a subjetividade da umidade excessiva ou ressecamento da superfície dentinária. Esses agentes aumentam simultaneamente a permeabilidade dentinária devido sua acidez intrínseca e a infiltração da resina na porosidade da dentina. Dessa forma concluíram que esses sistemas são mais simples de serem utilizados que os adesivos desenvolvidos anteriormente. A dentina, por ser um substrato dinâmico em relação ao processo adesivo, poderá apresentar resistências adesivas não-uniformes em função das diferenças regionais na densidade dos túbulos dentinários, permeabilidade dentinária, concentração de cálcio, presença de dentina esclerótica e variação de espessura da *smear layer*. A variabilidade relacionada a esses fatores resultará em uma variação no padrão do condicionamento ácido da dentina, e, conseqüentemente, em uma variabilidade na infiltração dos monômeros resinosos na dentina, modificando a qualidade da adesão, sua resistência e possivelmente sua durabilidade.

Com a finalidade de investigar o efeito do reumidecimento sobre a matriz de colágeno desmineralizado e também alterada pela aplicação de glutaraldeído, em 1997, Tay et al.¹²³ utilizaram a MET. Prepararam trinta discos de dentina a partir de terceiros molares humanos extraídos, os quais foram condicionados com ácido fosfórico a 10% e, em seguida, divididos em cinco grupos previamente à aplicação do sistema adesivo One Step (Bisco). Grupo 1 - dentina visivelmente úmida; grupo 2 - dentina seca durante 3 segundos com ar; grupo 3 - dentina seca durante 3 segundos e reumidecida com água; grupo 4 - dentina seca durante 3 segundos, armazenada em glutaraldeído a 8% durante 15 minutos, lavada com água e seca por 3 segundos; grupo 5 - dentina seca durante 3 segundos, armazenada em glutaraldeído por 15 minutos, lavada com água e mantida úmida. Observaram, através de

fotomicrografias, uma completa infiltração do adesivo na zona de dentina desmineralizada nos grupos 1 e 3. No grupo 2 a infiltração limitou-se à superfície e à base da rede desmineralizada, aparentemente ao longo dos canais laterais dos túbulos dentinários. Nos grupos 4 e 5 houve uma infiltração mínima de adesivo ao longo da base da rede desmineralizada, colapsada e fixada pelo glutaraldeído de forma irreversível. Concluíram que quando o colágeno não é desnaturado irreversivelmente em dentina condicionada com ácido, a água ajuda a restaurar a plasticidade e a permeabilidade da rede fibrilar de colágeno desmineralizada durante o reumidecimento, o que tem grande importância para que ocorra melhoria da hibridização.

Utilizando molares humanos extraídos livres de cárie, Armstrong et al.⁹, em 1998, mensuraram a resistência à microtração de dois sistemas adesivos (All Bond II - Bisco e Optibond FL - Kerr) e analisaram o tipo de fratura de cada espécime em MEV. A superfície oclusal de cada dente foi removida, obtendo-se uma superfície plana em dentina. Em seguida, foram divididos em dois grupos de três dentes cada um, receberam a aplicação dos sistemas adesivos de acordo com a indicação do fabricante e, finalmente, foram restaurados com a resina Prodigy (Kerr). Após um período de armazenagem por 24 horas a 37°C, realizaram o seccionamento perpendicular à superfície adesiva e obtiveram seis ou sete fatias por dente, que foram preparadas para o teste de microtração. Esses espécimes permaneceram por mais seis dias armazenados e, em seguida, foram testados quanto à resistência de união e, posteriormente, analisados em MEV para a confirmação do tipo de fraturas: interfaciais (adesivas ou mistas) ou em substrato (dentina ou resina composta). Os resultados da resistência de união mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($40,7 \pm 9\text{MPa}$ - All Bond II e $34,0 \pm 7,0\text{MPa}$ - Optibond FL). No que se refere ao modo tipo de fratura no sistema All Bond II, verificou-se que doze dos vinte espécimes apresentaram fraturas interfaciais, e destas, sete foram

fraturas estritamente adesivas; para os demais espécimes a fratura ocorreu no substrato, sendo cinco em resina. Para o grupo Optibond FL a maioria das fraturas ocorreu em substrato (13/20), mais especificamente na resina (12/20); para os demais espécimes com fraturas interfaciais, quatro foram fraturas adesivas. Os autores consideraram que alguns cuidados devem ser tomados para que a interpretação do modo de fratura não seja feita de forma inapropriada.

Cardoso et al.²², em 1998, com a finalidade de determinar a resistência adesiva entre dentina e resina composta (Z-100 – 3M), utilizaram três sistemas adesivos (Single Bond – 3M, Scotchbond Multi Purpose – 3M, Etch e Prime 3.0 – Degussa). Desgastaram molares humanos até a exposição dentinária, onde promoveram a adesão. Os corpos de prova foram submetidos aos testes de cisalhamento, tração e microtração. Para os testes de cisalhamento e tração, após a aplicação do adesivo, um cone com 3mm de altura e 3mm de diâmetro, foi inserido utilizando a técnica incremental; e para o teste de microtração obtiveram palitos com 0,25mm², seccionados com disco diamantado perpendicularmente à interface adesiva. Os resultados demonstraram que para todos os testes a posição dos sistemas adesivos seguiu a mesma ordem. No teste de microtração, os valores médios não foram estatisticamente significativos, porém em todos os testes, o Single Bond apresentou o maior valor de resistência adesiva, seguido pelo Scotchbond Multi Purpose, e, o menor valor de resistência adesiva, foi atribuído ao Etch e Prime 3.0. Concluíram que sistemas adesivos de frasco único obtiveram valores de resistência adesiva significativamente superiores aos adesivos autocondicionantes, nos testes de cisalhamento e tração.

Com a finalidade de verificar o efeito da umidade superficial da dentina e do esmalte na resistência de união ao cisalhamento, utilizando sete diferentes sistemas adesivos (All Bond II – Bisco, Clearfil Liner Bond II – Kuraray, Imperva Fluoro Bond – Shofu, One Step – Bisco, ProBond – Dentsply, Scotchbond Multi Purpose – 3M e

Super Bond D-Liner II – Sun Medical), Iwami et.⁵⁷ al em 1998, utilizaram 210 molares humanos, divididos em sete grupos, de acordo com o sistema adesivo empregado, e em três subgrupos, dependendo do tratamento superficial do esmalte e dentina. Os tratamentos da superfície dos espécimes foram: superfície úmida, semi-úmida e seca, delimitados por uma área circular obtida por meio de fita adesiva. Em seguida, os espécimes foram restaurados com cilindros de resina composta (Quick Light – J. Morita Corp.) com dimensões de 3mm de diâmetro por 4mm de altura, empregando a técnica incremental. Antes do teste, os espécimes foram armazenados em soro fisiológico por 24 horas a 37°C. Os resultados revelaram não haver diferenças significativas entre os valores de resistência de união ao esmalte e à dentina; entretanto, nos espécimes de dentina, dois sistemas com *primers* à base de água apresentaram valores de resistência mais elevados quando a superfície dentinária foi mantida úmida, o que não ocorreu com os sistemas à base de acetona. Os autores concluíram que a manutenção da dentina úmida é importante para se conseguir valores de resistência de união mais elevados, porém, em esmalte, o método de secagem não afeta a resistência de união.

Kanca III⁶¹, em 1998, realizou um estudo utilizando cinco sistemas adesivos (Amalgambond – J. Morita, Linerbond 1 – J. Morita, Optibond FL – Kerr e Scotchbond Multipurpose Plus – 3M) com a finalidade de examinar o efeito do tempo de aplicação do *primer* sobre a resistência de união ao cisalhamento, considerando que o tempo e a distância de secagem do *primer* são informações que deveriam ser incluídas nas recomendações dos fabricantes para uso dos sistemas adesivos. Para esse estudo, utilizou molares humanos extraídos, livres de cárie, que receberam restaurações de cilindros de resina composta (Bisfil All-Purpose – Bisco Dental) em áreas limitadas a 4mm de diâmetro, sendo, em seguida, utilizados os sistemas adesivos. Cada sistema adesivo foi testado com duas variações de aplicação do *primer* (5 e 30

segundos), o que forneceu dois grupos diferentes para cada material. Os valores médios para resistência de união ao cisalhamento com a variação de 5 segundos foram: 9,2MPa (Scotchbond Multipurpose Plus); 15,8MPa (Linerbond 1), 15,1MPa (Optibond FL), 18,8MPa (Amalgambond), 29,6MPa (One Step). Com a variação de 30 segundos foram, na mesma ordem anteriormente descrita: 25,7; 18,5; 19,6; 26,2 e 28,2MPa. Concluiu que o tempo de aplicação do *primer* tem um efeito marcante sobre a resistência de união ao cisalhamento e que o efeito parece estar relacionado com o tipo de solvente utilizado no *primer* e com o tratamento ácido do substrato dentinário. Comentou ainda que *primers* à base de álcool e acetona provavelmente interagem rapidamente com a superfície úmida e, dessa forma, aumentando o tempo de aplicação, não há melhora na resistência. Por fim, em todos os casos, a água facilitou a interação do adesivo com a superfície e o substrato dentinário.

Com o objetivo de testar a hipótese de que o colágeno exposto e desnaturado pelo condicionamento ácido da dentina prejudica a obtenção de uma adesão efetiva e durável, Kato & Nakabayashi⁶⁴, em 1998, realizaram um estudo com a proposta de investigar a influência da área dentinária desmineralizada e não infiltrada, *in vitro*, durante um período de acompanhamento de um ano. Avaliaram as características microscópicas da dentina dos espécimes fraturados. Utilizaram dentina bovina, sendo a *smear layer* removida pelo condicionamento ácido (ácido fosfórico 65%) por 30 segundos; em seguida, a dentina foi lavada e mantida úmida. Após isso foi aplicado um *primer* à base de acetona (contendo 4-META a 5% em peso) e um adesivo constituído de 4 META/TEGDMA/CQ/NPG. As restaurações, transcorridos períodos de um dia, uma semana, um mês, três meses, seis meses e um ano de imersão em água, foram submetidas ao teste de resistência de união à tração e posterior avaliação da superfície dentinária em MEV. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre o período de um dia ($6,6 \pm 1,0$ MPa) e uma semana (5,3

$\pm 1,8\text{MPa}$); porém, a resistência diminuiu significativamente da primeira semana para o primeiro mês ($3,4 \pm 1,7\text{MPa}$). Entre períodos de um mês e seis meses ($3,9 \pm 0,9\text{MPa}$), os valores não variaram significativamente; porém, do sexto mês para o período de um ano ($2,0 \pm 1,0\text{MPa}$), foi encontrada diferença significativa. Observando as fotomicrografias, verificaram que a porcentagem de falhas coesivas na resina diminuiu no período decorrente de um dia para seis meses, ao passo que a porcentagem de falhas adesivas e coesivas na área da dentina desmineralizada aumentou. Também observaram que a porcentagem de falha coesiva na resina não diminuiu após o período de seis meses. Concluíram que a durabilidade da união resina-dente não apresentou um desempenho tão bom quanto o esperado, e que a presença de uma camada de dentina desmineralizada, não reforçada pela impregnação de resina, necessita ser cuidadosamente estudada, para a melhor compreensão dos mecanismos de adesão e suas falhas potenciais a longo prazo. Justificaram que as fibras colágenas expostas sofreram hidrólise durante o longo período de imersão em água.

Considerando que normalmente os fabricantes de sistemas adesivos recomendam que o *primer* deva ser ligeiramente seco com jato de ar, provavelmente com a finalidade de deixar uma camada bem fina da solução sobre a superfície dentinária, bem como permitir a evaporação da água que serve como solvente do HEMA, Pashley et al.⁸⁶, em 1998, realizaram um estudo com dois objetivos: a) determinar a taxa de evaporação da água e do HEMA e b) os efeitos do aumento da concentração do HEMA sobre a taxa de evaporação da água em mistura de água/HEMA. Utilizaram 10 microlitros de soluções de HEMA diluídas em água destilada (0, 25, 50, 75 e 100%) que foram colocadas em um recipiente de alumínio, adaptado em um aparelho para análise termogravimétrica (TGA) a 37°C. As alterações de peso foram feitas durante 30 minutos e avaliadas em duas condições: a) evaporação espontânea a 37°C e umidade relativa de 51%, b) evaporação

espontânea sob efeito de ar comprimido e 0% de umidade relativa. Os resultados mostraram que a taxa de evaporação da água pura foi 32 vezes maior que a do HEMA 100%; o aumento da concentração de HEMA na água diminuiu a taxa de evaporação da água das misturas. Além disso, a taxa de evaporação da água das misturas foi maior quando a umidade relativa do ambiente era zero sob o efeito do ar comprimido, em relação à umidade de 51%. Concluíram que com a evaporação da água das misturas a concentração de HEMA aumenta por este apresentar uma relativa volatilidade, e que o aumento da concentração de HEMA dificulta ainda mais a remoção das últimas porções de água. Este resíduo aquoso poderia interferir na polimerização dos monômeros, o que afetaria a qualidade da *camada híbrida*.

Van Meerbeek et al.¹³², em 1998, realizaram uma revisão da literatura sobre o desempenho clínico dos sistemas adesivos, discutindo os fatores mais relevantes. Propuseram uma classificação categorizando os materiais disponíveis no mercado de acordo com os procedimentos clínicos necessários para serem empregados. Consideraram que fatores como a variabilidade do substrato, a forma e o tamanho da lesão, idade do paciente, componentes dos materiais adesivos, a umidade superficial da dentina e a localização da restauração interferem na performance clínica dos adesivos. Os autores informam que efetivamente o desempenho clínico dos sistemas adesivos disponíveis melhorou significativamente, permitindo que as restaurações sejam inseridas com um nível de prognóstico muito bom. A retenção das restaurações é alta quando comparada com os sistemas adesivos antigos; porém, ainda não conseguiram garantir margens livres de descoloração marginal, decorrente da microinfiltração. Afirmaram, ainda, que existe uma perda progressiva da integridade marginal, provavelmente devido ao estresse residual da contração de polimerização e das alterações dimensionais do material restaurador, o que induziu os autores a concluir que o progresso no campo da adesão deverá ser voltado ao

desenvolvimento de materiais restauradores com menor contração e com coeficiente de expansão térmica mais próximo da estrutura dentária.

Com a finalidade de avaliar e comparar a efetividade da união de dois sistemas adesivo (Scotchbond Multiuso Plus - 3M e Etch&Prime 3.0 - Degusa) à dentina antes e após a termociclagem, Amendola⁴, em 1999, utilizou dentes bovinos que tiveram as superfícies vestibular desgastada para a exposição da dentina. Os espécimes foram divididos em dois grupos de acordo com o sistema adesivo utilizado e posteriormente foram restaurados com a resina composta Z-100 (3M). Os grupos foram subdivididos nos subgrupos: a) submetidos ao teste de cisalhamento após 24 horas, b) receberam ciclagem térmica (500 ciclos entre 5° e 55°C) e posteriormente foram submetido ao teste de cisalhamento. O ensaio mecânico foi realizado a velocidade de 0,5mm/minuto e as superfícies fraturadas foram analisadas com estereomicroscópio. Os resultados revelaram que os valores de resistência de união dos sistemas adesivos avaliados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas e que a utilização da termociclagem não influenciou a resistência adesiva. O Scotchbond Multiuso Plus apresentou predominância de falhas adesivas e o Etch&Prime 3.0 apresentou maior quantidade de fraturas mistas.

Com o objetivo de investigar o efeito da variação do operador na performance marginal de restaurações de resina composta, utilizando o sistema adesivo Gluma One Bond (Heraeus - Kulzer, base de acetona) em preparos padronizados em dentina, Finger & Balkenhol³⁸, em 1999, selecionaram cinco dentistas para a realização dos procedimentos de adesão deste trabalho, graduados em diferentes escolas entre um e dez anos. Utilizaram molares humanos, extraídos, livres de cáries e sem restaurações, que foram desgastados com lixa de papel expondo a dentina para confecção de preparos cavitários padronizados com 3,5mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade. Cada um dos dentistas recebeu seis dentes preparados, aplicou o sistema adesivo e restaurou a cavidade

com a resina Charisma (Heraeus - Kulzer). O experimento foi dividido em três grupos: a) os operadores receberam apenas as instruções de uso para proceder às restaurações; b) receberam instruções orais, enfatizando a importância da técnica úmida, anteriormente à aplicação do sistema adesivo; c) controle do possível efeito do treinamento dos procedimentos de adesão anteriormente executados. Os dentes restaurados passaram por um processo de acabamento, sendo removidos os excessos das restaurações e depois preparados para a observação em microscopia de alta magnificação (500x), para verificação da dimensão das fendas marginais. As observações em microscopia mostraram que as margens dos preparos do primeiro grupo testado apresentaram fendas entre 1 e 12µm. Nos grupos b e c, 15 e 16 restaurações estavam livres de fendas, respectivamente. A performance marginal das restaurações do grupo a foram significativamente inferiores às dos grupos b e c, demonstrando significativa variação entre os operadores. Concluíram afirmando que a aplicação dos sistemas adesivos é uma técnica sensível e necessita de uma atenção meticulosa às instruções de uso.

Com o objetivo de comparar a efetividade de três cimentos (Cimento Resinoso - 3M, Variolink - Vivadent e Fuji Plus - GC Comp.), na adesão de discos de porcelana (Fortune - Willians) e de um polímero de vidro (Art Glass - Kulzer) à dentina bovina, Huhtala⁵⁵, em 1999, planificou a superfície vestibular de 120 dentes bovinos com papel abrasivo de granulação decrescente até a exposição de uma dentina com espessura entre 1,8 e 2,0mm, mensurada com espessímetro. A cimentação dos cilindros de porcelana ou do polímero de vidro foi estática, realizada com o auxílio de um delineador adaptado e os cimentos empregados de acordo com as indicações dos fabricantes. Os testes de resistência ao cisalhamento foram realizados após 24 horas ou após um período de 6 meses posteriormente à cimentação. Os resultados demonstraram que o Cimento Resinoso (3M) apresentou os maiores valores médios de resistência adesiva (14,16MPa), que a adesão da

porcelana foi superior, e que a avaliação após seis meses apresentou valores maiores que após 24 horas.

Estudos sobre a técnica úmida da aplicação de sistemas adesivos demonstraram maior eficácia, quando comparados à aplicação de sistemas adesivos em dentina seca. Nessa linha de pesquisa, Nakajima et al.⁷⁸ desenvolveram um estudo, em 1999, e verificaram a existência ou não de diferença na resistência de união à microtração, em dentina normal e dentina afetada por cárie, utilizando a técnica úmida ou não e com ou sem a adição de ácido polialquenoico ao *primer*. Analisaram através de MEV o comportamento do sistema adesivo Scotchbond Multipurpose Plus nas condições anteriormente descritas. As superfícies oclusais de quinze molares humanos, extraídos, com presença de cárie na porção coronária, foram desgastadas perpendicularmente ao longo eixo do dente, até expor uma área onde a lesão de cárie não era mais detectável por um evidenciador de cárie. Após realizadas as restaurações, os dentes foram seccionados em fatias, separando os espécimes a serem analisados pela presença ou não de dentina afetada por cárie. Em seguida, procederam à análise de resistência de união à microtração em espécimes com uma área aproximada de 0,9mm². Os resultados mostraram que quando não foi empregada a técnica úmida em dentina normal, a resistência de união diminuiu pela metade ($21,0 \pm 0,9\text{MPa}$) da obtida com técnica úmida ($42,4 \pm 9,9\text{MPa}$). Quando compararam a dentina normal com a dentina afetada por cárie, empregando a técnica úmida, não houve diferença estatisticamente significativa ($42,4 \pm 9,0$ e $48,2 \pm 3,9\text{MPa}$ respectivamente). Observaram também que a remoção de ácido polialquenoico do *primer*, empregando a técnica úmida, diminuiu a resistência de união na dentina afetada por cárie ($37,8 \pm 7,9\text{MPa}$), o que não ocorreu com a dentina normal ($46,0 \pm 7,5\text{MPa}$). Consequentemente, os autores concluíram que os benefícios da técnica úmida de adesão estendem-se à dentina afetada por cárie e que a presença do ácido

polialquenoico no *primer* contribui para a alta adesão encontrada na dentina afetada por cárie.

Perdigão et al.⁸⁷, em 1999, comentando sobre a sensibilidade às variações de umidade do substrato dos recentes sistemas adesivos, realizaram um estudo com a finalidade de verificar a resistência de união ao cisalhamento e a ultramorfologia interfacial formada pelos sistemas adesivos Optibond Solo - Kerr (etanol), Prime&Bond 2.1 - Dentsply (acetona), Single Bond - 3M (etanol e água). Testaram a hipótese nula de que o reumidecimento da superfície dentinária não produz uma resistência de união comparável com a dentina previamente úmida, e que a impregnação de monômeros na dentina desmineralizada também não é a mesma que aquela quando são seguidas as recomendações do fabricante. Utilizaram noventa incisivos bovinos divididos em três grupos: grupo controle, com dentina úmida; grupo de dentina seca por 5 segundos; grupo de dentina seca por 5 segundos e reumidecida com solução aquosa de HEMA 35%. Utilizaram a resina composta Bisfil All Purpose (Bisco) para confecção dos corpos de prova após a aplicação dos diferentes sistemas adesivos. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas e termociclados. Posteriormente, realizaram o teste de resistência de união ao cisalhamento. Para a análise ultramorfológica em MET e MEV utilizaram dezoito terceiros molares humanos, os quais receberam os mesmos tipos de tratamentos mencionados acima. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre o fator, condição da superfície e sistemas adesivos individualmente, porém não foram encontradas interações entre esses fatores. A morfologia da interface resina-dentina, para a dentina úmida, mostrou uma penetração dos adesivos até a linha de transição entre dentina desmineralizada e dentina sadia. A dentina seca por 5 segundos demonstrou uma diminuição significativa na resistência de união e a rede de colágenos não se apresentava completamente infiltrada. O reumidecimento da dentina

(HEMA 35%) restabeleceu a resistência de união e promoveu o restabelecimento das dimensões dos espaços interfibrilares. Os autores concluíram que o uso de uma solução aquosa de HEMA pode compensar a secagem da dentina e que, como o comportamento do Single Bond-3M (sistema adesivo à base de água), também foi afetado pela condição seca da dentina, a porcentagem de água inclusa na composição pode não ser suficiente para compensar o colapso das fibras colágenas.

Em 1999, Prati et al.⁹³, com a finalidade de avaliar a morfologia dos *tags* de resina e a camada de dentina infiltrada com resina de vários sistemas adesivos, utilizaram dentina jovem, madura ou esclerosada, superficial ou profunda. Os espécimes de dentina foram obtidos após a remoção do esmalte oclusal de dentes humanos extraídos. A superfície dentinária foi condicionada com ácido fosfórico 35 - 37% e os sistemas adesivos (Optibond FL - Kerr, Prime&Bond 2.0 - Dentsply, Scotchbond Multipurpose Plus - 3M e Scotchbond 1 - 3M e One Step - Bisco) foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes. Os espécimes foram divididos em dois grupos, sendo uma metade preparada para a observação em MEV e a outra metade desmineralizada e desproteinizada para avaliar a presença e morfologia dos *tags* de resina. A análise das fotomicrografias revelou que a camada de dentina infiltrada foi mais fina na dentina superficial do que na dentina profunda para todos os materiais testados e independente do tipo de dentina; além disso, a dentina madura e a dentina esclerótica apresentaram uma camada de dentina infiltrada com resina mais fina, com *tags* mais curtos e com menores ramificações laterais do que a dentina jovem.

Considerando a grande variação nos valores de resistência de união entre os vários espécimes obtidos de um mesmo dente nos testes de microtração, Shono et al.¹¹¹, em 1999, realizaram um estudo com o propósito de determinar a consistência ou a uniformidade dos valores de resistência de união à microtração empregando duas resinas compostas (Z-100 - 3M e Palfique Estelite - Tokuyama) e dois

sistemas adesivos (One Step - Bisco e Mac Bond - Tokuyama) à dentina. Desenvolveram uma técnica de preparo dos espécimes onde os dentes desgastados na superfície oclusal recebiam tratamento adesivo e aplicação de uma camada de resina composta, sendo em seguida seccionados em várias fatias, no sentido mésio-distal e vestibulo-lingual, longitudinalmente, obtendo-se espécimes em forma de palitos com 1mm de largura, 1mm de espessura e aproximadamente 8mm de comprimento. Após a utilização da resina composta (Z-100 com One Step e Palfique Estelite com Mac Bond) que foram inseridas tanto em dentina superficial como em dentina profunda, e decorrido um período de armazenagem dos dentes a 37°C durante 24 horas, os dentes foram seccionados e os espécimes devidamente identificados de acordo com a localização na superfície oclusal do dente. Em um estudo paralelo, outro operador realizou os mesmos procedimentos com o sistema adesivo One Step com o intuito de avaliar a influência do operador na variabilidade dos resultados. Os resultados demonstraram que empregando-se o sistema One Step para o operador A obtiveram um grande número de valor zero de resistência de união em dentina superficial e menos em dentina profunda; entretanto, para o operador B obtiveram resultados numéricos bem mais elevados e uniformes em dentina superficial e profunda. Com o sistema adesivo Mac Bond não houve resultados com valor zero de união e a variação entre dentina superficial e profunda foi menor. Os autores concluíram afirmando que o método empregado neste estudo permitiu detectar a presença de diferenças regionais na resistência de união da resina à dentina e que as maiores diferenças relacionaram-se muito mais à técnica do que ao material empregado.

Com o intuito de verificar a finalidade da interpretação e a utilidade das informações sobre os testes de união adesiva à dentina, Sudsangiam & Van Noort¹¹³, em 1999, revisaram os trabalhos publicados até então e observando um grande número de publicações, afirmaram que este número continuará aumentando devido à comercialização dos

novos agentes de união à dentina. Examinaram o contexto do conhecimento atual sobre as metodologias utilizadas para verificar as limitações dos testes de força de união à dentina. Comentaram que os dados fornecidos pelas técnicas de medição da força de união à dentina não fornecem informações adequadas para o consistente prognóstico do desempenho clínico. As falhas nos métodos mais comumente adotados têm sido identificadas e indicam que abordagens alternativas necessitam ser exploradas. Afirmaram ainda que, infelizmente, não existe uma metodologia adequada que permita aos pesquisadores estabelecer uma relação confiável entre os trabalhos laboratoriais de força de união e o desempenho clínico. Concluíram que, atualmente, a evidência clínica permanece como único meio confiável para a seleção dos agentes de união à dentina.

Com o objetivo de avaliar a adesão de discos de liga Ni-Cr cimentados com diferentes materiais (cimento fosfato de zinco - SSWhite, cimento de ionômero de vidro modificado por resina - Fuji Plus, cimento resinoso - 3M e cimento resinoso Panavia 21 - Kuraray) à dentina bovina, Uemura¹²⁸, em 1999, utilizou oitenta incisivos inferiores bovinos. A manutenção da espessura da dentina remanescente foi padronizada entre 1,7 e 2,0mm. Metade dos discos metálicos foram jateados com óxido de alumínio de 50 μ m, enquanto a outra metade não sofreu esse tratamento. Os resultados dos valores da resistência ao cisalhamento, após tratamento estatístico, permitiram concluir que houve diferença estatisticamente significativa entre o cimento de fosfato de zinco, que apresentou menores valores, e os outros cimentos testados; houve também diferença estatisticamente significativa entre as médias de resistência dos espécimes jateados (13,51MPa) e os não jateados com óxido de alumínio (11,74MPa).

Com intuito de comparar a evaporação de solventes (veículos) inclusos em diferentes adesivos de frasco único, em função do tempo, Abate et al.¹, em 2000, utilizaram os adesivos e respectivos

solventes Prime e Bond 2.1 - Acetona (Dentsply); Single Bond – Etanol e Água (3M); Prisma Bond 97' - Acetona (BJM); Syntac Sprint – Acetona e Água (Vivadent); Optibond Solo - Etanol (Kerr) e Syntac Single Component - Água (Vivadent). Foram também incluídos no experimento dois *primers* utilizados em adesivos de múltiplos frascos (Perma Quick Primer - base etanol - Ultradent e Scotchbond Multipurpose - base água - 3M) assim como água destilada, etanol 96% e acetona. Amostras destes produtos foram estocadas em recipientes de vidros pequenos, sob condições de temperatura e umidade controladas. Registram a massa inicial e final após diferentes períodos de tempo: 1, 7, 14, 21, 28, 60 e 75 dias, a fim de calcular a porcentagem da perda de massa. Após análise de variância dos resultados, seguida de comparações de contraste ortogonal, observaram uma perda de massa significativamente mais alta nos adesivos de frasco único que contém excipientes orgânicos, especialmente naqueles em que o excipiente era acetona. Uma perda de massa um pouco mais baixa foi encontrada nos produtos à base de água. Concluíram existir uma relação entre as possibilidades de evaporação dos solventes utilizados em sistemas de frasco único e sua perda de massa durante a armazenagem; a conservação dos sistemas adesivos é extremamente importante para a manutenção do conteúdo original, e o dispensamento deve ser feito imediatamente antes da utilização. Esses passos clínicos são importantes para prevenir trocas nas proporções relativas de seus componentes.

Considerando que muitos estudos para avaliar a integridade da interface adesiva são feitos em períodos de tempo muito curto, Hashimoto et al.⁵³, em 2000, realizaram uma pesquisa *in vivo* em humanos, para avaliar a degradação da união adesiva em um, dois e três anos. Empregaram o sistema adesivo Scotchbond Bond Multipurpose em preparos cavitários de classe II em molares decíduos e, após o período pré-determinado, respeitando a erupção do dente permanente, os dentes foram extraídos para avaliação. Imediatamente após a extração, os

dentes foram seccionados perpendicularmente à interface adesiva e cada espécime, após o desgaste em forma de ampulheta, foi submetido ao teste de resistência de união por microtração. Todas as superfícies fraturadas foram posteriormente avaliadas em MEV e o modo de fratura determinado. Os resultados demonstraram uma diferença estatisticamente significativa nos três períodos avaliados. Para o grupo controle, os valores da resistência de união foram de $28,3 \pm 11,3\text{MPa}$; para o grupo 1 (restaurações de um a dois anos) os valores de união foram de $15,2 \pm 4,4\text{MPa}$; e para o grupo 3 (restaurações com dois e três anos) a resistência foi de $9,1 \pm 5,1\text{MPa}$. Verificando as superfícies fraturadas, observaram que a proporção de dentina desmineralizada presente nos espécimes envelhecidos em meio oral foi maior do que aquela encontrada nos espécimes do grupo controle. Verificaram também que a degradação da resina composta e das fibras colágenas esteve presente nesses mesmos espécimes que permaneceram algum tempo na cavidade oral. Concluíram que a degradação da interface de união resina-dentina ocorre efetivamente após um certo período na cavidade oral.

Hashimoto et al.⁵², em 2000, avaliaram a correlação entre a espessura da *camada híbrida* e a força de adesão de espécimes condicionados com ácido por diferentes espaços de tempo. O esmalte da superfície vestibular de pré-molares humanos foi removido e a dentina exposta condicionada com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos (conforme indicado pelo fabricante – 3M), 60, 120 ou 180s. O adesivo Scotchbond Multi-Purpose (3M) foi aplicado sobre a superfície condicionada e uma camada de resina Visilux 2 (3M) foi inserida através da técnica incremental. Os espécimes foram seccionados perpendicularmente à interface adesiva para medir a espessura da *camada híbrida* com MEV, sendo alguns espécimes submetidos ao teste de microtração. Todas as superfícies fraturadas foram examinadas em MEV. Diferenças significativas foram observadas entre os grupos expostos ao ácido por 15 e 60s, e aqueles expostos por 120 e 180s na

espessura da *camada híbrida* e força de adesão. As superfícies fraturadas revelaram uma zona de dentina desmineralizada sem impregnação de adesivo dentro da *camada híbrida* remanescente. Os autores concluíram que uma zona de dentina desmineralizada formou-se nas estruturas aderidas após condicionamento ácido prolongado, resultando em baixa força de adesão. A diminuição da *camada híbrida* ocorreu devido ao ressecamento durante o processo de exame MEV mostrando evidência da presença de uma zona de dentina desmineralizada dentro da *camada híbrida*.

Anido⁵, em 2001, comparou a resistência adesiva à dentina humana e bovina em três diferentes espessuras de dentina, frente ao teste de cisalhamento. Empregou quarenta e oito dentes humanos e quarenta e oito dentes bovinos que tiveram as superfícies vestibulares desgastadas com papel abrasivo de granulação crescente. Os grupos foram divididos com espessuras de dentina remanescente de 0,5mm, 1mm e 2mm, e a área de adesão foi delimitada em 4mm de diâmetro. Utilizaram o sistema adesivo Scotchbond Multiuso Plus - 3M, aplicado na superfície de dentina condicionada, seguido da aplicação de três camadas incrementais da resina composta Z-100 - 3M. Os resultados demonstraram que houve diferença significativa entre a resistência adesiva em dentes humanos e bovinos, sendo os maiores valores para os humanos. Observou também diferença significativa da resistência adesiva para as diferentes profundidades analisadas, sendo os maiores valores para dentina superficial, seguida de média e da profunda para ambos os substratos. Concluiu que a dentina bovina pode ser utilizada em estudos laboratoriais de resistência adesiva.

Com o objetivo de avaliar, *in vivo*, a formação de *camada híbrida*, dos *tags* de resina e anastomoses adesivas laterais dos *tags*, utilizando um sistema de dupla polimerização de adesão ao esmalte e dentina (Excite DSC - Vivadent), Dagostin & Ferrari³¹, em 2001 utilizaram cinco dentes anteriores vitalizados indicados para extração por problemas

periodontais. Os dentes selecionados não apresentavam restaurações ou cáries. Cavidades padronizadas de classe V localizadas na junção cimento-dentina foram preparadas em todos os dentes. O sistema experimental de adesão Excite foi utilizado de acordo com a indicação do fabricante e a cavidade foi restaurada com Tetric Flow (Vivadent). Após uma semana os dentes foram extraídos e estocados em água destilada, à temperatura de 22°C, por três dias, e foram processados para observação em MEV. Todas as amostras foram seccionadas no sentido do longo eixo do dente, que passava no centro das restaurações. Metade das amostras foi usada para avaliar a formação da *camada híbrida*, e a outra metade para examinar a morfologia dos *tags* de resina. As fotomicrografias mostraram uma alta densidade de *tags* de resina, distribuídos uniformemente ao longo das paredes da cavidade e o sistema adesivo experimental demonstrou um mecanismo micromecânico de adesão. Na dentina condicionada verificaram a formação de uma *camada híbrida* com espessura entre 4 e 6 µm, *tags* de resina com até aproximadamente 10 micrômetros e numerosas ligações adesivas laterais entre os *tags*. Concluíram que fatores clínicos como o fluido dentinário, pressão intra-tubular, idade do dente, tipo de dentina, forças mastigatórias e condições bacterianas podem afetar os resultados e que o sistema de dupla polimerização para adesão em esmalte e dentina parece ser eficaz quando utilizado em dentes vivos.

Considerando que a direção dos túbulos dentinários pode ser responsável pelas variações nas forças de adesão da resina em uma cavidade, Ogata et al.⁸², em 2001 investigaram a influência da direção dos túbulos dentinários na força de união à microtração dentina-resina utilizando quatro sistemas adesivos comerciais disponíveis, e observaram a interface dentina-resina em MEV. Os sistemas de adesão da dentina utilizados neste estudo foram: Clearfil Liner Bond II (LB, Kuraray), Imperva Fluoro Bond (FB, Shofu), Single Bond (SB, 3M) e One-Step (OS, BISCO). Trinta e seis molares humanos extraídos e sem cáries foram utilizados

para testes de adesão à microtração e oito dentes adicionais foram utilizados para observação em MEV. Os dentes foram divididos em dois grupos, de acordo com a direção dos túbulos dentinários na interface resina-dentina: um grupo perpendicular, no qual o esmalte oclusal foi removido perpendicularmente ao longo eixo; um grupo paralelo, no qual o dente foi dividido em duas metades, paralelamente ao longo eixo, e a dentina exposta na coroa foi utilizada para a adesão. Após o desgaste das superfícies de dentina com lixa de granulação 600, utilizaram os sistemas adesivos de acordo com a recomendação do fabricante, e então foi aplicada uma camada de resina composta (Clearfil APX, Kuraray) para fornecer quantidade suficiente para o teste de resistência adesiva à microtração. Depois de 24 horas em água a 37°C, os espécimes foram fatiados perpendicularmente à superfície adesiva, em cortes de aproximadamente 1mm² e, em seguida, submetidos à força de microtração em uma velocidade de 1mm/min. Os resultados demonstraram que para o grupo perpendicular não houve diferença significativa para nenhum tipo de sistemas adesivos. Quando a superfície dentinária foi tratada com adesivo de sistema autocondicionante (LB ou FB) o grupo paralelo demonstrou maior força de união à microtração (LB: 42,7 ± 13,2MPa; FB: 39,8 ± 14,8MPa) do que o grupo perpendicular (LB: 39,3 ± 13,3MPa; FB: 32,8 ± 13,0MPa) entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa. Quando a superfície de dentina foi tratada utilizando sistemas com ácido fosfórico (SB ou OS), a força de adesão do grupo paralelo foi significativamente maior do que o grupo perpendicular. A força de adesão à microtração para o grupo com os túbulos paralelos à superfície adesiva foi maior quando comparada com o grupo dos túbulos perpendiculares. Essa tendência foi estatisticamente significativa quando utilizaram SB e OS. A observação em MEV mostrou não haver diferença estatisticamente significativa entre a espessura da *camada híbrida* de cada sistema adesivo para o grupo paralelo ou perpendicular.

Hara et al.⁵¹, em 2001, com a finalidade de avaliar a influência de diferentes velocidades da ponta de cisalhamento nos testes de força de adesão na superfície dentinária, utilizaram cento e vinte dentes incisivos extraídos de bovinos. Em todos os dentes, apenas a área central da face vestibular da coroa foi utilizada, sendo desprezadas as partes radiculares e as regiões marginais. As amostras foram colocadas em cilindros de resina e desgastadas com lixas com granulação 320, 400 e 600, expondo a dentina. As superfícies dentinárias foram demarcadas com 3mm de diâmetro. Após o condicionamento ácido e aplicação do sistema adesivo Single Bond (3M), a resina composta Z-100 (3M) foi aplicada e fotopolimerizada, em uma matriz de teflon de 3mm de diâmetro e 5mm de altura. Os espécimes foram estocados em água a 37° C por uma semana e distribuídos aleatoriamente em quatro grupos (n = 30). Os testes de resistência da adesão ao cisalhamento foram realizados com uma máquina de testes universal DL 500 (EMIC Brasil), em quatro velocidades diferentes: 0.50 (A); 0.75 (B); 1.00 (C); e 5.00mm/min (D). Os espécimes foram posicionados com a superfície dentinária paralela ao plano de trabalho da máquina, sendo a ponta metálica que aplica a força de cisalhamento sobre os espécimes direcionada ao longo da superfície adesiva e perpendicularmente ao cilindro de resina. A resistência da adesão ao cisalhamento foi transformada em MPa e analisada estatisticamente (ANOVA e Tukey's). O tipo de fratura foi avaliado em um estereomicroscópio EMZ-TR (Meiji Techno Co. Ltda., Japão) com 20 vezes de magnificação e as fraturas foram classificadas como adesiva, coesiva em dentina, coesiva em resina ou mista. Obtiveram como resultados os valores da resistência de adesão, para os diferentes grupos: A, 11.78 (3.91); B, 11.82 (4.78); C, 16.32 (6.45); D, 15.46 (5.94). Os resultados indicaram que $A = B < C = D$, os valores da resistência de adesão ao cisalhamento dos grupos C e D foram estatisticamente maiores do que A e B. As porcentagens de fraturas que ocorreram na interface adesiva foram de: A, 92.5%; B, 91.6%; C, 70.0%; D, 47.0%, não havendo

diferença estatística significativa entre A, B e C; A e B diferem do grupo D e não houve diferença estatisticamente significativa entre C e D. Concluíram que as diferentes velocidades na ponta de cisalhamento podem influir na força de adesão e no tipo de fratura no substrato dentinário. A resistência de adesão ao cisalhamento utilizando velocidades de 0,50 e 0,75mm/min deve ser preferida.

Com o objetivo de avaliar o umidecimento da dentina de quatro sistemas adesivos e relacionar as propriedades umidificantes à eficiência adesiva, Rosales-Leal et al.⁹⁵, em 2001, utilizaram os adesivos: Scotchbond Multipurpose Plus (3M), Syntac Single-Component (Vivadent), One-Step (Bisco) e Heliobond (Vivadent). O substrato usado foi dentina humana, superficial e profunda. Mediram os ângulos de contato pela técnica ADSA-CD (Análise da forma da gota assimétrica – diâmetro de contato), cujas imagens foram capturadas com um sistema de microvideo após a deposição do agente umidificante em intervalos de 15 segundos. Esses sinais foram transmitidos a um computador que calculou os valores dos ângulos de contato. A rugosidade e o ângulo de contato com a água foram medidos antes e depois do condicionamento ácido. O umidecimento da dentina pelo adesivo foi estudado pela mensuração do ângulo de contato do adesivo em função do tempo, para avaliar o tempo de difusão. A resina composta Z-100 foi inserida sobre o adesivo e os espécimes foram colocados em água a 37° por 24 horas e em seguida termociclados. A força de adesão foi avaliada através do teste de cisalhamento e o tipo de fratura analisado em microscópio. A microinfiltração também foi avaliada em cavidades de Classe V padronizadas, utilizando uma solução de 0,5% de fucsina como corante. Os resultados demonstraram que o condicionamento ácido aumentou a rugosidade e a umidade da dentina, não sendo encontradas diferenças entre os ácidos testados. O umidecimento da dentina foi maior na dentina profunda. O umidecimento da dentina e a força de adesão dos adesivos foram semelhantes, exceto pelo adesivo Heliobond, que apresentou

valores menores. A microinfiltração foi maior na parede gengival, e a infiltração dos adesivos Scotchbond Multipurpose Plus foi a menor; a maior foi a do adesivo Heliobond. O tempo de difusão excedeu 30 segundos com os adesivos hidrofílicos e à base de água, e foi menor com adesivos à base de acetona. A profundidade da dentina teve influência no ângulo de contato e na força de adesão: os ângulos de contato obtidos com o SBMP e One-Step foram maiores na dentina superficial, e a força de adesão para o One-Step foi maior na dentina superficial. Concluíram que o umedecimento da dentina pelos adesivos poderia ser correlacionado à força de resistência de cisalhamento e a microinfiltração.

Para caracterizar a morfologia das interfaces adesivas da cavidade oral, após vários anos de uso através de microscopia eletrônica de varredura, Hashimoto et al.⁵⁴, em 2001, utilizaram cavidades de classe II *in vivo*, em dentes decíduos cariados, preparadas usando-se pontas diamantadas em alta velocidade, com refrigeração e isolamento. Para a remoção de cárie foi utilizado Caries Detector (Kuraray). O sistema adesivo Scotchbond Multipurpose (3M) e a resina composta Z-100 (3M) foram utilizados de acordo com a indicação do fabricante. Como controle, foram utilizados para este estudo dez molares decíduos livres de cárie que, após preparadas e restauradas as cavidades como anteriormente descrito, foram estocados em água destilada a 37°C durante 24h. Depois de vários anos, como o dente permanente sucessor erupcionou, os dentes obturados com resina foram extraídos, cortados no sentido transversal, perpendicularmente à interface adesiva e polidos para exame em microscopia eletrônica de varredura, assim como o grupo controle. Os autores observaram modificações morfológicas na interface adesiva das amostras dos dentes em ambiente oral, tais como a degradação das fibras de colágeno e a deterioração do adesivo e da *camada híbrida*. Os resultados demonstraram que a degradação das estruturas de adesão entre a resina-dentina ocorreram ao longo do tempo no ambiente oral humano. Concluíram que a degradação da estrutura de adesão

observada na interface resina-dentina tem envolvimento ao longo tempo de função da restauração na cavidade oral. Este fato origina o questionamento da estabilidade desses adesivos.

Com a finalidade de examinar o efeito de adesivos de frasco único com diferentes níveis de acidez, na adesão às resinas compostas auto e fotopolimerizáveis, Sanares et al.¹⁰³, em 2001, utilizaram 24 terceiros molares humanos, livres de cáries, divididos em oito grupos. Uma superfície plana de dentina foi obtida com o desgaste do esmalte oclusal. Os espécimes foram condicionados com ácido e tratados com um dos seguintes adesivos: Prime&Bond NT (PB; Dentsply), Optibond SOLO (OB; Kerr), Single Bond (SB; 3M) ou One-Step (OS; Bisco). Uma camada de resina foi inserida utilizando um dos tipos de resina: Z100 - fotopolimerizável (3M) ou Bisfil 2 - quimicamente polimerizável (Bisco). Os espécimes foram seccionados perpendicularmente em fatias de 0.9x0.9mm e submetidos ao teste de microtração. Posteriormente, o tipo de fratura foi analisado, utilizando-se um microscópio estereomicroscópio. Quatro amostras de cada grupo foram preparadas para observação em MEV. Os resultados revelaram diferença significativa na força de adesão dos quatro adesivos com a resina composta fotopolimerizável (ANOVA), porém foram significativamente menores quando usados com a resina composta quimicamente ativada. Uma correlação positiva foi observada entre a acidez dos adesivos e a força de aderência da resina composta quimicamente ativada, e as falhas ocorreram predominantemente na interface da resina composta, com microporosidade na superfície aderida e vazios na resina. Os autores concluíram que o ar incorporado durante a mistura de resinas quimicamente ativadas contribuiu para diminuir a força de adesão observada em adesivos de passo simplificado. Observações ultraestruturais sugeriram a presença de uma interação de superfície entre os monômeros ácidos não polimerizados da camada de inibição de

oxigênio e os componentes iniciadores da resina composta quimicamente ativada.

Com o objetivo de mensurar a resistência de adesão ao cisalhamento de um combinado resina/adesivo (Filtek Z250/Single Bond, 3M) mantido a 21°C, resfriado a 15°C, e aquecido a 50°C, Alexander et al.³, em 2002, verificaram o efeito da temperatura nas forças de adesão. Utilizaram dentes humanos extraídos, preparados para adesão pelo desgaste da superfície vestibular utilizando um disco abrasivo de granulação 600 para expor a dentina superficial, sob água corrente. Aplicaram o condicionante e o adesivo segundo as instruções do fabricante. Uma camada de 2mm (altura) de resina foi colocada em uma cavidade cilíndrica de 2.4mm de diâmetro em um molde projetado Ultradent (Bryce Canyon, UT) para adesão, centrado na superfície detinária tratada. As amostras foram divididas em três grupos de acordo com a temperatura : temperatura ambiente (21°C); refrigeradas a 15°C; e aquecidas em estufa a 50°C. Após isso, foram armazenadas em água destilada a 37°C, por sete dias, antes do teste de cisalhamento. As forças de resistência ao cisalhamento foram determinadas, utilizando-se uma velocidade de 0.5mm/min. A média da resistência de adesão ao cisalhamento (em MPa) e desvio padrão para as três condições foi: materiais resfriados 15.03 ($\pm$ 6.66); materiais aquecidos 20.35 ($\pm$ 5.95); e materiais à temperatura da sala 26.65 ($\pm$ 7.56). A análise estatística dos dados, utilizando ANOVA e o teste Tukey, revelou diferenças significativas ($p=0.005$). Os autores concluíram que a temperatura pode ser um parâmetro importante para otimizar a adesão.

Com o propósito de determinar *in vitro* o efeito da contaminação por saliva e sangue na força de adesão de dois sistemas de adesão à dentina, Dewet et al.³³, em 2002, utilizaram cem dentes molares humanos extraídos, divididos aleatoriamente em cinco grupos de dez para cada sistema adesivo. Scotchbond 1 (SB, 3M) e PQ 1 (PQ, Ultradent) foram testados e aplicados de acordo com as instruções do

fabricante. As amostras de controle (C) não foram contaminadas. Um segundo grupo (SB) foi contaminado por 15 segundos com saliva, sendo o excesso eliminado com jatos de ar curtos antes da aplicação do sistema adesivo. No terceiro grupo (BW) as mostras foram contaminadas por 15 segundos com saliva, lavadas com água e secas levemente com ar, antes da aplicação do sistema adesivo. O quarto grupo (BB) continha amostras que foram contaminadas com sangue por 15 segundos, e o excesso também foi eliminado antes da aplicação do sistema adesivo. As amostras do grupo 5 (BW) foram contaminadas com sangue e lavadas com água antes da aplicação do sistema adesivo. O composto (Z250 ou Vitalescence) foi inserido às superfícies pré-tratadas de dentina. Todas as amostras foram armazenadas em água, por 24h, a 37°C. Os adesivos foram então submetidos ao teste de adesão com uma máquina de testes Zwick, operando a uma velocidade de ponta de 0.5mm/min. Os efeitos dos agentes de contaminação na superfície da dentina foram examinados em um MEV-EC. As medidas da força de adesão (MPa) foram: SB1: C=17.8 ± 3.8; SB=13.9 ± 2.2; SW=19.9 ± 3.2; BB=8.5 ± 3.4; BW=17.6 ± 3.7; PQ1: C=22.0 ± 4.2; SB=12.5 ± 2.3; SW=23.0 ± 3.8; BB=10.8 ± 3.6; BW=22.3 ± 4.1. Houve diferenças estatísticas significativas entre o grupo de controle e as amostras contaminadas com saliva e sangue que não foram enxaguadas com água. As observações de MEV-EC mostraram menos *tags* de resina na dentina contaminada. Os autores concluíram que a contaminação por sangue e saliva influenciou significativamente na força de adesão dos sistemas de adesão de componente individual à dentina

Considerando que embora a adesão à dentina normal tenha sido extensamente avaliada pelo teste de adesão à microtração, a adesão a dentes afetados por cárie ou infectados por cárie tem sido pouco estudada. Nishitani et al.⁷⁹, em 2002, examinaram as forças de adesão de sistemas adesivos atuais, para dentinas normais, afetadas por cáries e infectadas por cáries, com avaliação em MEV. Utilizaram doze

molares humanos extraídos, com cáries dentinárias oclusais, que tiveram suas superfícies preparadas para aplicação dos adesivos Reactomer Bond (RB, Shofu) e Single Bond (SB, 3M), incluindo as regiões que apresentavam dentina afetadas e infectadas por cárie. As resinas compostas Z-100 e Reactomer foram inseridas sobre os sistemas adesivos e, em seguida, as amostras foram armazenadas durante 24h, em água a 37°C. Após esse tempo, foram seccionadas em lâminas de aproximadamente 0.8mm de espessura e preparadas para o teste de adesão à microtração. Nos resultados, a dentina normal demonstrou significativamente valores maiores de resistência adesiva (RB 26.1 ± 4.4 , SB 50.9 ± 3.9 MPa), quando comparada à dentina infectada por cárie (RB 13.5 ± 3.3 , SB 19.4 ± 4.4 MPa) enquanto a dentina afetada por cárie apresentou valores intermediários (RB 16.5 ± 2.6 , SB 28.8 ± 6.3 MPa). A microscopia eletrônica de varredura (MEV) revelou que RB formou *camadas híbridas* muito finas em todos os tipos de dentina, mas SB formou camadas muito espessas nas dentinas afetadas por cáries. Os autores concluíram que a dentina afetada por cárie pode ser considerada como substrato para a adesão da resina, mas a dentina infectada por cárie não.

2.2 Adesivos autocondicionantes

Com o objetivo de investigar a durabilidade da adesão de um sistema adesivo fotopolimerizável em dentina bovina, sem a remoção da *smear layer*, Watanabe & Nakabayashi¹³⁷, em 1993, empregaram uma solução com 5% (em peso) 2-metacrilato-etil-fenil-hidrogenado fosfatado (Fenil P) como monômero promotor de difusão, canforoquinona a 0,5%

(em peso), como fotossensibilizador, e 0,5% (em peso) de N-fenil glicina como agente redutor, diluídos em trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA). Após a polimerização do agente adesivo, na dentina desgastada com lixa 600, uma resina composta (Foto Clearfil Bright – Kuraray) foi inserida. Os espécimes preparados foram estocados em água a 37° por um dia, seis meses e um ano. Os resultados ao teste de resistência à tração foram respectivamente 6.7MPa, 4.1 MPa, 2.8MPa. A observação da superfície dentinária fraturada no teste de resistência adesiva sugeriu que o longo tempo de imersão em água prejudica a união entre o sistema adesivo e a *smear layer* dentinária, por causa da insuficiente difusão do adesivo através da *smear layer*.

Com a finalidade de investigar a influência de duas variáveis (profundidade e idade da dentina humana) na resistência adesiva à tração, Burrow et al.²¹, em 1994, utilizaram um sistema autocondicionante (Clearfil Liner Bond II - Kuraray) e dois sistemas adesivos com condicionamento dentinário (Scotchbond Multi Purpose - 3M, Super Bond D-Liner - Sun Medical). Os dentes foram divididos em dois grupos: o primeiro, constituído de dentes extraídos de pacientes com idade em torno de trinta anos, e o segundo, com pacientes acima de cinquenta anos de idade. Foram preparados discos de dentina a partir da porção oclusal, abaixo da junção esmalte-dentina e acima da polpa, com aproximadamente 3mm de espessura. Essas duas superfícies foram classificadas como dentina superficial e profunda, respectivamente. Foram aplicados, nas superfícies, os sistemas adesivos seguidos da resina Foto Clearfil Anterior (Kuraray) em uma camada de 3mm de diâmetro. Os espécimes foram submetidos aos testes de resistência adesiva após 24 e 48 horas, sendo seis espécimes testados para cada variável (dentina jovem ou adulta e dentina superficial e profunda). Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa quando os espécimes foram testados nos períodos de 24 ou 48 horas, e todos os valores foram maiores do que 10MPa para todos os

materiais. Os grupos Scotchbond Multi Purpose e Clearfil Liner Bond II mostraram uma uniformidade de resultados, o mesmo não ocorreu quando o Super Bond D-Liner foi utilizado em dentina jovem, profunda (10MPa) e dentina adulta superficial (17,4MPa). Entretanto, para os espécimes de dentina profunda, em sua totalidade, os valores foram levemente menores.

Com a finalidade de comprovar a hipótese de que não existe relação entre área de superfície dentinária disponível para adesão e a resistência de união à tração dos materiais adesivos, Sano et al.¹⁰⁵, em 1994, utilizaram superfícies planas de dentina, obtidas pelo desgaste da superfície oclusal de vinte molares humanos, que foram recobertas com resina composta (Z-100 - 3M, Photo Clearfil Anterior - Kuraray) ou cimento ionômero de vidro (Vitremmer - 3M) para reconstrução da porção coronária dos dentes. Os dentes foram divididos em três grupos, dependendo do material empregado para realizar a reconstrução ou do sistema adesivo: Clearfil Liner Bond II (autocondicionante - Kuraray), Scotchbond Multi Purpose (com condicionamento - 3M) e Vitremmer (3M). Os espécimes foram estocados em água a 37°C por 24 horas. Seccionaram os espécimes perpendicularmente à interface adesiva, obtendo-se fatias com espessuras variáveis de 0,5mm a 3,0mm; em seguida, foram submetidos à força de tração. Como resultado, os autores observaram uma relação inversa entre a resistência de união à tração e a área de superfície aderida para os materiais testados. Com relação à espessura de dentina remanescente, não houve relação estatisticamente significativa entre a resistência de união à tração e a proximidade da polpa. Em uma superfície de adesão menor que 0,4mm², a resistência de união por tração foi de aproximadamente 55MPa para o Clearfil Liner Bond II, 38 MPa para o Scotchbond Multi Purpose e 20MPa para o Vitremmer. Além desses valores observaram uma maior frequência de fraturas adesivas em áreas menores.

Watanabe et al.¹³⁸ em 1994 estudaram a influência de uma solução de Fenil P (concentrações de 0, 5, 10, 20 e 30%) em HEMA (30%) na adesão à dentina bovina. Essas soluções foram utilizadas como condicionadores dentinários para promover a união entre o sistema adesivo e a *smear layer*. Como controle utilizaram HEMA (30%) e água (70%) . Aplicaram nas superfícies dentinárias desgastadas com lixa de granulação 600, as soluções experimentais de pré-tratamento dentinário durante um minuto, o sistema adesivo e uma camada de resina composta (Foto Clearfil Bright – Kuraray). Os espécimes foram divididos em dois grupos: um, submetidos a ensaios de tração, e outro, preparados para observação em MET, que também foi dividido em dois subgrupos (superfície dentinária fraturada no teste de adesão e superfície dentinária preparada exclusivamente para MET). Os resultados demonstraram que o Fenil P na concentração 20% aumentou (estatisticamente significativa) a força de união (10,4MPa) , enquanto o grupo controle exibiu uma adesão de 4,7MPa. Nas observações em MET, a superfície dentinária fraturada, onde utilizou-se o Fenil P à 20%, apresentou solubilização dos cristais minerais ao redor do colágeno, demonstrando uma pequena penetração na matriz dentinária. Quando aplicada na *smear layer*, esse sistema adesivo desmineralizou e incorporou a *smear layer*, penetrando uma pequena distância na superfície dentinária e formando uma *camada híbrida* que continha a *smear layer* original. Os autores concluíram que esse sistema adesivo de passo simplificado (condicionador e *primer*) oferece grandes vantagens sobre os sistemas adesivos com condicionamento.

Barkmeier et al.¹¹, em 1995, avaliaram o sistema adesivo Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray), que utiliza um agente condicionante - *primer* em um único frasco. Utilizaram dentina e esmalte humanos, nos quais aplicaram o sistema adesivo conjuntamente com a resina composta Clearfil APX (Kuraray) e, após 24 horas de estocagem em água, a força de adesão ao cisalhamento foi determinada utilizando uma máquina

Instron. Utilizaram outros dentes molares humanos, onde prepararam cavidades de classe V padronizadas, na junção esmalte-cimento e, após a restauração, utilizando o mesmo sistema adesivo e resina composta, foram estocados 24 horas, termociclados, imersos em nitrato de prata e seccionados para examinar a microinfiltração. Alguns espécimes foram examinados em MEV, para avaliar o efeito do tratamento nas superfícies de esmalte e dentina, e utilizaram também um grupo controle sem o tratamento com o *primer* condicionante. Os resultados mostraram: resistência de adesão ao cisalhamento em esmalte e dentina foi de 28.2 ± 4.9 e 19.4 ± 3.1 MPa, respectivamente. A avaliação da microinfiltração demonstrou mínima infiltração para as margens em cimento e nenhuma infiltração em esmalte; o exame em MEV apresentou a penetração do adesivo na superfície de esmalte e dentina nos espécimes em que foram utilizados a solução condicionadora. Observaram uma película de espessura fina, com projeções nos túbulos dentinários e, nas superfícies onde não utilizaram a solução, observaram as características da *smear layer* com o esmalte e a dentina intactos. Concluíram que o sistema adesivo produziu altas forças de adesão em esmalte e dentina, demonstrando pouca infiltração e facilidade de utilização.

Com o objetivo de testar a hipótese de que a infiltração do adesivo na dentina desmineralizada pode restaurar sua propriedade de resistência à tração, de forma semelhante à dentina mineralizada, Sano et al.¹⁰⁷, em 1995, utilizaram cinco sistemas adesivos diferentes (All Bond II - Bisco, Scotchbond Multi Purpose - 3M, Super Bond C&B - Sun Medical, Clearfil Fotobond - Kuraray e um sistema autocondicionante Clearfil Liner Bond II - Kuraray). Prepararam pequenos espécimes (0,5 x 0,5mm) de dentina humana desmineralizada que receberam, aleatoriamente, o tratamento com um dos sistemas adesivos. Dessa forma, procuraram determinar o quanto a infiltração do sistema adesivo na matriz de dentina desmineralizada poderia alterar a sua propriedade de resistência à tração. Acrescentaram dois grupos controles, um com a matriz de dentina

desmineralizada e outro de dentina desmineralizada com EDTA, sem nenhum outro tratamento adicional. Após serem submetidos ao teste de microtração, os resultados mostraram que alguns sistemas adesivos (AB - All Bond, MP - Scotchbond Multi Purpose e SB - Super Bond C&B), após serem infiltrados na dentina desmineralizada, podem restabelecer ou mesmo exceder a resistência à tração máxima da dentina mineralizada. Além disso, esses sistemas adesivos aumentaram o módulo de elasticidade da dentina infiltrada, porém não o suficiente para igualarem ao módulo de elasticidade da dentina mineralizada.

Considerando que a presença da *smear layer* nos substratos dentinários pode comprometer a adesão, tipicamente, esta foi removida por agentes ácidos, que removem seletivamente os sais de cálcio da dentina para deixar um substrato rico em colágeno. A dentina condicionada com ácido (desmineralizada) foi então preparada por um *primer* e nela aplicado um agente adesivo. Neste estudo, Nakabayashi & Saimi⁷⁶, em 1996, removeram a *smear layer* através do “polimento” dos espécimes dentinários com pasta de hidroxiapatita e ultra-som. Os procedimentos de adesão foram executados por meio de uma solução aquosa a 20% de 2-metacrilóxi-etil-fenil fosfatado hidrogenado (Fenil-P) e 30% de 2-hidroxi-etil metacrilato (HEMA), considerado como um *primer* autocondicionante, chamado 20P-30H. Essa solução foi aplicada na dentina bovina intacta (não desmineralizada) por 30 ou por 60 segundos. O espécime controle não recebeu aplicação da solução autocondicionante. Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência adesiva à tração e preparados para observação em MEV e MET. A média das forças de adesão à tração (10MPa) foi semelhante, tanto nos grupos em que o *primer* foi aplicado por 30s, quanto naqueles em que foi aplicado por 60 segundos. As extensões das camadas híbridas formadas variaram de $0.3 \pm 0.2\mu\text{m}$ em 0s de aplicação (controle); a $2.1 \pm 0.3\mu\text{m}$ para o grupo de 30s, e, $4.1 \pm 0.2\mu\text{m}$ para o grupo de 60s. Os autores concluíram que o *primer* autocondicionante (20P-30H) criou

canais de difusão na dentina intacta e rica em cálcio, o que permitiu a infiltração de monômeros nos substratos dentinários, formando uma *camada híbrida* estável.

Yoshiyama et al.¹⁴¹, em 1996, verificaram os valores de resistência adesiva de três sistemas adesivos (All Bond II - Bisco e Scotchbond Multi Purpose - 3M), sendo um deles autocondicionante (Clearfil Liner Bond II - Kuraray). Os valores foram mensurados entre as paredes oclusais e gengivais, em lesões cervicais, em forma de cunha, com dentina esclerosada, presente em dentes naturais e com cavidades preparadas artificialmente. Para o experimento, utilizaram trinta caninos, metade com lesões naturais - grupo 1 e metade hígidos - grupo 2 que receberam preparo com dimensão semelhante ao grupo 1. Após a aplicação dos sistemas adesivos, os dentes foram restaurados com uma resina composta de baixa viscosidade (Protect Liner Bond - Kuraray). Os espécimes foram armazenados em água e submetidos ao teste de microtração, sendo em seguida feita a análise em MEV das superfícies dentinárias. Os resultados demonstraram não haver diferença nos valores de resistência adesiva entre a parede oclusal e gengival nos preparos; porém, com relação ao tipo de dentina, as lesões naturais apresentaram valores menores. Na parede oclusal, em lesões naturais, os valores de resistência adesiva para o All Bond II, Clearfil Liner Bond II e Scotchbond Multi Purpose foram, respectivamente, 16.5, 16.6 e 17.8MPa; nas lesões preparadas artificialmente, foram 25.6, 29.9 e 21.5MPa. As observações em MEV demonstraram que o Clearfil Liner Bond II formou a *camada híbrida* mais fina. Os autores concluíram que a força de adesão à dentina esclerótica foi menor do que aquela da dentina normal.

Considerando que existe pouca informação a respeito do desempenho dos sistemas adesivos na dentina radicular, Yoshiyama et al.¹⁴², em 1996, realizaram um trabalho com o objetivo de mensurar a resistência à tração da resina composta (Protect Liner Bond - Kuraray) em dentina radicular e coronária analisando a interface em MEV. Utilizaram

dezesseis caninos que tiveram o esmalte e o cimento da superfície vestibular removidos. Dois sistemas adesivos, um convencional (All Bond II - Bisco) e um autocondicionante (Imperva Bond - Shofu) foram utilizados de acordo com a indicação dos fabricantes, na superfície dentinária exposta. Após a restauração de resina composta, todos os espécimes foram seccionados transversal e perpendicularmente à superfície adesiva em quatro porções diferentes: dentina coronária, dentina cervical, dentina da porção mediana da raiz e dentina apical. As amostras foram preparadas para análise da resistência adesiva. Os espécimes tratados com All Bond II apresentaram valores de resistência elevados (23.5MPa) na dentina coronária e apical, porém, na dentina cervical e mediana da raiz, a resistência foi significativamente menor. Os espécimes tratados com Imperva Bond apresentaram resultados elevados em todas as áreas, não havendo diferença entre elas. As análises em MEV revelaram que a espessura da *camada híbrida* formada pelo sistema adesivo All Bond II na dentina radicular (1,9 μ m) foi menor do que na dentina coronária (3,7 μ m). Com o Imperva Bond a espessura foi sempre constante, menor que 0,5 μ m. Concluíram que valores altos de resistência adesiva podem ser obtidos, mesmo com uma infiltração pequena do adesivo na dentina, não existindo uma correlação entre espessura da *camada híbrida* e resistência adesiva.

Com o propósito de mensurar a resistência de adesão à tração em várias porções do dente humano (esmalte e dentina) e observar a interface em MEV, Yoshiyama et al.¹⁴³, em 1998, avaliaram dois sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil Liner Bond II - Kuraray e Fluoro Bond - Shofu). Utilizaram doze dentes humanos, os quais foram desgastados na superfície vestibular, expondo a dentina coronária e radicular e o esmalte, para aplicação dos sistemas adesivos segundo indicação dos fabricantes. A resina composta Lite Fil II (Shofu) foi aplicada sobre a superfície adesiva. Após a estocagem durante 24 horas, em água, a 37°C, os dentes foram seccionados

perpendicularmente à superfície adesiva e submetidos ao teste de resistência à microtração. Os adesivos demonstraram maior resistência adesiva à dentina (coronária, cervical e radicular) do que ao esmalte e à dentina apical. As observações em MET apresentaram uma espessura de *camada híbrida* para ambos sistemas adesivos em torno de $1.0\mu\text{m}$ em dentina coronária, cervical e radicular, e um pouco menor do que $0.5\mu\text{m}$ na dentina apical. Os autores concluíram que os sistemas adesivos autocondicionantes produziram uma boa adesão em dentina coronária, cervical e radicular, mas a adesão ao esmalte e à dentina apical pode ser deficiente.

Com propósito de comparar a força de união à dentina dos adesivos autocondicionantes de um único passo (Etch & Prime 3.0 - Degussa -EP3) e de dois passos (Clearfil Liner Bond 2 - Kuraray -CL2) e o (Gluma One Bond - Kulzer -GL1) utilizados com a técnica de condicionamento total, Fritz & Finger³⁹, em 1999, utilizaram os sistemas adesivos de acordo com as indicações dos fabricante em superfícies de dentina e esmalte obtidas a partir de dentes humanos extraídos. A resina Charisma (Kulzer) foi aplicada na superfície dentinária ($3,5\text{mm}$) com o sistema adesivo e os espécimes foram estocados em água por 24 horas. A micromorfologia marginal dos espécimes foi observada em MEV. O adesivo EP3 teve uma força de adesão ao esmalte similar a de outros materiais, mas a sua força de adesão à dentina foi de aproximadamente 50% da força adesiva dos outros dois adesivos. O adesivo CL2 demonstrou fendas significativamente menores ($2\mu\text{m}$) ao longo da margem, em relação ao EP3 ($5\mu\text{m}$), enquanto que no grupo GL1 em sete das dez restaurações verificadas, foram observadas margens perfeitamente livres de fendas. Os autores concluíram que o adesivo Etch & Prime é uma tentativa em direção a sistemas de adesão dentina/esmalte mais simplificados; porém, os resultados do presente estudo indicaram que o desempenho clínico deve ser aperfeiçoado antes de ser recomendado irrestritamente.

Com a finalidade de determinar os aspectos estruturais do colágeno dentinário na parede pulpar de cavidades produzidas *in vivo*, após a utilização de ácido fosfórico ou do Clearfil Liner Bond II - Kuraray (*primer* autocondicionante), Milia et al.⁷³, em 1999, utilizaram vinte e quatro terceiros molares livres de cárie, indicados para extração. Prepararam as cavidades de classe I (± 2 mm de profundidade) e, posteriormente, dividiram os dentes aleatoriamente em três grupos: grupo A - dentina condicionada com ácido fosfórico a 34% por 15s, lavada por 20s e aplicação de um jato de ar por 2s, mantendo a superfície úmida; grupo B - Liner Bond II *Primer* (Kuraray) aplicado por 30s e, em seguida, um leve jato de ar; grupo C - a dentina não recebeu nenhum tratamento (controle). Todos os espécimes foram restaurados com a resina composta AP-X (Kuraray) e, após 30min, os dentes foram extraídos e imediatamente preparados para observação em MET. A utilização do *primer* autocondicionante não produziu alterações morfológicas significativas no substrato dentinário. Concluíram que o ácido fosfórico alterou o colágeno mais severamente do que o Clearfil Liner Bond Primer II.

Em 1999, Ogata et al.⁸¹, realizaram um trabalho com a finalidade de avaliar o efeito da aplicação de várias camadas de *primers* autocondicionantes sobre a resistência adesiva, avaliada pela técnica de microtração em cavidades artificiais com formatos de cunha, realizadas em dezoito molares humanos hígidos, extraídos. Outros quatro dentes adicionais foram usados, para analisar a interface adesiva em MEV. Os dentes foram divididos em dois grupos, de acordo com o sistema adesivo empregado (Clearfil Liner Bond II – Kuraray e Imperva Fluoro Bond - Shofu) e em dois subgrupos, sendo em um subgrupo o material utilizado de acordo com as recomendações do fabricante e, no outro, o *primer* aplicado várias vezes, no mesmo período recomendado pelo fabricante (10s). Utilizaram a resina de baixa viscosidade Protect Liner F (Kuraray) para a restauração das cavidades e, após um período de armazenamento

de 24 horas, os espécimes foram seccionados e preparados para o teste de resistência adesiva. Foram obtidas amostras, tanto da parede gengival, quanto da oclusal. Os resultados demonstraram que a resistência de união na parede gengival foi significativamente menor do que na parede oclusal. Para o grupo do Clearfil, independente da parede do preparo avaliada, houve aumento significativo quando foram aplicadas várias camadas, o que não aconteceu com o Imperva. A espessura da *camada híbrida* do Clearfil, analisada nas fotomicrografias, revelou o dobro do tamanho (2µm), quando foram aplicadas várias camadas. Com o sistema Imperva, a *camada híbrida* não pôde ser claramente observada.

Considerando que a durabilidade da adesão entre a dentina e os sistemas adesivos é de uma importância significativa para a longevidade das restaurações adesivas, Sano et al.¹⁰⁸, em 1999, avaliaram durante um ano a durabilidade da adesão resina-dentina na cavidade oral. Testaram a hipótese de que a interface adesiva demonstraria alterações morfológicas *in vivo* ao longo do tempo. Prepararam cavidades em dentina em doze dentes de um macaco, com anestesia geral. As cavidades foram restauradas com Clearfil Liner Bond II (Kuraray) e a resina composta Clearfil Photo Posterior (Kuraray). Os dentes foram extraídos com três diferentes tempos: imediatamente, 180 e 360 dias após a conclusão das restaurações. Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência à microtração e as superfícies adesivas fraturadas foram observadas em MEV-EC. A mensuração da força de adesão permaneceu estável durante os períodos, com valores da ordem de aproximadamente 19.0MPa. As observações das superfícies fraturadas revelaram porosidade no topo da *camada híbrida*, com o passar do tempo. Concluíram que este estudo *in vivo* demonstrou a degradação da interface adesivo-resina com o passar do tempo, e que este tipo de estudo permite uma avaliação mais próxima da realidade da durabilidade da adesão.

Kitasako et al.⁶⁵, em 2000, realizaram um trabalho *in vivo*, empregando macacos, com o objetivo de avaliar a biocompatibilidade e a resistência de união à microtração de um sistema adesivo experimental autocondicionante. Foram realizadas restaurações de classe V na superfície vestibular de trinta e seis dentes, e as alterações histopatológicas foram observadas após três, trinta e noventa dias da realização do procedimento restaurador. Fizeram a avaliação da resistência adesiva após três e noventa dias da conclusão das restaurações. Somente duas das trinta amostras pulpares apresentaram uma ligeira infiltração de células inflamatórias; a espessura média da dentina remanescente, observada histopatologicamente, foi de 0.77mm. Não houve diferença estatisticamente significativa na incidência de células inflamatórias entre os diferentes períodos de observação. A penetração de bactérias ao longo das paredes cavitárias não foi notada em nenhum espécime. O valor da resistência de união após três dias foi de 20.6MPa, e após noventa dias 14.9MPa, ou seja, houve uma diminuição significativa. Concluíram que a aplicação do sistema adesivo experimental em macacos apresentou compatibilidade biológica aceitável, embora tenham sido observadas diferenças significativas nos valores de resistência de união. Relataram que o material proporciona um selamento hermético, eliminando a infiltração bacteriana.

Com o objetivo de avaliar a resistência de união por microtração de sete sistemas adesivos disponíveis comercialmente, Tanumiharja et al.¹¹⁸, em 2000, realizaram um estudo empregando vinte e oito molares humanos extraídos. Após a exposição da superfície oclusal de dentina, realizaram polimento com lixa de granulação 600. Aplicaram os sistemas adesivos e uma camada de resina composta de acordo com a indicação dos fabricantes. Os sistemas adesivos avaliados foram: Clearfil Liner Bond 2V - Kuraray; EBS-Multi - Espe; One Coat Bond - Coltène; Gluma One Bond - Kulzer; Prime & Bond NT - Dentsply; Perma Quik - Ultradent; Solid Bond - Kulzer. Os espécimes foram armazenados

em água, durante 24 horas, a 37°C e, em seguida, seccionados e preparados para o teste de microtração. Os valores da resistência de união variaram de $17.8 \pm 7.0\text{MPa}$ para o Solid Bond a $36.0 \pm 8.1\text{MPa}$ para o Clearfil Liner Bond 2V. Os valores de resistência adesiva do Clearfil e do Perma Quik ($30.8 \pm 8.5\text{MPa}$) não demonstraram diferença estatística e foram maiores do que todos os outros materiais. Os valores obtidos para os sistemas Solid Bond, EBS-Multi, One Coat Bond e Gluma One Bond não foram diferentes. Os autores concluíram que o sistema autocondicionante Clearfil, baseado em uma técnica de adesão simples, juntamente com o Perma Quik, apresentaram os valores mais elevados de resistência de união à dentina.

Com o objetivo de comparar o desempenho na adesão à dentina de oito sistemas adesivos, utilizando um teste de resistência à microtração, Bouillaguet et al.¹⁶, em 2001, utilizaram trinta dentes bovinos desgastados com papel abrasivo de granulação 600, para obter superfícies planas de raiz-dentina. Dois sistemas adesivos convencionais (Scotchbond Multipurpose Plus - 3M, Optibond FL - Kerr) e quatro sistemas adesivos de passo único (Scotchbond 1 - 3M, Asba S.C.A. - Lamaison Dentaire, Prime&Bond NT - Dentsply, Excite - Kerr), além de dois sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil Liner Bond 2V - Kuraray e Prompt L-Pop - ESPE) foram avaliados. Cada sistema adesivo foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante, seguidos da aplicação da resina composta (Z-100 - 3M). Imediatamente após a adesão, os dentes foram preparados para o teste de microtração, com quatorze espécimes para cada material. Os espécimes fraturados foram preparados para análise em MEV. O Scotchbond Multipurpose Plus demonstrou valores de resistência à tração significativamente maiores ($30.3 \pm 9.4\text{MPa}$) do que os outros materiais. A resistência à tração dos outros materiais foi (da mais alta à mais baixa): Optibond FL ($22.4 \pm 4.3\text{MPa}$); Scotchbond 1 ($18.9 \pm 3.2\text{MPa}$); Clearfil Liner Bond 2 V ($18.9 \pm 3.0\text{MPa}$); Prime&Bond NT ($18.3 \pm 6.9\text{MPa}$); Asba S.A.C. ($14.4 \pm 2.9\text{MPa}$);

Excite ($13.8 \pm 3.7\text{MPa}$); e Prompt L-Pop ($9.1 \pm 3.3\text{MPa}$). As fraturas foram em sua maioria adesivas. Os autores concluíram que os sistemas convencionais produziram forças adesivas mais altas para dentina de raiz do que a maioria dos adesivos de passo único e adesivos autocondicionantes.

Com o objetivo de comparar a resistência de adesão à microtração de dois sistemas adesivos de passo único, utilizando dois tipos de ponta para preparos em dentina, Inoue et al.⁵⁶, em 2001, usaram os sistemas adesivos NZ-2000 (Sun Medical) e One-Up Bond F (Tokuyama) em superfícies dentinárias radiculares de oito pré-molares humanos, extraídos. Essas superfícies foram produzidas utilizando pontas diamantadas regulares e extrafinas em alta rotação. A resina composta Clearfil AP-X (Kuraray) foi aplicada sobre a superfície com adesivo. Os espécimes foram estocados em água, por uma noite, a 37°C e foram seccionados em fatias de 0,7mm perpendicularmente à interface adesiva. Após os testes de microtração, observaram o modo de fratura das interfaces adesivas e alguns espécimes foram preparados para observação em MEV. Para o adesivo NZ, com a ponta diamantada regular, a resistência de adesão à microtração foi significativamente menor, e as fraturas foram adesivas; para os outros grupos as fraturas foram mistas. As superfícies dentinárias condicionadas que receberam o adesivo NZ, preparadas com pontas regulares, apresentaram uma *smear layer* residual; entretanto, quando preparadas com pontas ultrafinas, foram parcialmente dissolvidas, assim como no adesivo One-Up Bond F com ambos os tipos de pontas. Concluíram que os sistemas adesivos de passo único produzem baixa resistência adesiva, quando a *smear layer* é formada com pontas diamantadas regulares.

Koibushi et al.⁶⁶, em 2001, investigaram o efeito da *smear layer* na resistência de adesão à tração em dentina humana. A dentina de dentes humanos extraídos foi exposta através do desgaste com lixa de granulação 180 ou 600. Utilizaram o adesivo autocondicionante Clearfil

Liner Bond II (Kuraray) na superfície dentinária, aplicando em seguida a resina composta Clearfil Photo Posterior (Kuraray). Os espécimes foram preparados para o teste de microtração e armazenados em água, a 37°C, por 24 horas. Após o teste, as superfícies fraturadas foram examinadas em MEV. Houve diferença estatisticamente significativa na resistência adesiva à força de tração, quando a superfície dentinária foi preparada com lixa de granulação 180 ($10.0 \pm 7.2\text{MPa}$) e 600 ($28.5 \pm 5.2\text{MPa}$). As fraturas dos espécimes sugeriram falhas entre a dentina hibridizada e a *smear layer* hibridizada. Os autores concluíram que a presença e qualidade de uma *smear layer* revelou força de adesão significativamente diferente para a dentina humana preparada *in vitro*; porém, a força de adesão demonstrou ser adequada para os *primers* autocondicionantes, que podem ser bem aceitos em trabalhos clínicos.

Com o objetivo de examinar, utilizando MET, a agressividade de três sistemas adesivos autocondicionantes na penetração em *smear layer* dentinária com diferentes espessuras, Tay & Pashley¹²⁰, em 2001, utilizaram discos de dentina obtidos de terceiros molares humanos extraídos. Para o grupo controle, a superfície da dentina foi crio-fraturada para criar superfície de adesão isenta de *smear layer*. Os espécimes foram polidos com lixa de granulação 600 ou 60 para produzir superfícies adesivas com *smear layers* finas e espessas. Os sistemas adesivos utilizados foram: Clearfil Mega Bond (Kuraray), Non-Rinse Conditioner e Prime&Bond NT (Dentsply) e Prompt L-Pop (ESPE). Os espécimes foram desmineralizados e preparados para observação em MET. Para o Mega Bond, camadas finas de hibridização foram encontradas entre 0.4 - 0.5µm; *smear layer* e *smear plugs* foram retidos como parte do complexo hibridizado. Para Non-Rinse/Prime&Bond NT, uma *camada híbrida* entre 1.2 - 2.2µm de espessura foi observada. As *smear layers* e os *smear plugs* foram completamente dissolvidos na dentina quando a *smear layer* preparada era fina, mas foram parcialmente retidas como parte do complexo hibridizado quando a *smear layer*

preparada era espessa. Para Prompt L-Pop, as camadas híbridas ficaram entre 2.5 - 5.0µm e a *smear layer* e os *smear plugs* foram completamente dissolvidos mesmo em dentinas preparadas com *smear layers* espessas. Os autores concluíram que os sistemas autocondicionantes podem ser classificados como brandos (Clearfil), moderados (Non-Rinse) e agressivos (Prompt L-Pop), baseados na sua capacidade em penetrar na *smear layer* da dentina e sua profundidade de desmineralização da superfície da dentina. O sistema mais agressivo (Prompt L-Pop) solubilizou completamente a *smear layer* e os *smear plugs* e formou *camada híbrida* com espessura próxima àquela da dentina condicionada com ácido fosfórico.

Com a finalidade de avaliar a resistência de adesão ao cisalhamento de uma resina, ao esmalte e à dentina, utilizando três sistemas adesivos (dois deles contendo *primers* autocondicionantes) e também a capacidade de molhamento (medindo o ângulo de contato) dos respectivos *primers* dos sistemas adesivos na dentina superficial e profunda, Toledano et al.¹²⁶, em 2001, utilizaram trinta molares humanos extraídos sem cárie. A mensuração do ângulo de contato foi feita através da técnica ADSA-CD (Análise da assimetria da forma da gota – diâmetro de contato) onde o diâmetro de contato da gota foi determinado por uma imagem de vídeo e transferida para um computador que fazia a mensuração do ângulo de contato. Outras propriedades físicas também foram avaliadas: a densidade (com a avaliação do peso e do volume); o pH, utilizando um medidor de pH (Crison Instrument S.A. – Espanha) e a viscosidade dos *primers*, utilizando um reometer (Bohlin CS-10-Inglaterra). Os dentes foram seccionados na junção amelo-dentinária, paralelamente à superfície oclusal; a dentina foi desgastada com lixa de granulação 600 e os espécimes divididos em grupos. Os *primers* utilizados foram aqueles dos sistemas adesivos Scotchbond Multipurpose Plus - 3M (grupo 1), Clearfil SE Bond - Kuraray (grupo 2) e Etch & Prime - Degussa (grupo 3). Após as avaliações das propriedades em dentina

superficial, os molares foram novamente seccionados a aproximadamente 1,1mm do seccionamento anterior, sendo o mesmo procedimento repetido na dentina profunda. Para os testes de resistência de união ao cisalhamento em dentina, também utilizaram a dentina superficial e profunda, e para teste de cisalhamento em esmalte, utilizaram trinta incisivos bovinos que foram desgastados na superfície vestibular com lixa de granulação 800, planificando a superfície de esmalte. Uma superfície de 4mm de diâmetro foi delimitada para a adesão e os sistemas adesivos aplicados de acordo com as especificações do fabricante. A resina composta foi inserida em incrementos de 1 a 1,5mm e a espessura total foi de aproximadamente 3mm. Para cada adesivo foi utilizada um tipo de resina (Clearfil SE Bond – Clearfil APX, Etch & Prime – Degufill, Scotchbond Multipurpose Plus – Z-100). Todos os espécimes foram estocados em água, a 37° C, por 24 h e termociclados; em seguida o teste de cisalhamento foi conduzido utilizando a máquina Instron (Instron Corporation USA), operando numa velocidade de 0,75mm/minuto. Os resultados demonstraram não haver diferenças entre os ângulos de contatos na dentina superficial e profunda. O CSEB e o E&P não apresentaram diferenças estatísticas significativas, porém demonstraram um ângulo de contato maior do que SBMP. Em esmalte, o Etch & Prime resultou em força de adesão mais baixa, mas não foram encontradas diferenças estatísticas significativas em relação ao Scotchbond Multi Purpose. Na dentina, o Clearfil SE Bond resultou em força de adesão significativamente maior, não havendo diferenças significativas entre Etch & Prime e Scotchbond Multi-Purpose. Os autores concluíram que o uso de *primers* autocondicionantes pode ser uma alternativa para o convencional uso de ácido fosfórico nas técnicas restauradoras adesivas com resinas para esmalte e dentina, reduzindo os passos e o tempo de trabalho para os procedimentos de adesão. O Clearfil SE Bond demonstrou a maior força de adesão ao cisalhamento, tanto na dentina quanto no esmalte.

Boghossian¹⁵, em 2002, considerando que a tendência dos sistemas adesivos é incorporar o condicionamento ácido e procedimentos de adesão em um único componente, desenvolveu um estudo clínico para investigar o desempenho de um sistema adesivo autocondicionante (Prompt L-Pop - 3M ESPE) comparado com um sistema adesivo com condicionamento ácido (Single Bond - 3M). Utilizou quatorze pacientes com quarenta e sete restaurações de classe V (abrasão e abfração) que foram restauradas com Prompt L-Pop (vinte e seis restaurações) e Single Bond - controle (vinte e uma restaurações). O Prompt L-Pop foi aplicado à dentina e às superfícies do esmalte por 15s; foi seco com jato de ar e fotopolimerizado por 10s. No caso do Single Bond, as superfícies foram condicionadas (37% de ácido fosfórico por 15s) e lavadas com *spray* ar/água por 10s, recebendo após duas camadas consecutivas de Single Bond, seguidas pela evaporação do catalisador com jato de ar, e fotopolimerizadas por 10s. A resina Filtek Z-250 (3M ESPE) foi inserida pela técnica incremental e polimerizada. As restaurações foram avaliadas após um ano. O autor concluiu que, em um ano, os adesivos autocondicionantes (Prompt L-Pop) demonstraram desempenho equivalente ao sistema adesivo com condicionamento ácido (Single Bond).

Com o objetivo de comparar a força de resistência ao cisalhamento na dentina (SBS), dos sistemas adesivos autocondicionantes One-Up Bond F(OU) - Tokuyama, Touch & Bond (TB) - Parkell e o Prompt L-Pop (LP) - ESPE/3M e um adesivo com condicionamento ácido Single Bond (SB) - Espe/3M utilizado como controle, Cobb & Macgregor³⁰, em 2002, utilizaram quarenta e oito molares humanos intactos, com as superfícies oclusais desgastadas com lixa de granulação 600, para expor a dentina. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos adesivos que receberam os sistemas adesivos de acordo com as instruções do fabricante. Após a aplicação dos adesivos, uma resina composta híbrida (Z-100 - 3M) foi

colocada em uma matriz de 3.5mm de diâmetro na superfície da dentina. Os espécimes foram armazenados em água destilada, por 24h, a 37°C, posteriormente termocicladas e submetidos ao teste de cisalhamento. Os valores encontrados do SBS (em MPa) foram: SB = 18.0 ± 5.6 ; LP = 16.0 ± 3.8 ; OU = 14.3 ± 4.2 ; TB = 14.2 ± 4.3 . Concluíram que nas condições desse estudo, os valores para SBS à dentina foram semelhantes para todos os sistemas adesivos testados.

Considerando que os sistemas adesivos autocondicionantes apresentam uma simplificação dos procedimentos de adesão e diminuição da sensibilidade pós-operatória, Denehy et al.³², em 2002, fizeram um trabalho clínico longitudinal, avaliando a eficiência de um adesivo autocondicionante (Prompt L-Pop – 3M) em restaurações de Classe I, utilizando um adesivo com condicionamento ácido (Prime & Bond NT) como controle. Vinte e seis adultos, cada um com duas ou quatro restaurações de amálgama de Classe I necessitando de substituição, participaram do estudo, resultando em oitenta e dois preparos. Os dentes preparados, receberam os sistemas adesivos, e a resina composta TPH (Caulk/Dentsply) foi inserida em camadas de 2mm. As restaurações foram imediatamente polidas. Fizeram as avaliações no início, aos seis meses, após um ano e dois anos, utilizando diversos critérios (cáries secundárias, forma anatômica, adaptação das bordas, sensibilidade pós-operatória) com Alfa representando o resultado clinicamente ideal, Bravo, clinicamente aceitável, e Charlie, clinicamente inaceitável. Ambos os grupos foram taxados 100% como Alfa em todas as categorias em um ano e dois anos, porém alguns casos de descoloração e adaptação marginal foram notados, e um paciente em cada grupo relatou sensibilidade em um ano; entretanto, nenhuma sensibilidade foi relatada em dois anos. Aos dois anos, não houve diferença significativa em qualquer categoria de avaliação entre grupos. Os autores concluíram não existir diferença clínica significativa entre

adesivo autocondicionante e um *primer* adesivo de frasco único após dois anos.

O desenvolvimento de *primers* autocondicionantes (SEP) e adesivos autocondicionantes (SEA) introduziu novas alternativas para a adesão à estrutura dentária; contudo, a preocupação recai sobre a sua eficácia na dentina preparada com diferentes pontas de alta velocidade. A proposta deste estudo foi comparar a força de adesão à microtração (μ TBS) de três sistemas adesivos à dentina humana preparada com papel abrasivo (SIC) de granulação 600, pontas diamantadas (D) ou broca carbide (C). Para isso, Dias et al.³⁴, em 2002, utilizaram vinte e sete molares humanos que foram divididos aleatoriamente em três grupos de tratamento, utilizando os seguintes sistemas adesivos: Single Bond (3M ESPE), One-up Bond F (Tokuyama) e Clearfil SE Bond (Kuraray). Uma superfície com 4mm de resina composta foi inserida sobre a superfície dentinária com adesivo e armazenada em água, por um dia, a 37°C. Os espécimes foram seccionados em fatias de 0.7mm de espessura e submetidos à fratura em uma velocidade de 1mm/min. Obtiveram os seguintes valores: Single Bond utilizando SIC ($31,7 \pm 7,5$), D ($28,6 \pm 6,5$) e C ($36,8 \pm 9,8$); One-Up Bond F utilizando SIC ($33,5 \pm 6,1$), D ($35,0 \pm 4,1$) e C ($41,9 \pm 7,9$) e SE Bond utilizando SIC ($59,3 \pm 12,5$), D ($59,1 \pm 8,0$) e C ($71,5 \pm 10,1$), sendo os valores expressos em MPa. Os autores concluíram que todos os preparos com broca carbide tiveram significativamente maior força de adesão à microtração do que os preparos com pontas diamantadas ou SIC. Os adesivos autocondicionantes e *primers* autocondicionantes tiveram a força de adesão à microtração maior ou igual ao sistema de condicionamento total. Os clínicos devem estar cientes de que diferentes tipos de brocas utilizadas para o preparo de cavidades podem afetar o desempenho dos sistemas adesivos à dentina.

Tendo em vista a discussão sobre a toxicidade e irritação da polpa pelos sistemas adesivos e o desenvolvimento de materiais adesivos de fase única contendo agentes condicionantes, *primer* e

adesivo em um único frasco, Kaga et al.⁵⁸, em 2002, investigaram o efeito citotóxico dos adesivos de fase única. Utilizaram amostras dos sistemas adesivos sob forma de discos (6mm de diâmetro e 1mm de espessura) fotopolimerizados por 40s., divididos em grupos: One-up Bond F – Tokuyama (OB); Xeno CF Bond – Degusa (XC) e Reactomer Bond – Shofu (RB). As células das polpas de dentes de ratos foram cultivadas em doze placas de cultura. Estas placas continham amostras dos discos dos adesivos fotopolimerizados inclusas. No grupo controle utilizaram um disco de vidro. A viabilidade celular foi alcançada após 24 horas de incubação e comparada com o grupo controle. Os resultados obtidos (em MPa) foram: viabilidade controle (100 ± 36.9), RB (56.5 ± 7.4), OB (57.6 ± 6.5), XC (22.9 ± 16.8), sem diferenças significativas entre RB e OB. Os autores concluíram que a exposição clínica da dentina aos sistemas adesivos não-polimerizados deve ser minimizada.

Com o propósito de determinar a força de resistência ao cisalhamento da resina composta, utilizando um sistema adesivo convencional, sistemas adesivos autocondicionantes e variados períodos de condicionamento, Latta & Hald⁶⁸, em 2002, utilizaram superfícies dentinárias preparadas em cento e vinte terceiros molares humanos, extraídos e livres de cáries. O adesivo Prime & Bond NT, com ácido fosfórico a 34% (Dentsply), o SE Bond (Kuraray) e o Prompt-L Pop (3M/ESPE) foram aplicados de acordo com os tempos de condicionamento recomendados pelo fabricante e com tempos de condicionamento prolongados (grupo 1 – tempo recomendado pelo fabricante; grupo 2 - 30s; grupo 3 – 60s; grupo 4 – 90s) . Uma resina composta (Spectrum – TPH) foi inserida sobre a superfície dentinária com adesivo, seguindo-se o armazenamento em água, a 37°C, por quatorze dias. Para o teste de resistência adesiva ao cisalhamento, utilizaram uma haste em forma de cinzel em uma máquina de teste Instron Modelo 1123, a uma velocidade de 5mm/min. Todos os sistemas demonstraram resistência adesiva menor em tempos de condicionamento longos. Prime

&Bond - grupo 1: $19.6 \pm 4.2\text{MPa}$ e grupo 4: $7.0 \pm 6.8\text{MPa}$. Porém os sistemas autocondicionantes foram menos sensíveis às variações nos tempos de condicionamento, exceto a 90 segundos, SE Bond grupo 1: $21.6 \pm 5.9\text{MPa}$ e grupo 4: $4.5 \pm 3.3\text{MPa}$; Prompt L-Pop – grupo 1: $14.3 \pm 4.9\text{MPa}$ e grupo 4: $3.6 \pm 2.7\text{MPa}$. Os autores concluíram que o super condicionamento reduz a resistência adesiva dos adesivos convencionais.

Afirmando que novos sistemas adesivos dentais são lançados em uma taxa de crescimento permanente e que necessitam de evidências que comprovem seu desempenho para indicação clínica, Leal et al.⁶⁹, em 2002, realizaram um estudo com o propósito de avaliar um sistema adesivo autocondicionante (um passo): One-Up Bond F - Tokuyama (OU) e três sistemas adesivos de condicionamento total (dois passos): OptiBond Solo Plus - Kerr (SOLO); Single Bond -3M (SB); Prime & Bond NT - Dentsply (PBNT). Utilizaram 25 dentes extraídos, com a superfície oclusal desgastada com uma broca carbide (nº 55). Os procedimentos de adesão foram realizados de acordo com a recomendação do fabricante. Uma coroa de resina composta (Prodigy - Kerr) foi inserida pela técnica incremental na superfície desgastada. Após 24 horas de armazenagem em água, a 37°C , os dentes foram seccionados (Isomet 1000, Beuhler), obtendo-se quatro amostras por dente e, depois de desgastadas, utilizando um instrumento de corte de diamante de $8\text{ }\mu\text{m}$ (Brasseler, USA), apresentaram uma área de $0,5\text{mm}^2$ na interface resina/dente. Após o teste de microtração, avaliaram as fraturas em MEV. Os resultados obtidos foram: SB $41.47\text{MPa} \pm 4.83$; PBNT $34.12\text{MPa} \pm 2.08$; OU $30.11\text{MPa} \pm 2.96$; SOLO $29.89\text{MPa} \pm 2.73$. Concluíram que os valores para o teste de microtração foi significativamente maior para o SB do que para os outros adesivos, que eram equivalentes. As superfícies fraturadas eram semelhantes entre os sistemas adesivos e envolviam predominantemente a ligação adesiva.

Com a finalidade de determinar os efeitos da contaminação pela saliva na força de adesão de resinas compostas à dentina superficial, utilizando adesivos autocondicionantes, O'Keefe et al.⁸⁰, em 2002, utilizaram terceiros molares humanos que tiveram a dentina superficial exposta com o desgaste com lixas de granulação 600. Dois sistemas adesivos (Clearfil SE Bond e EXP 547) foram utilizados conjuntamente com duas resinas compostas (Clearfil AP-X, Filtek Z 250), na superfícies de dentina. As condições avaliadas foram: dentina úmida como controle (C), saliva /secagem/ adesivo (SA), adesivo/saliva/secagem (AS), adesivo/saliva/lavagem com água/secagem (ASW), e adesivo/saliva/lavagem com água/secagem/reaplicação do adesivo (ASWA). Os espécimes foram armazenados por 24h, em água, e submetidos ao teste de força de união (tensão) utilizando uma máquina de testes Instron, a uma velocidade de 0.5mm/min. Os resultados (em MPa) mostraram para o SE Bond: C - $31,1 \pm 7,6$; AS - $30,8 \pm 7,1$; AS - $25,1 \pm 9,6$; ASW - $25,6 \pm 8,2$; ASWA - $31,2 \pm 7,4$ e para o EXP: C - $19,1 \pm 6,3$; AS - $21,5 \pm 6,0$; AS - $14,0 \pm 4,0$; ASW - $8,7 \pm 4,5$; ASWA - $15,6 \pm 5,4$. Os tipos de fratura foram examinados em alta magnificação. Para o adesivo SE Bond, o modo de falha foi adesivo (64%), seguido de falha coesiva em dentina (27%), e para EXP, o modo de falha foi 100% adesivo. Houve diferenças significativas entre os adesivos e entre as condições das superfícies. Os autores concluíram que o SE Bond forneceu maiores forças de adesão que o EXP, para cada condição. Não houve diferenças nas forças de adesão entre as condições das superfícies para SE Bond. Para o EXP, houve diferença significativa entre as diferentes condições das superfícies dentinárias. Para todos os tratamentos de superfície com o SE Bond e a maioria com o EXP, a contaminação pela saliva não modificou consideravelmente a força de adesão.

Considerando que a contaminação durante os procedimentos de adesão pode resultar em falha da restauração, Oonsombat & Denehy⁸³,

em 2002, examinaram os efeitos de diferentes agentes de contaminação da superfície na força de resistência ao cisalhamento (SBS), para o esmalte e dentina, quando utilizados dois sistemas adesivos autocondicionantes. Utilizaram cento e trinta e dois dentes molares humanos seccionados ao meio por um plano méso-distal. Metade dos espécimes teve a superfície do esmalte desgastada superficialmente e a outra metade desgastada até a exposição da dentina. Tanto os espécimes de esmalte quanto os de dentina foram distribuídos aleatoriamente em um dos cinco grupos de tratamento (superfície seca, úmida, contaminada com saliva, óleo ou sangue). Vinte e quatro espécimes em cada grupo foram aleatoriamente distribuídos por dois grupos diferentes de sistemas de adesão autocondicionantes (EXL 547 e Prompt L-Pop - 3M/ESPE). Após a superfície dentinária ser contaminada, foram aplicados os sistemas adesivos autocondicionantes, de acordo com as instruções do fabricante, e um cilindro de resina composta de resina (Z-250 - 3M/ESPE) com 2,38mm de diâmetro e 1.5mm de altura foi inserido na superfície do dente e fotopolimerizado. Doze espécimes adicionais de esmalte e dentina foram tratados com Single Bond (3M/ESPE) sem a contaminação da superfície (controle). Todas as amostras foram termocicladas e submetidas ao teste de resistência ao cisalhamento (SBS). Os valores de SBS atingidos em esmalte foram de 23.3 a 35.8MPa e na dentina foram de 16.0 a 26.4MPa. A análise estatística não revelou diferenças significativas, tanto em esmalte, como em dentina, para os efeitos do tratamento nos materiais adesivos, ou na interação dos mesmos. Os autores concluíram que a contaminação não afetou adversamente a força de adesão nos dois sistemas adesivos autocondicionantes testados.

Schulze et al.¹¹⁰, em 2002, com o objetivo de examinar os efeitos da hidratação (super umidade - w, 30s seco - d, visivelmente úmido - n) na adesão à dentina em um sistema autocondicionante comparado a um sistema de condicionamento ácido. Três grupos (w,d,n),

cada um com $n=6$, formados por discos de dentina de terceiros molares humanos foram utilizados para a adesão com o sistema autocondicionante Clearfil SE Bond, Kuraray (CL), e em outro grupo igual utilizaram o Single Bond, 3M (SB). Os espécimes foram submetidos ao teste de resistência de adesão ao cisalhamento SBS. A espessura da *camada híbrida* (HL) foi mensurada em três amostras de cada grupo em MEV. O módulo de elasticidade (E) foi estimado pelas nano reentrâncias através da interface resina-dentina. Os valores de interação estimaram diferenças na resposta adesiva às condições de hidratação. Os resultados (em MPa) do SBS foram: CL (w) - 31.9 ± 9.6 , (d) - 35.8 ± 5.1 , (n) - 31.1 ± 10.3 ; SB (w) - 9.1 ± 4.0 , (d) - 11.3 ± 5.0 , (n) 24.4 ± 4.9 . Os autores concluíram que houve diferença significativa na SBS, espessura HL para Single Bond, mas não para Clearfil SE Bond em função das diferentes taxas de hidratação. Isto sugere que o Clearfil SE Bond é menos sensível à técnica do que o Single Bond.

Strukowska et al.¹¹², em 2002, compararam a força de resistência ao cisalhamento da dentina e esmalte obtida *in vitro*, utilizando vários sistemas adesivos autocondicionantes. A força de resistência ao cisalhamento (SBS) foi medida em dentes humanos extraídos, que foram implantados em moldes de resina acrílica e desgastados (lixa de granulação 320) para expor a dentina e o esmalte. Na superfície desgastada aplicaram os sistemas adesivos: One-Up Bond F (OU) - Tokuyama, Prompt L-Pop (LP) - 3M-ESPE, Clearfil SE Bond (SE) - Kuraray, Etch & Prime (EP) - Degussa, e o Sistema Adesivo Experimental Autocondicionante (ES) - Bisco, seguindo as instruções do fabricante. A resina composta Bisfil All Purpose (Bisco) foi utilizada na superfície tratada com os adesivos. As amostras foram armazenadas em água, a 37°C por 2 horas. Para o teste de cisalhamento utilizaram a máquina Instron (Modelo 4466) com velocidade de 5mm/min, sendo a carga de fratura convertida em MPa. A força de resistência ao cisalhamento (SBS) média, registrada em MPa, foi, respectivamente, para dentina e esmalte:

OU 18.0 ± 3.3 , 14.8 ± 3.2 ; LP 13.6 ± 2.5 , 11.8 ± 2.4 ; SE 25.0 ± 3.0 , 21.7 ± 2.7 ; EP 12.5 ± 2.2 , 9.8 ± 2.9 ; ES 26.5 ± 2.1 , 23.2 ± 3.5 . Concluíram que os sistemas adesivos Experimental Autocondicionante e Clearfil SE Bond mostraram resultados de SBS excelentes, tanto na superfície da dentina quanto na superfície do esmalte, enquanto para os adesivos One-Up Bond F, Prompt L-Pop e Etch & Prime observaram uma SBS menor. Em todos os casos, a SBS no esmalte foi ligeiramente menor do que a SBS na dentina.

2.3 Desproteinização com hipoclorito de sódio

Com o objetivo de observar as alterações nos cristais da dentina, induzidas pela tratamento com NaClO, Sakae et al.¹⁰¹, em 1988, utilizaram amostras de dentina bovina. As amostras foram pulverizadas e uma parte do pó de dentina (100mg) foi tratada com 300ml de NaClO a 10% por 30 minutos, com leve vibração e à temperatura ambiente. Utilizaram uma membrana de celulose para filtrar o pó que, posteriormente, foi lavado com água e seco com ar. Uma parte do pó foi analisada sem tratamento. Analisaram as amostras em termogravimetria, análise térmica diferenciada, espectroscopia de absorção, infravermelho e por difração de raio X. As análises demonstraram remoção dos materiais orgânicos da dentina tratada com NaClO a 10%, modificando os cristais dentinários e promovendo a formação de calcita após o tratamento. Os resultados demonstraram também que íons de magnésio e carbonato foram removidos dos cristais dentinários após o tratamento. Os autores concluíram que os cristais de dentina tratados com NaClO a 10% são similares aos cristais de esmalte, sob o ponto de vista cristalográfico.

Com a finalidade de avaliar a resistência adesiva da resina composta à dentina com diferentes tratamentos, Fujita et al.⁴⁰, em 1990, utilizaram espécimes de dentina preparados com *smear layer* padronizada com papel abrasivo de granulação 600. Os tratamentos aplicados foram: ácido fosfórico por 30 s, solução de NaClO a 10% por 60s e a associação do condicionamento ácido por 15, 30 ou 60s seguidos da aplicação de NaClO a 10% por 15, 30, 60, 120 ou 240s. Após a aplicação de um sistema adesivo e da resina composta, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência adesiva e, posteriormente, observados em MEV. O condicionamento ácido associado à aplicação de NaClO proporcionou um aumento da resistência adesiva. A aplicação do condicionamento ácido por 15 ou 30s promoveu uma melhor resistência adesiva quando o NaClO foi utilizado por 60s; porém, quando a dentina foi condicionada por 60s, a maior resistência adesiva foi observada após a utilização do NaClO por 60s. Os autores observaram em MEV que uma aplicação do NaClO a 10%, por períodos maiores que 30s, remove eficientemente o colágeno dentinário exposto pelo condicionamento ácido prévio.

Kashiwada⁶³, em 1993, avaliou a resistência adesiva *in vivo* do cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray) à dentina humana. Utilizou pré-molares e molares indicados para extração por tratamento ortodôntico ou periodontal. Com anestesia local, o esmalte oclusal foi removido, expondo-se a dentina utilizando uma broca diamantada, em alta rotação. A superfície dentinária foi planificada com uma broca de carbide. Após o condicionamento da superfície por 10s com ácido fosfórico a 40%, aplicou por 2min o NaClO a 10%. Um cilindro de aço inoxidável foi aderido à superfície preparada com Panavia 21. Decorridos 10min, o dente foi extraído e imerso em solução salina isotônica, a 37°C, até o momento de teste. A resistência adesiva à tração foi mensurada dois dias após a extração, obtendo-se valores médios de 10.0 ± 5.4 MPa. Utilizando o mesmo método, testes de adesão *in vitro* foram realizados como controle,

e os valores médios obtidos foram 12.4 ± 2.7 MPa. As diferenças entre a resistência adesiva *in vivo* e *in vitro* não foram significativas. As superfícies fraturadas foram observadas em MEV, apresentando falhas coesivas da dentina e do cimento resinoso nos espécimes *in vivo*.

Com o intuito de avaliar os agentes de limpeza de canais radiculares, com a habilidade de remover colágeno, como tratamento de superfície dentinário, visando a melhoria da adesão, Tanaka & Nakai¹¹⁷, em 1993, utilizaram incisivos bovinos com as faces vestibulares desgastadas com lixa de granulação 600 para exposição da dentina. Aplicaram nas superfícies dentinárias, por 30 ou 60 s, um dos seguintes agentes de limpeza: RC-prep (Premier Dental) sozinho ou associado a uma solução de NaClO a 2,5% ou 10%; solução de NaClO a 3%; solução de NaClO a 10% sozinha ou seguida da aplicação de peróxido de hidrogênio a 3%, EDTA a 14,3%, sozinho ou seguido do NaClO a 10%; ácido fenol sulfônico a 70%, sozinho ou seguido por hidrogeno carbonato de sódio a 9% ou NaClO a 10%; ácido fosfórico a 38.5% sozinho ou seguido pelo NaClO a 10%; ácido cítrico a 10% sozinho ou associado ao NaClO a 10%; EDTA sozinho ou seguido de NaClO a 10%. As superfícies foram lavadas por 30 s e secas com jato de ar por 15s e receberam o adesivo Clearfil New Bond (Kuraray) e a resina composta Clearfil G-H (Kuraray). Os espécimes foram submetidos ao ensaio de resistência adesiva à tração e algumas superfícies também foram avaliadas em MEV. Observaram um aumento significativo da resistência adesiva para os grupos que receberam NaClO a 3 e 10%, e EDTA, em relação ao grupo controle (não recebeu tratamento dentinário). Para os ácidos cítrico e fosfórico, somente pequeno aumento na resistência adesiva foi obtido, em relação ao controle. Relataram haver um aumento na resistência adesiva quando dos tratamentos com os ácidos fosfórico ou cítrico associados ao NaClO a 10%; contudo, ocorreram sérios danos à dentina. Os autores concluíram que todos os agentes de limpeza utilizados foram efetivos para aumentar a resistência adesiva, especialmente o NaClO a 10%. A

remoção da *smear layer* não foi essencial para aumentar a resistência adesiva; o conjunto de ácidos aplicados previamente ao NaClO possibilita o melhor resultado de adesão.

Considerando que os adesivos podem não se infiltrar completamente na dentina desmineralizada, promovendo baixa força adesiva, devido à presença de uma camada relativamente impermeável de colágeno exposto superficialmente durante o tratamento ácido, Ciucchi et al.²⁹, em 1994, verificaram a hipótese do tratamento com Hipoclorito de Sódio Gel a 10% - Kuraray (NaClO) em diferentes tempos de aplicação (5 e 30s, 1 e 3min) após o condicionamento ácido. Após superfícies dentinárias humanas receberem os diferentes tratamentos, aplicaram o sistema adesivo Scotchbond Multi Purpose (3M) e a resina composta Z100 (3M). Os espécimes foram preparados para o teste de resistência adesiva à tração. Os resultados obtidos, em MPa, foram: grupo controle (sem aplicação de NaClO) - 25.03 ± 5.94 ; aplicação por 5s - 34.23 ± 11.82 ; aplicação por 30s - 18.89 ± 5.37 ; aplicação 1min - 26.18 ± 8.51 e aplicação 3min - 24.63 ± 6.83 . Os autores concluíram que 5s de tratamento com NaClO aumentou significativamente a resistência adesiva, possivelmente pela dissolução da *smear layer* colágena e da camada superficial de fibras colágenas expostas. O tratamento por 30s desorganizou o colágeno enquanto a aplicação por 1 a 3min dissolveu completamente a fase orgânica deixando uma superfície dentinária mineralizada e irregular.

Gwinnett⁴⁸, em 1994, com a finalidade de investigar os efeitos da secagem com ar e reumidecimento da dentina condicionada, da contribuição da rede colágena superficial e da área de superfície de dentina desmineralizada remanescente, na resistência adesiva da resina composta, utilizou terceiros molares hígidos, desgastados, para exposição da dentina oclusal. Dividiu os dentes em doze grupos: os grupos de um a seis foram condicionados com ácido fosfórico a 10% por 20s; a diferença entre os grupos foi o tratamento após o condicionamento: grupo 1

(controle) - dentina seca pela técnica de algodão úmido); grupos 2 e 3 - secagem com ar por 10 e 30s, respectivamente; grupos 4 e 5 - após a secagem com ar por 10 e 30s respectivamente, promoveu o reumidecimento imediato por 5s com uma compressa de algodão úmida; grupo 6 - aplicação da solução de NaClO por 2min, lavagem por 30s e secagem por absorção. Os grupos de 7 a 12 não foram condicionados. No grupo 7, a *smear layer* foi seca pela técnica de absorção (controle); os grupos 8 e 9 foram secos com ar por 10s e o grupo nove foi reumidecido; no grupo 10 *smear layer* foi tratada com NaClO; os grupos 11 e 12 foram submetidos a um jato de bicarbonato de sódio, sendo que o grupo 12 recebeu em seguida a aplicação de NaClO. Após os tratamentos, utilizou o sistema adesivo All Bond II - Bisco e a resina composta BisFil - Bisco. Os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento e analisados em MEV, e alguns grupos foram submetidos à análise perfilométrica. Nos grupos com condicionamento ácido, os valores médios, em MPa, obtidos foram: grupo 1 - 24.2 ± 2.03 ; grupo 2 - 19.83 ± 5.42 ; grupo 3 - 11.57 ± 4.93 ; grupo 4 - 25.38 ± 3.89 ; grupo 5 - 24.66 ± 4.57 ; grupo 6 - 25.97 ± 3.61 ; grupo 7 - 21.54 ± 4.07 ; grupo 8 - 14.62 ± 3.55 ; grupo 9 - 16.95 ± 4.04 ; grupo 10 - 13.63 ± 4.39 ; grupo 11 - 18.78 ± 3.62 ; grupo 12 - 19.87 ± 2.03 . As observações em MEV demonstraram que a dentina condicionada e seca apresentou a abertura dos túbulos; para dentina úmida, uma rede fibrosa reticular foi observada. Na dentina condicionada e desproteinizada, não foi observada evidência de fibras colágenas, mas túbulos evidentes e suas conexões laterais aumentaram sua área de superfície em relação à dentina apenas condicionada com ácido. A aplicação do NaClO sobre a *smear layer* foi capaz de removê-la, expondo a estrutura tubular obstruída; a abrasão com jato de bicarbonato também demonstrou o mesmo aspecto. A análise perfilométrica demonstrou diferença estatística entre a abrasão com jato de bicarbonato e o condicionamento ácido seguido da desproteinização (maior), em relação à *smear layer* apenas tratada com NaClO (menor). O autor concluiu que

parece existir uma relação entre a área de superfície e resistência adesiva, e que a zona rica em colágeno da dentina desmineralizada pode não contribuir para a resistência adesiva; entretanto, sua integridade e o estado de umidade exercem um papel significativo na obtenção de uma resistência adesiva satisfatória.

Um novo método para tratamento da superfície de adesão foi avaliado por Wakabayashi et al.¹³⁶, em 1994, para determinar o efeito da adesão entre a dentina e as resinas adesivas. O método de pré-tratamento consiste na aplicação de uma solução de ácido fosfórico a 40% para remover a *smear layer* e descalcificar superficialmente a dentina, seguido da utilização de NaClO a 10% para dissolver e remover o colágeno dentinário exposto e promover a exposição de uma superfície de apatita dentinária na qual os sistemas adesivos são aplicados. As características deste método de adesão entre os sistemas adesivos e a dentina não demonstram uma camada de resina reforçada com colágeno e adesivo dentinário. Para o teste de resistência adesiva, utilizaram molares humanos extraídos, nos quais a superfície oclusal foi desgastada expondo-se a superfície dentinária. Os dentes foram divididos em quatro grupos, recebendo diferentes tratamentos: a) ácido fosfórico por 30s; b) ácido fosfórico por 30s e aplicação de NaClO por 60s; c) ácido fosfórico por 30s e aplicação de NaClO por 120s; d) ácido fosfórico por 60s e aplicação de NaClO por 120s. Utilizaram o sistema adesivo Clearfil New Bond (Kuraray) e cilindros de aço foram cimentados com Panavia EX (Kuraray) na superfície dentinária. Os espécimes foram estocados em água destilada, por 24 horas, e submetidos ao teste de tração. Alguns espécimes foram termociclados por 2.500, 5.000 ou 10.000 ciclos e posteriormente observados em MEV. A resistência adesiva inicial foi de 6.7MPa para o ácido fosfórico e 9.7MPa para o ácido fosfórico com NaOCl por 60s. Observaram, em MEV, que a aplicação do NaClO por 60s demonstrou uma grande abertura dos túbulos e irregularidades na dentina intertubular. Para os espécimes termociclados, a resistência adesiva,

após 2.500 e 5.000 ciclos, diminuiu gradualmente; porém, após 10.000 ciclos, o grupo tratado com NaClO apresentou 6.2MPa, aproximadamente 1,5 vez o valor dos espécimes tratados apenas com ácido fosfórico. Os autores concluíram que a aplicação do NaClO por 60s foi suficiente, e que a remoção da camada de colágeno melhora a resistência adesiva, mesmo após 10.000 ciclos.

Gwinnett & Yu⁴⁹, em 1995, realizaram um estudo para determinar os efeitos do armazenamento em água, por longos períodos (24 horas e 6 meses), com o All Bond II (Bisco) e Amalgambond (Parkell). Para o teste de resistência adesiva, a dentina oclusal foi exposta, sendo criada uma *smear layer* padronizada com lixa 320. Em seguida a resina P-50 (3M) foi aplicada. Os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento. Os resultados mostraram uma queda significativa na resistência adesiva com o armazenamento. Concluíram que as restaurações podem diminuir significativamente a resistência adesiva original com o contato e o envolvimento na cavidade oral.

Considerando que nos últimos anos tem-se observado um número significativo de trabalhos na literatura abordando criticamente a função da rede de colágenos exposta da dentina após o condicionamento ácido, e que a dissolução do colágeno pela desproteinização previamente ao processo adesivo produz uma melhora nos resultados de resistência adesiva, Uno & Finger¹²⁹, em 1995, conduziram um estudo com o objetivo de investigar o efeito da dissolução do colágeno, após o condicionamento ácido, na resistência de união, na micromorfologia e adaptação marginal. Utilizaram dentes molares humanos desgastados nas faces vestibular ou proximal, para exposição da dentina, que foram divididos em três grupos. No grupo 1 (controle) empregaram uma solução de ácido fosfórico a 20% por 30s, seguida da lavagem e secagem por 15s e aplicação do sistema adesivo Gluma (Bayer). Confeccionaram cilindros de resina composta Pkafill (Bayer) em uma área com diâmetro de 3,5mm. No grupo 2 empregaram condicionamento com gel de ácido fosfórico a 20%,

seguindo-se a aplicação de solução aquosa do NaClO a 10%, durante 60s. Os espécimes foram lavados por 60 s e secos suavemente com ar, executando-se depois o procedimento restaurador descrito para o grupo anterior. No grupo 3, uma solução de ácido fosfórico a 20% foi utilizada, com o objetivo de eliminar a aderência e precipitação do agente espessante do gel, que poderia mascarar o efeito do NaClO, seguido pelo tratamento idêntico ao do grupo anterior. Os espécimes foram preparados para o teste de resistência adesiva ao cisalhamento, e algumas amostras para observação em MEV . Para a análise da microinfiltração marginal, prepararam cavidades padronizadas, com ângulo cavo-superficial a 90°, usando-se o mesmo procedimento restaurador descrito previamente. Os resultados para o teste de resistência ao cisalhamento (em MPa) foram: grupo 1 - 12.7 ± 2.0 ; grupo 2 - 16.6 ± 3.2 ; grupo 3 - 15.4 ± 4.4 . Não observaram diferença significativa entre os grupos. A análise por MEV demonstrou que o tratamento com NaClO removeu a camada de colágeno colapsada, resultando numa interface dentinária com túbulos alargados. Na análise das fendas marginais, o grupo controle, com a *camada híbrida*, foi significativamente melhor. Quanto à espessura da *camada híbrida*, para os grupos com NaClO, os valores não diferiram significativamente do zero, sendo constatadas diferenças significativas em relação ao grupo controle. Nas análises dos padrões de falha, nos espécimes controle, elas ocorreram na *camada híbrida* ou na interface *camada híbrida-resina*; porém, nos espécimes desproteinizados, as falhas ocorreram nas bases amplas dos *tags*. Os autores concluíram que a camada de ligação impregnada por resina não possui efeito positivo na resistência adesiva, porém, apresenta um módulo de elasticidade menor do que o material restaurador e, portanto, poderia atuar como uma camada elástica que absorveria as forças de contração da resina.

Com o objetivo de examinar o mecanismo de adesão do All Bond II (Bisco) à dentina, analisando as fraturas mecânicas, Armstrong et al.⁸, em 1996, utilizaram vinte e quatro molares humanos, livres de

cárie, divididos em dois grupos. Após a exposição da dentina oclusal, um dos grupos recebeu a aplicação do sistema adesivo segundo as indicações do fabricante, enquanto o outro, após o condicionamento com ácido fosfórico, recebeu a aplicação de NaClO a 5% por 1min. A resina composta Prodigy (Kerr) foi aplicada e os espécimes foram preparados para o teste de progressão de fratura por esforço plano. A resistência à fratura do primeiro grupo foi de $0.4 \pm 0.24\text{MPa}$ e, para o segundo grupo, $0.75 \pm 0.36\text{MPa}$. Não houve a formação de *camada híbrida* para o grupo tratado com NaClO e a resistência à fratura foi significativamente maior. Os autores consideraram que o resultado obtido foi o contrário do que se poderia esperar, devido ao entrelaçamento mecânico ou *camada híbrida* ser considerado o principal mecanismo entre o sistema adesivo e a dentina.

Com o propósito de avaliar o efeito do método de pré-condicionamento com solução de NaClO (hipoclorito de sódio) a 10% na resistência adesiva ao cisalhamento entre a dentina bovina do canal radicular e cimentos adesivos resinosos, Fujita et al.⁴¹, em 1996, avaliaram três cimentos adesivos resinosos: Imperva Dual (Shofu), Bistite Resin Cement (Tokuyama) e Panavia 21 (Kuraray). Sessenta espécimes radiculares bovinos foram seccionados segundo seu longo eixo e a superfície dentinária foi desgastada com lixa de granulação 600, utilizando dez espécimes para cada grupo. Nos três primeiros grupos, após o condicionamento com ácido fosfórico, aplicaram a solução de NaClO por 120s; em seguida, utilizaram o agente adesivo Clearfil New Bond (Kuraray) e cimentaram cilindros de aço, jateados, com um dos cimentos resinosos. Nos demais grupos (considerados como controle), os procedimentos foram repetidos, porém não utilizaram o NaClO. Os espécimes foram estocados em água a 37°C, por 24 horas, e submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento. As médias de resistência em MPa foram: Imperva Dual Cement - 18.3 ± 5.2 (controle) e 29.3 ± 7.7 (NaOCl); Bistite Resin Cement - 16.2 ± 4.2 (controle) e 33.7 ± 10.7

(NaOCl); Panavia 21 - 21.0 ± 7.8 (controle) e 39.2 ± 8.6 (NaClO). As médias dos grupos com NaClO foram significativamente maiores. Os autores concluíram que o NaClO aumentou significativamente a resistência adesiva ao cisalhamento entre a dentina e o cimento resinoso, comparada com o método padrão do fabricante.

Com o objetivo de determinar a contribuição quantitativa da hibridização da dentina na resistência da união adesiva, e demonstrar a micromorfologia da interface com e sem a presença do colágeno, Gwinnett et al.⁵⁰, em 1996, utilizaram quatro grupos de dez molares que foram desgastados com lixa de granulação 320 para a exposição da *smear layer* dentinária. Dois grupos serviram como controle e dois grupos experimentais foram submetidos à digestão com a aplicação da collagenase tipo II a 0,1%, durante seis horas, do colágeno exposto pelo condicionamento ácido. Aplicaram All Bond II (Bisco) e Amalgambond (Parkell) e utilizaram as resinas BisFil (Bisco) e Epic (Parkell) respectivamente. Após a estocagem em água a 37°C, por 24 horas, os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento e alguns espécimes foram preparados para observação em MEV e MET. Os valores obtidos, em MPa, foram: para o grupo controle All Bond II - 28.41 ± 3.90 e Amalgambond 19.04 ± 5.96 e para o grupo com collagenase 26.43 ± 2.90 e 19.70 ± 4.25 , respectivamente. Não constataram diferenças significativas entre os grupos controle e experimentais. A observação em MEV demonstrou que o condicionamento ácido removeu a *smear layer*, deixando os túbulos alargados superficialmente devido à dissolução da dentina peritubular, apresentando uma rede aberta de fibras colágenas. Após a utilização da collagenase, a superfície mostrou-se porosa e irregular, com os túbulos dentinários em forma de funil e as aberturas de suas ligações laterais estavam evidentes. Nenhuma fibrila foi constatada. As superfícies minerais da dentina desproteínizada demonstraram encapsulamento dos cristais de hidroxiapatita parcialmente desmineralizados, com espessura de 20 a 30nm para o All Bond II e 50nm

para o Amalgambond. Os autores concluíram que o uso da collagenase é clinicamente impraticável, e que a desproteinização não se faz necessária para os procedimentos adesivos obterem um bom comportamento.

Chersoni et al.²⁷, em 1997, com a finalidade de avaliar três sistemas adesivos e dois pré-tratamentos dentinários (1 - condicionamento com ácido fosfórico gel a 35%, por 15s e 2 - mesmo condicionamento ácido seguido pela aplicação de NaClO a 1,3%, por 2min) em teste de resistência adesiva ao cisalhamento, utilizaram dentina oclusal profunda, preparada em terceiros molares extraídos de pacientes jovens. Os sistemas adesivos utilizados foram: a) EXL 332 (3M); b) Prime&Bond 2.0 (Dentsply); c) Optibond FL (Kerr). Após a aplicação, as superfícies tratadas foram recobertas com uma resina composta e foram preparados para o teste adesivo e as fraturas observadas em MEV. Os resultados demonstraram que, após o tratamento com NaClO, a resistência adesiva do EXL 332 caiu de 14.94 ± 1.21 para 10.55 ± 1.54 MPa; entretanto, aumentou para o Optibond FL de 12.67 ± 0.70 para 17.85 ± 1.28 MPa, e para o Prime&Bond 2.0 de 10.27 ± 0.80 para 11.30 ± 0.50 MPa. As observações em MEV demonstraram que o tratamento com NaClO removeu as fibras colágenas, tanto dentro quanto entre os túbulos dentinários, aumentando a porosidade superficial. Concluíram que a infiltração do *primer* resinoso entre as fibras colágenas não é o único mecanismo para obtenção da adesão na dentina.

Considerando que a adesão dos sistemas adesivos na dentina depende da formação de uma zona de interdifusão resina-dentina, e a natureza e espessura dessa zona depende do tratamento superficial da dentina e do sistema adesivo, Marshall et al.⁷⁰, em 1997, avaliaram a resistência da adesão ao cisalhamento, obtida com vários tratamentos dentinários e diversos tipos de agentes adesivos. Os sistemas adesivos utilizados foram: Scotchbond Multipurpose Plus (3M) - S, One Step (Bisco) - O, e Clearfil Liner Bond II (Kuraray) - C. Para cada sistema adesivo, os seguintes tratamentos dentinários foram realizados:

a) segundo as recomendações do fabricante; b) condicionamento da dentina com ácido mais fraco, pH = 1; c) condicionamento ácido com pH = 2; d) condicionamento ácido com pH = 4; e) aplicação de NaClO a 13%; f) aplicação de NaClO sobre a *smear layer*. No grupo a não observaram diferenças significativas entre os sistemas adesivos (S = 18.2 ± 2.8 MPa; O = 15.0 ± 3.2 MPa e C = 17.1 ± 4.8 MPa). Os ácidos mais fracos resultaram na diminuição da resistência adesiva, talvez pela remoção incompleta da *smear layer*. O tratamento com NaClO, para remover o colágeno, não resultou em diferenças significativas para O (16.0 ± 1.8 MPa), porém, resultou em uma diminuição significativa para S (4.2 ± 1.5 MPa). Os espécimes no quais o NaClO foi aplicado sem o condicionamento ácido para ambos os grupos produziu uma diminuição significativa na força de adesão (O = 7.4 ± 1.2 MPa e S = 1.5 ± 0.9 MPa).

Com o propósito de avaliar o efeito da exposição dentinária por dois minutos em NaClO a 5%, após o condicionamento ácido na resistência adesiva ao cisalhamento, Vargas et al.¹³⁵, em 1997, utilizaram dois sistemas adesivos (All Bond II - A - Bisco e Scotchbond Multi Purpose - S - 3M). Avaliaram a interface dentina-resina em MEV. Utilizaram as superfícies mesiais e distais de vinte e oito molares humanos, desgastados até a exposição da dentina. Os dentes foram divididos, aleatoriamente, em quatro grupos, e receberam os seguintes tratamentos: a) condicionamento com ácido fosfórico a 37%, lavagem e manutenção da superfície dentinária úmida, aplicação do S de acordo com as indicações do fabricante e aplicação da resina Z-100 (3M); b) o mesmo procedimento do grupo anterior; porém, após o condicionamento ácido, as superfícies foram tratadas com NaClO a 5% por 2 minutos; c) A utilizado de acordo com as indicações do fabricante; d) A foi utilizado como no grupo anterior; porém, após o condicionamento ácido utilizaram o NaClO. As amostras foram termocicladas e submetidas ao teste de resistência adesiva. O condicionamento da dentina com NaClO não teve efeito significativo na resistência adesiva com o S, porém aumentou

significativamente a adesão do All Bond II A. Os autores sugeriram que isto ocorreu devido à melhor capacidade de penetração do sistema adesivo S na rede colágena. Nas observações em MEV, os grupos sem NaClO demonstraram evidentemente a presença de uma *camada híbrida*; sem fendas interfaciais, porém, para os grupos sem NaClO não observaram a *camada híbrida*, embora tenham notado também ausência de fendas e uma maior quantidade de anastomoses tubulares preenchidas por adesivo, além da penetração profunda do adesivo nos túbulos. Os autores concluíram que as fibras de colágeno podem não ser fundamentais para o mecanismo de adesão; na verdade, esta camada pode inibir a penetração da resina no substrato dentinário, comprometendo a durabilidade da adesão. A remoção do colágeno permitiu uma melhor difusão do adesivo na dentina parcialmente desmineralizada, porém este pré-tratamento para a superfície dentinária ainda precisa de maiores estudos para melhorar a integridade adesiva da resina à dentina.

Armstrong et al.¹⁰, em 1998, com o propósito de investigar e avaliar a resistência à fratura interfacial, de um adesivo dentinário (All Bond II - Bisco) com e sem a presença da *camada híbrida*, utilizaram vinte molares humanos hígidos, extraídos, com a superfície oclusal desgastada até a exposição da dentina, divididos em dois grupos: no primeiro grupo foi realizado condicionamento com gel de ácido fosfórico a 32%, lavando-se a superfície e deixando-a úmida, em seguida aplicaram o sistema All Bond II e a resina composta Prodigy (Kerr); para o segundo grupo, o tratamento foi igual ao primeiro, porém, após o condicionamento ácido aplicaram o NaClO a 5,25%. Os espécimes foram preparados para o teste e as fraturas analisadas em MEV. Os valores obtidos foram 0.88 MPa para o All Bond II e 0.73MPa para o All Bond II + NaClO. Essas diferenças não foram estatisticamente significativas. As observações em MEV demonstraram que a falha do All Bond II foi na *camada híbrida*, enquanto as fraturas para o outro grupo propagaram-se na interface adesivo-

dentina, aproximadamente 1 a 2 μ m dentro da dentina. Concluíram que, nas condições do estudo, a presença do colágeno não contribuiu para melhorar a união adesiva.

Chersoni et al.²⁸, em 1998, com a finalidade de definir o aspecto morfológico da interface resina-dentina, utilizaram dois sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil Line Bond II - Kuraray e KB 1300 - Kuraray) e diferentes tratamentos superficiais da dentina. A hipótese testada foi de que a remoção da *smear layer* e fibrilas colágenas podem influenciar a adesão e morfologia da *camada híbrida*. Utilizaram dezesseis discos de dentina obtidos de terceiros molares, tratados com ácido fosfórico a 35%, mais NaClO a 10% (AD Gel - Kuraray) ou somente com água. Após os procedimentos de adesão e aplicação da resina composta, os espécimes foram preparados para observação em MEV e para o teste de resistência adesiva ao cisalhamento. Os autores observaram a formação de *camada híbrida* de 1 a 3 μ m somente nas amostras em que a *smear layer* foi preservada; ao contrário, não observaram *camada híbrida* nas amostras desproteinizadas. Não observaram diferenças estatísticas nos testes de resistência adesiva. Os autores concluíram que a formação da *camada híbrida* somente é possível quando o colágeno está no topo da superfície dentinária, e a hibridização não é necessária para se obter alta resistência adesiva.

Com o objetivo de avaliar os efeitos do condicionamento da superfície dentinária com NaClO na resistência adesiva ao cisalhamento de dois sistemas adesivos, Prisco et al.⁹⁴, em 1998, utilizaram o KB 1300 - Kuraray (autocondicionante) e o Optibond Solo - Kerr (adesivo com condicionamento ácido). Para obtenção de uma superfície plana de dentina desgastaram dentes incisivos bovinos. Os dentes foram divididos em quatro grupos: os grupo 1 e 2 receberam os adesivos KB 1300 e Optibond Solo, respectivamente; o grupo 3 recebeu um gel de NaClO (AD Gel - Kuraray) durante 60s, antes da aplicação do *primer* autocondicionante. No grupo 4 o gel de NaClO foi aplicado durante

60s, após o condicionamento da superfície dentinária com ácido fosfórico a 37%, e receberam o Optibond Solo. Os autores concluíram que a utilização do NaClO diminuiu a resistência adesiva à dentina do Optibond Solo, porém para o KB 1300 não observaram influência.

Kanca III & Sandrik⁶², em 1998, realizaram um estudo com o propósito de investigar o efeito na força de adesão ao cisalhamento da presença ou ausência da camada de colágeno desmineralizada com a superfície dentinária condicionada úmida ou seca. Utilizaram oitenta dentes humanos divididos em grupos que tiveram a superfície vestibular desgastada até a exposição da dentina. Cilindros de resina composta foram aderidos à superfície dentinária após os seguintes tratamentos: a) ácido fosfórico a 37% por 10s, secagem com leve jato de ar apenas para remover o excesso de umidade e aplicação do sistema adesivo One Step-OS (Bisco); b) o mesmo tratamento anterior, porém, a dentina foi excessivamente seca, o adesivo foi aplicado como no grupo anterior; c) o mesmo tratamento do grupo a, aplicação de NaClO a 5,25% durante 2min, e, após lavagem abundante, a superfície foi mantida úmida para posterior aplicação do adesivo; d) tratamento igual ao grupo c, porém, a dentina foi seca anteriormente à aplicação do adesivo; e) o adesivo foi aplicado sobre a *smear layer* intacta e úmida; f) o adesivo foi aplicado sobre a *smear layer* seca; g) a *smear layer* foi tratada com NaClO por 2 min, lavada, e o excesso de umidade removido, permanecendo úmida; h) o mesmo tratamento do grupo g, porém, a dentina foi seca com ar por 3s. Alguns espécimes foram preparados para observação de cada tipo de tratamento dentinário em MEV. Os espécimes feitos com adesão úmida apresentaram, significativamente, maiores forças de adesão, com ou sem a presença de colágeno desmineralizado e com ou sem o tratamento ácido. As observações em MEV demonstraram que a dentina condicionada com ácido fosfórico e seca, apresentava abertura tubular, mas ausência de detalhes na dentina intertubular devido ao colapso da fibras colágenas, na ausência da tensão superficial proporcionada pela

água. Para as superfícies condicionadas e desproteinizadas, observaram áreas com uma aparência porosa e livre de fibras colágenas. Os autores concluíram que é necessária a manutenção da superfície dentinária condicionada úmida, quando se utiliza sistemas adesivos contendo acetona, e que esse tratamento ácido da dentina é necessário para a obtenção de uma alta força de adesão. Afirmaram ainda que a formação da *camada híbrida* não contribui para o aumento da força adesiva e que, quando o colágeno é removido da dentina, é necessário a manutenção da hidratação para otimizar a interdifusão do adesivo e melhorar a força de adesão.

Com o objetivo de verificar os efeitos da remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único (Prime&Bond 2.1 - Dentsply e Single Bond - 3M), Saboia & Pimenta⁹⁷, em 1998, utilizaram como substrato dentina planificada, de profundidade média, obtida a partir de terceiros molares humanos. Nos grupos controle, os adesivos foram aplicados de acordo com as indicações dos fabricantes, enquanto que nos grupos experimentais, após o condicionamento ácido, aplicaram uma solução de NaClO a 10% por 1min. Confeccionaram cilindros de 1mm de diâmetro por 5mm de altura com a resina composta Z-100 (3M). Após 24 horas em ambiente úmido a 37°C, aplicaram o teste de cisalhamento com velocidade de 0,5mm/minuto. As médias de força de adesão em MPa foram: Prime&Bond - 17.59, Prime&Bond + NaOCl - 21.83, Single Bond - 15.85, Single Bond + NaOCl - 15.32. Os autores concluíram que a remoção do colágeno aumentou a resistência de união para os adesivos à base de acetona e diminuiu a resistência adesiva para os adesivos à base de água. A manutenção do colágeno resultou em resistência adesiva semelhante para os materiais testados.

Bedran de Castro et al.¹³, em 1999, com o intuito de verificar a influência da remoção do colágeno dentinário na resistência ao cisalhamento de adesivos hidrófilos de frasco único, utilizaram cento e

vinte dentes bovinos, incluídos em resina de poliestireno, lixados até a exposição da dentina e divididos aleatoriamente em seis grupos: G1 - NaClO a 10% + Bond One (Generic Pentron); G2 - Bond One aplicado de acordo com indicação do fabricante; G3 - NaClO a 10% + Optibond Solo (Kerr); G4 - Optibond Solo aplicado de acordo com indicação do fabricante; G5 - NaClO + Single Bond (3M); G6 - Single Bond aplicado de acordo com a indicação do fabricante. Em todos os grupos a dentina sofreu condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15s, sendo em seguida lavada e secada. Nos grupos G1, G3 e G5 aplicaram, após o condicionamento ácido, uma gota de NaClO a 10% por 60s nas superfícies dentinárias, lavando-as em seguida por 30s. Após a aplicação e polimerização dos sistemas adesivos, um cilindro de resina composta Z-100 foi confeccionado utilizando-se uma matriz de teflon bipartida. Os espécimes foram armazenados sob umidade em estufa a 37°C por sete dias; a resistência ao cisalhamento foi obtida em um máquina universal de ensaio, com velocidade de 0,5mm/min. Os valores das médias em MPa, em ordem decrescente, foram: G1 - 13.9 ± 3.16 ; G5 - 13.9 ± 4.1 ; G6 - 9.9 ± 2.93 ; G3 - 9.76 ± 5.6 ; G4 - 9.29 ± 3.38 ; G2 - 8.9 ± 3.12 . A remoção do colágeno aumentou significativamente a resistência adesiva ao cisalhamento apenas para os adesivo Bond One e Single Bond. Os autores concluíram que a remoção do colágeno pode ser uma conduta complementar para otimizar a adesão dos materiais restauradores ao dente, dependendo do sistema adesivo.

Com a finalidade de avaliar a resistência adesiva à tração dos adesivos Scotchbond Multi Purpose (3M) e One Step (Bisco), Castiglia et al.²⁴, em 1999, utilizaram duas condições de tratamento da dentina : A - somente condicionamento ácido e B - condicionamento ácido seguido de NaClO. Os corpos de prova constituíram-se de fragmentos de dentina incluídos em cilindros de resina acrílica, nos quais, após a aplicação dos adesivos, construiu-se um cone de resina composta com 3,0mm de diâmetro. Os quarenta espécimes foram divididos em quatro

grupos sendo que em dois deles (controle) foi utilizado apenas o condicionamento ácido, e nos outros dois, após o condicionamento ácido, aplicaram o NaClO a 10% por 30s. Todas as outras etapas seguiram as recomendações dos fabricantes. Após a estocagem por 24 horas em água destilada a 37°C, os corpos de prova foram testados a uma velocidade 0.5 mm/minuto. Os resultados em MPa foram: Scotchbond Multi Purpose - 9.6 ± 2.4 ; One Step - 10.3 ± 3.7 ; Scotchbond Multi Purpose + NaOCl - 4.5 ± 1.2 ; One Step + NaOCl - 10.2 ± 2.6 . O grupo Scotchbond + NaOCl apresentou média significativamente menor. Os autores concluíram que a união promovida pelo adesivo que contém água como solvente foi afetada negativamente pela remoção do colágeno, enquanto que o adesivo que contém a acetona não tem a sua resistência adesiva afetada.

Considerando a hipótese de que o tratamento com NaClO da superfície dentinária condicionada poderia não diminuir a força de adesão dos sistemas adesivos, porém, eliminaria a *camada híbrida*, Pioch et al.⁹⁰, em 1999, estudaram a morfologia interfacial entre a dentina tratada com ácido fosfórico ou ácido fosfórico + NaClO, em MEV e microscopia de varredura a laser com focal (MVLC), além da influência do tratamento na resistência adesiva. Para a análise da interface discos de dentina foram obtidos a partir de molares humanos e receberam três sistemas adesivos: Syntac (Ivoclar), Gluma CPS (Bayer), Prime&Bond 2.1 (Dentsply). Misturaram ao *primer* do adesivo um corante fluorescente, de forma que sua penetração pudesse ser evidenciada pela observação em MVLC. Em parte dos espécimes, após o condicionamento ácido, utilizaram a solução aquosa de NaClO a 10% por 60s. Após o embutimento dos discos em resina, seccionaram perpendicularmente a interface adesiva, resultando em duas metades, uma observada em MEV e a outra em MVLC. Para o teste de resistência adesiva, molares humanos foram desgastados em sua porção oclusal para exposição da dentina, utilizando os mesmos tratamentos de superfície e sistemas

adesivos. A observação em MEV não detectou a presença de fibras colágenas nas superfícies tratadas com NaClO, mas os *tags* de resina e a penetração do adesivo nas anastomoses dos túbulos foram proeminentes. Em MVLC, o corante foi notado dentro da dentina intertubular nos grupos tratados somente com o ácido, demonstrando que a resina penetrou na zona desmineralizada; ao contrário, nos espécimes tratados com NaClO não notaram a *camada híbrida* nem a penetração intertubular. Para resistência adesiva, os valores dos espécimes com os adesivos Syntac e Gluma CPS, tratados com NaClO, diminuíram significativamente, porém, para o Prime&Bond 2.1, esses valores aumentaram. Os autores concluíram que a remoção da camada de colágeno pode aumentar ou diminuir a resistência adesiva dependendo do sistema adesivo utilizado.

Com a finalidade de avaliar a ultramorfologia da dentina superficial e profunda, após o condicionamento ácido (ácido fosfórico a 35%) e a desproteinização (NaClO a 5%), Perdigão et al.⁸⁸, em 1999, utilizaram discos de dentina superficial e profunda obtidos de dentes molares humanos extraídos, seccionados paralelamente à superfície oclusal. As superfícies dos discos foram condicionadas por 15s e lavadas com água por 10s. Metade dos espécimes foram desproteinizados por friccionamento do NaClO por 2min, seguidos por lavagem com água por 30s. Os espécimes foram mantidos úmidos e analisados por microscopia de força atômica (MFA) e, em seguida preparados para observação em MEV. A superfície de dentina condicionada mostrou uma camada granular de sílica que não alcançou o colágeno peritubular; esta foi mais uniformemente distribuída na dentina superficial do que na profunda. A porosidade intertubular foi evidente quando observada em grande aumento, apresentando uma profundidade de desmineralização de 2.5 a 3.0µm. A desproteinização removeu o colágeno exposto, tanto na dentina superficial quanto na profunda, porém, o número de túbulos abertos foi maior na dentina profunda, e na dentina superficial um extenso labirinto

de túbulos secundários laterais e anastomoses foi revelado, entretanto, esses canais não foram observados na dentina próximo à polpa. Esse fenômeno diminuiu a área de dentina intertubular exposta, quando comparada com a dentina ácido-condicionada. Os autores concluíram que a remoção do colágeno da dentina condicionada pode não afetar a força de adesão, e que a força de adesão observada com esse tipo de procedimento pode ser obtida pela penetração do adesivo nas anastomoses dos túbulos dentinários.

Com o objetivo de examinar a morfologia e mensurar a resistência de adesão ao cisalhamento após diferentes tratamentos dentinários, Prati et al.⁹², em 1999, testaram a hipótese de que a presença do colágeno é necessária para a obtenção de alta resistência. Utilizaram discos de dentina preparados após o seccionamento de terceiros molares humanos. As superfícies dentinárias receberam um dos seguintes tratamentos: a) ácido fosfórico por 20s, b) ácido fosfórico por 20s + NaClO a 1,5% por 20min, c) NaClO a 1,5% por 2min e d) NaClO a 10% por 120h. Após os tratamentos dentinários, utilizaram um dos seguintes sistemas adesivos: Optibond FL (Kerr), Prime&Bond (Dentsply), Scotchbond Multipurpose Plus (3M) e Single Bond 3M) seguidos da aplicação da resina composta Z-100 (3M). Espécimes adicionais foram preparados sem a aplicação dos adesivos, para avaliar o efeito dos diferentes tratamentos dentinários. Os tratamentos a e b também foram submetidos ao teste de resistência adesiva ao cisalhamento. As observações em MEV demonstraram que o colágeno foi completamente removido da superfície condicionada pelo tratamento com NaClO. O diâmetro, o tamanho e as anastomoses laterais dos túbulos foram aumentados após o tratamento com NaClO. O diâmetro dos orifícios tubulares variou de 1,5 a 3,0µm na dentina, anteriormente à aplicação do NaClO, entretanto foram alargados para 4,0 a 5,0µm apresentando uma configuração em funil após a desproteinização. As bases dos *tags* apresentavam 2,0 a 3,0µm nas superfícies tratadas apenas com ácido fosfórico e foram alargadas para

2,5 a 5,0µm após o tratamento com ácido-NaClO. A aplicação sobre *smear layer* não promoveu modificações significativas. Os espécimes tratados com NaClO demonstraram baixa força de adesão, utilizando Scotchbond ou Single Bond, porém, foram maiores para o Optibond e o Prime&Bond. O tratamento da dentina condicionada com NaClO por 120h produziu um tipo incomum de infiltração adesiva na dentina mineralizada que poderia ser chamada de "*camada híbrida reversa*". Os autores concluíram que o uso do condicionamento ácido seguido pelo procedimento com NaClO não é recomendado para uso clínico, porém, demonstra um novo tipo de retenção adesiva.

Considerando que o NaClO a 10% tem sido usado para remover a camada de colágeno da dentina e aumentar a força de união dos adesivos, Saboia & Pimenta⁹⁸, em 1999, avaliaram o efeito do tempo de aplicação do adesivo na resistência de união à dentina após a remoção do colágeno. Cento e vinte incisivos bovinos, recém-extraídos, foram preparados e divididos em oito grupos: G1 - Prime&Bond 2.1 (PB) (Dentsply) aplicado seguindo as instruções do fabricante; G2 - os mesmos procedimentos do G1 exceto que a dentina foi tratada com NaClO a 10% por um minuto após o condicionamento ácido e o adesivo foi aplicado sobre a superfície úmida da dentina com um intervalo de 5s entre as aplicações; G3 - PB 2.1 com intervalo de 30 s; G4 - PB com intervalos de 60s; G5 - Single Bond (SB) (3M) aplicado com as indicações do fabricante; G6 - os mesmos procedimento do G2 utilizando o SB; G7 - SB com intervalos de 30s; G8 - SB com intervalos de 60s. Foram confeccionados cilindros de resina composta Glacier (SDI) e os espécimes estocados por uma semana com água destilada a 37°C. O teste de cisalhamento foi realizado a uma velocidade de 0,5mm/min. Os resultados, em MPa, foram os seguintes: G1 - 6.69 ± 2.35 ; G2 - 11.2 ± 5.26 ; G3 - 12.85 ± 3.84 ; G4 - 14.53 ± 5.59 ; G5 - 7.21 ± 4.04 ; G6 - 9.61 ± 4.83 ; G7 - 8.86 ± 5.87 ; G8 - 10.0 ± 4.7 . Os autores concluíram que a

remoção do colágeno aumentou a resistência ao cisalhamento do adesivo à base de acetona (Prime&Bond 2.1).

Toledano et al.¹²⁵, em 1999, considerando os estudos onde a remoção da camada de colágeno da dentina condicionada não afeta a força de adesão, realizaram um trabalho com o objetivo de determinar se a remoção das fibras colágenas resulta em mudanças na rugosidade e molhabilidade dentinária. Utilizaram vinte e três molares humanos extraídos, seccionados paralelamente à superfície oclusal, com a finalidade de expor a dentina superficial e profunda. Mensuraram os ângulos de contato, utilizando a técnica ADSA-CD (Análise da assimetria da forma da gota – diâmetro de contato) para avaliarem a molhabilidade de uma gota de água e do *primer* do Scotchbond Multi Purpose. A rugosidade foi avaliada por um perfilômetro, anteriormente à avaliação do ângulo de contato. Os espécimes foram avaliados após o condicionamento ácido com ácido fosfórico a 35% (3M) por 15s e após a desproteinização com NaClO a 5% por 2min. O condicionamento ácido aumentou a rugosidade e a molhabilidade dentinária para dentina profunda; a remoção do colágeno não influenciou a rugosidade, porém os resultados foram significativamente maiores para a molhabilidade, tanto para a água quanto para o *primer*. Os autores concluíram que o condicionamento ácido produz um aumento na molhabilidade da dentina, devido ao aumento da rugosidade de superfície e alargamento dos túbulos dentinários, aumentando a sua ação capilar; a desproteinização da dentina condicionada aumenta sua molhabilidade, porém não aumenta a rugosidade. As diferenças foram mais evidentes na dentina profunda, devido sua maior molhabilidade em relação à dentina superficial. Essas diferenças foram mantidas após o condicionamento e a desproteinização.

Com o propósito de determinar a resistência de adesão ao cisalhamento e a microinfiltração do sistema adesivo Syntac Sprint (Vivadent), Aguilera et al.⁰², em 2000, utilizaram ácido fosfórico como condicionador dentinário, comparado com ácido fosfórico seguido pelo

NaClO a 5%. Para avaliar a resistência adesiva, utilizaram vinte terceiros molares, seccionados paralelamente à face oclusal, expondo dentina superficial e profunda. A resistência adesiva foi determinada numa máquina de teste universal. Para os testes de microinfiltração utilizaram doze terceiros molares com cavidades de classe V padronizadas. Após a utilização do sistema adesivo Syntac Sprint e da resina composta Tetric (Vivadent) de acordo com a indicação do fabricante, os espécimes foram imersos em 0,5% de fucsina básica por 24 horas. Os resultados sugeriram que a desproteinização não afeta a resistência adesiva ou a microinfiltração, quando o Syntac Sprint foi utilizado como sistema adesivo. Os valores da resistência adesiva não são afetados na dentina profunda. Nas margens oclusais, os valores de infiltração foram sempre menores do que na margem gengival.

Com o objetivo de observar o efeito do NaClO na resistência ao cisalhamento de adesivos hidrófilos de frasco único, Bedran de Castro et al.¹², em 2000, utilizaram cento e oitenta dentes bovinos incluídos em resina de poliestireno, desgastados até a exposição da dentina, e foram divididos aleatoriamente em doze grupos: G1 - Gluma One Bond (Kulzer) GOB; G2 - gel de NaClO 10% + GOB; G3 - Solução de NaClO a 10%; G4 - Prime&Bond 2.1 (Dentsply) PB; G5 - solução de NaClO 10% + PB; G6 - gel de NaClO + PB; G7 - Single Bond (3M) SB; G8 - solução de NaClO + SB; G9 - gel de NaClO + SB; G10 - Prime&Bond NT (Dentsply) PBNT; G11 - solução de NaClO + PBNT; G12 - gel de NaClO + PBNT. Em todos os grupos a dentina sofreu condicionamento com ácido fosfórico a 35% sendo, em seguida, lavada e seca. Para os grupos pré-determinados a aplicação do NaClO gel ou solução foi por 60s, sendo lavada por 30s. Os sistemas adesivos foram aplicados e, em seguida, foi inserida a resina composta Z-100 (3M). Os espécimes foram armazenados sob umidade a 37°C por sete dias e foram submetidos ao teste de resistência ao cisalhamento com uma velocidade de 0,5 mm/min. Os valores em MPa, em ordem decrescente, foram: G11 - 17.4 ± 4.88 ;

G12 - 16.93 ± 5.28 ; G6 - 15.61 ± 6.25 ; G10 - 15.33 ± 5.31 ; G3 - 14.33 ± 3.81 ; G8 - 14.26 ± 4.57 ; G7 - 14.0 ± 6.4 ; G5 - 13.84 ± 3.05 ; G4 - 13.5 ± 4.27 ; G9 - 11.85 ± 4.35 ; G2 - 11.38 ± 3.28 e G1 - 8.33 ± 3.31 . O uso do NaClO gel aumentou significativamente a resistência adesiva somente para o GOB. Os autores concluíram que o uso do NaClO pode interferir na resistência de união, dependendo do sistema adesivo.

Briso et al.¹⁸, em 2000, realizaram um estudo para observar a influência da remoção do colágeno dentinário na resistência ao cisalhamento de adesivos hidrófilos de frasco único. Utilizaram cento e vinte dentes bovinos, desgastados até alcançar a dentina e divididos aleatoriamente em seis grupos: G1 - Single Bond (3M) - aplicado de acordo com o fabricante; G2 - NaClO 10% gel + Single Bond; G3 - Prime&Bond 2.1 (Dentsply) - utilizado de acordo com fabricante; G4 - NaClO 10% gel + Prime&Bond 2.1; G5 - Gluma One Bond (Kulzer) - aplicado de acordo com o fabricante; G6 - NaClO 10% gel + Gluma One Bond. Em todos os grupos a dentina foi condicionada com ácido fosfórico a 35%, sendo em seguida lavada e seca. Nos grupos G2, G4 e G6 aplicaram, após o condicionamento ácido, NaClO a 10% gel por 60s, lavando em seguida por 30s. Os sistemas adesivos foram aplicados e após sua fotopolimerização, um cilindro de resina composta Z-100 (3M) foi confeccionado sobre a área delimitada. Os espécimes foram armazenados sob umidade a 37°C por sete dias. A resistência ao cisalhamento foi obtida em uma máquina universal de ensaio com velocidade de 0,5mm/min. Os valores, em MPa, em ordem decrescente de resultados foram : G6 - 13.83 ± 4.55 ; G1 - 13.55 ± 3.76 ; G2 - 12.55 ± 4.81 ; G3 - 12.41 ± 5.25 ; G4 - 10.05 ± 2.27 ; G5 - 9.9 ± 2.96 . A remoção do colágeno aumentou significativamente a resistência adesiva para o Gluma One Bond. Os autores concluíram que a aplicação de NaClO gel para o Gluma One Bond pode influenciar positivamente a adesão dos materiais restauradores ao dente.

Com o objetivo de estudar a influência sobre a morfologia da dentina, resistência adesiva e estrutura da interface adesiva, Phrukkanon et al.⁸⁹, em 2000, verificaram as modificações na dentina bovina desmineralizada com ácido fosfórico e posterior aplicação de NaClO ou de colagenase tipo I. Utilizaram incisivos bovinos recém-extraídos que tiveram as superfícies vestibulares desgastadas para a obtenção de uma superfície plana em dentina. Para análise dos tratamentos de superfície, a dentina recebeu um dos seguintes tratamentos: ácido fosfórico a 15 ou 35% seguida pela aplicação de colagenase tipo I a 0,1% por uma, três ou seis horas ou ácido fosfórico a 35% seguida pela aplicação de NaClO a 12,5% por 30s, 1 ou 2min. As superfícies foram preparadas para observação em microscopia de força atômica, análise de rugosidade e teste de resistência adesiva. Os sistemas adesivos utilizados foram: Single Bond (3M) e One Coat Bond (Coltène). Após os diferentes tratamentos de superfície, os agentes adesivos foram aplicados, sendo um grupo controle feito de acordo com a indicação do fabricante; em seguida, foi aplicada a resina composta Z-100 (3M). Os espécimes, após o teste de tração, foram examinados em microscopia óptica e de varredura para determinar o modo de fratura. Os autores observaram que o tratamento com NaClO ou colagenase resultou em maiores aberturas tubulares do que os grupos controle, e o aumento do tempo de tratamento resultou num alargamento ainda maior dos túbulos e da remoção das fibras colágenas. A superfície era composta, em sua grande maioria, por material inorgânico. A rugosidade de superfície foi maior para a dentina tratada com ácido fosfórico a 15% quando comparado com o ácido a 35%. Com o uso do tratamento com NaClO ou colagenase, a rugosidade foi significativamente aumentada para todos os tempos de tratamento, sendo a maior rugosidade observada para 1min de NaClO e 3 horas de colagenase. A resistência adesiva verificada para o Single Bond com o tratamento por 30s ou 1min de NaClO, 1 ou 3 horas de colagenase foi significativamente maior que a

obtida com o grupo controle. Para o One Coat Bond, a resistência obtida para 1min de NaClO e 3 horas de collagenase também foram significativamente maiores. Em relação ao modo de fratura, diferenças não significativas foram observadas para os diferentes procedimentos adesivos. A *camada híbrida*, para o Single Bond demonstrou espessura de 2 a 3µm e uma zona porosa localizada em sua base acima da dentina mineralizada, onde a estrutura das fibras colágenas pôde ser observada. Para os grupos tratados com NaClO a área que se acredita ser a *camada híbrida* foi muito rugosa e fina, cerca de 0,5µm e, algumas vezes, quase imperceptível. Os espécimes mostraram íntima adaptação do adesivo na interface sem qualquer zona porosa. Nesse estudo, com um aumento da rugosidade, um similar aumento da resistência adesiva foi observado. Os autores concluíram que o mecanismo de adesão entre a resina e a dentina não depende da espessura da *camada híbrida*; a remoção do colágeno pode melhorar significativamente a resistência adesiva.

Considerando que a solução de NaClO a 10% tem sido utilizada para remover a camada de colágeno da dentina, na tentativa de aumentar a adesão resina-dentina, Saboia et al.⁹⁹, em 2000, avaliaram o tempo de aplicação de um adesivo de frasco único à base de acetona (Prime&Bond 2.1 - PB - Dentsply) na adesão a dentina sem colágeno. Oito terceiros molares humanos tiveram o terço oclusal da coroa removido, obtendo-se uma superfície planificada de dentina. Os espécimes foram separados em quatro grupos, aleatoriamente, e receberam os seguintes tratamentos: G1 - controle - condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15s, lavagem e aplicação de PB na dentina úmida com intervalo de 30s entre as aplicações, seguindo as indicações do fabricante; G2 - após o condicionamento ácido a dentina foi tratada com EDTA a 10% por 60s, lavada e o adesivo aplicado na dentina úmida com intervalo de tempo de 5s; G3 - igual ao G2 com intervalo de tempo de 30s; G4 - igual ao G2 com intervalo de tempo de 60s. A resina composta Z-100 foi aplicada em camadas de 2mm até formar um platô de 6mm

sobre a superfície dentinária. Os espécimes foram seccionados em espessura de 1mm, no sentido mésio distal (MD) e vestibulo-lingual (VL), obtendo-se espécimes em forma de palitos. Oito espécimes de cada grupo foram afixados individualmente em um dispositivo para microtração e o teste realizado a uma velocidade de 0,5mm/min. Os resultados, em MPa, foram: G4 - 73.10; G3 - 69.67; G2 - 67.27; G1 - 33.43. Os autores concluíram que a remoção do colágeno aumentou a resistência adesiva, enquanto que a variação do tempo de aplicação do adesivo PB não influenciou a força de adesão à dentina sem colágeno.

Com o intuito de avaliar a influência de diferentes concentrações da solução de NaClO (1.5 e 10%), com diferentes tempos de aplicação (15, 30 e 60s) na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos, Arias et al.⁷, em 2001, utilizaram trezentos dentes bovinos, com as superfícies desgastadas até a exposição da dentina. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em vinte grupos: G1 a G10, receberam o sistema adesivo Prime&Bond 2.1 (Dentsply), e de G11 a G20 o sistema adesivo Gluma (Kulzer). Nos grupos 1 e 11 (controle) não foi utilizado o NaClO. O NaClO a 1% foi aplicado nos grupos 2, 5, 8, 12, 15 e 18 durante 15, 30 e 60s. O NaClO a 5% foi aplicado nos grupos 3, 6, 9, 13, 16 e 19 durante 15, 30 e 60s. Os grupos 4, 7, 10, 14, 17 e 20 receberam o NaClO a 10% durante 15, 30 e 60s. Os espécimes foram restaurados com a resina Z-250 e submetidos ao teste de cisalhamento, sendo os valores obtidos em MPa. As média dos grupos foram G1 - 8.98; G2 - 12.21; G3 - 10.47; G4 - 8.23; G5 - 10.23; G6 - 9.84; G7 - 11.21; G8 - 10.82; G9 - 10.97; G10 - 13.19; G11 - 13.92; G12 - 9.51; G13 - 10.68; G14 - 14.42; G15 - 9.80; G16 - 10.47; G17 - 9.84; G18 - 7.71; G19 - 9.89; G20 - 12.85. Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre os grupos. Os autores concluíram que a utilização de diferentes concentrações e tempos de aplicação do NaClO não aumentou os valores de resistência ao cisalhamento.

Saboia et al.¹⁰⁰, em 2001, com a finalidade de verificar os efeitos da remoção do colágeno dentinário na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único, utilizaram quarenta coroas de incisivos bovinos desgastadas até a exposição da dentina. As coroas foram divididas em quatro grupos: G1 - Prime&Bond 2.1 (Dentsply), aplicada de acordo com as indicações do fabricante; G2 - Prime&Bond 2.1, aplicado sobre a dentina tratada com NaClO 10% por 1min após o condicionamento ácido; G3 - Gluma (Kulzer), aplicado de acordo com as instruções do fabricante; G4 - Gluma aplicado após a remoção do colágeno dentinário, conforme descrito para o grupo 2. Foram confeccionados cilindros de resina composta Z-100 (3M) sobre a área de adesão e os espécimes foram estocados em água destilada a 37°C por 24 horas. Os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento. As médias obtidas, em MPa, foram: G4 - 6.512; G1 - 6.291; G2 - 5.575; G3 - 4.583. Os autores concluíram que a remoção do colágeno aumentou a resistência ao cisalhamento para o Gluma e não interferiu nos valores de adesão para o Prime&Bond 2.1.

Com o propósito de avaliar a influência de diferentes técnicas de tratamentos da superfície da dentina e tempo de armazenagem nas forças de adesão à dentina, Bedran de Castro et al.¹⁴, em 2002, utilizaram cento e trinta e cinco incisivos bovinos, desgastados para expor a dentina. Os dentes foram divididos aleatoriamente em três grupos, de acordo com o tratamento de superfície da dentina (n = 45): G1 – condicionamento ácido fosfórico a 37% + Single Bond (SB, 3M); G2 – condicionamento ácido + desnaturação de colágeno com solução de NaClO a 10% + SB; e G3 - Adesivo autocondicionante experimental (EXL 547, 3M). Foi aplicada à superfície tratada com adesivo, a resina Filtek Z-250 (3M). Cada grupo foi dividido em três sub-grupos de acordo com o tempo de armazenagem: a) um dia de armazenagem (1d); b) sete dias de armazenagem (7d); c) trinta dias de armazenagem (30d). Os resultados do teste de adesão ao cisalhamento foram: SB – 1d: 15.4 ± 4.4 , 7d: $17.4 \pm$

4.4, 30 d: 15.3 ± 3.9 ; NaOCl + SB – 1d: 10.9 ± 3.4 , 7d: 9.0 ± 1.9 , 30d: 16.4 ± 3.7 ; PXL 547 – 1d: 16.4 ± 3.7 , 7d: 14.0 ± 5.0 , 30 d: 13.0 ± 5.8 . Não foram observadas interações entre os tratamentos de superfície e o tempo de armazenagem. O tempo de armazenagem não afetou significativamente a força de adesão. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas entre os diferentes tratamentos de superfície. Os autores concluíram que o adesivo autocondicionante experimental apresenta potencial de adesão à dentina semelhante ao SB, por mais de trinta dias após a adesão. A desnaturação do colágeno com NaClO após o condicionamento com ácido, reduziu as forças de adesão para o SB. O tempo de armazenagem não afetou as forças de adesão a dentina pelos materiais testados.

Cederlund et al.²⁵, em 2002, com o propósito de avaliar a morfologia da superfície e a resistência de adesão ao cisalhamento do adesivo All Bond 2 (Bisco) sobre a superfície dentinária tratada progressivamente para remover as fibras de colágeno, utilizaram quinze dentes que foram divididos em cinco grupos. As superfícies dentinária nos grupos 1 a 4 foram condicionadas com EDTA a 24% (30s), ou ácido fosfórico a 32% (15s), com ou sem tratamento subsequente com NaClO a 10% (60s). O grupo 5 não recebeu tratamento e serviu como controle. Avaliaram os espécimes em MEV. Para avaliar a resistência de adesão utilizaram trinta dentes, e o teste de cisalhamento foi feito em uma velocidade de 1mm/min até que houvesse a fratura. Os resultados demonstraram que o condicionamento seguido por um tratamento com NaClO removeu todas as fibras colágenas da superfície dentinária, enquanto que o tratamento somente com EDTA expôs as estruturas das fibras. A resistência ao cisalhamento foi reduzida significativamente quando as superfícies foram tratadas com NaClO. Os maiores valores de resistência ao cisalhamento foram obtidos no grupo condicionado por EDTA. Os resultados do presente estudo indicaram que a dentina exposta

associada às fibras colágenas intactas aumenta a adesão do All Bond 2 à dentina.

Gobbi et al.⁴⁴, em 2002, com o propósito de avaliar o efeito de diferentes soluções ácidas na superfície da dentina, seguidas de diferentes períodos de aplicação de uma solução de hipoclorito de sódio a 5%, utilizaram dezoito molares humanos extraídos, selecionados e agrupados aleatoriamente para os diferentes tratamentos de condicionamento. Após o seccionamento dos dentes, obtiveram discos de dentina que foram tratados com: a) ácido maleico a 10%, b) ácido cítrico a 10%, c) ácido oxálico a 2.5%, d) EDTA, e) ácido fosfórico a 35%, f) sem condicionamento. Os ácidos foram deixados na superfície da dentina por 15s, e então foi aplicado NaClO por 2 e 5min. Amostras controles, sem a aplicação de NaClO também foram preparadas. Os espécimes foram preparados para observação em MEV. As aplicações de NaClO por 2min em dentina condicionada por ácido maleico e ácido cítrico revelaram fibrilas residuais de colágeno na dentina intertubular, enquanto após 5min de aplicação NaClO não havia vestígio de presença de colágeno. O uso de NaClO revelou modificações menores na superfície da dentina condicionada com ácido oxálico. A dentina condicionada com EDTA resultou em uma dentina intertubular muito compacta, com colágeno residual, visível também após o tratamento com o NaClO. Por outro lado, o uso de NaClO nas dentinas condicionadas com ácido fosfórico revelou uma abertura dos orifícios dos túbulos, especialmente evidente após 5min de aplicação, enquanto que o tratamento com NaClO produziu mudanças menores na superfície da dentina de amostras sem condicionamento. Os autores concluíram que a aplicação de diferentes tratamentos com ácido é responsável pela modificação da morfologia da dentina. O NaClO pode remover quantidades diferentes de fibrilas de colágeno após o tratamento com ácido. O tratamento com ácido oxálico pode ser adequado para prevenir a remoção do colágeno. A aplicação combinada de ácidos e

NaClO pode representar uma abordagem correta na preparação da superfície de dentina para se obter uma *camada híbrida* fina e eficiente.

Considerando que a força de tração máxima da dentina é derivada dos seus componentes minerais e as fibras colágenas, Miguez et al.⁷², em 2002, testaram a hipótese de que a matriz do colágeno contribui significativamente para a resistência à força de tração máxima da dentina, o que varia dependendo da localização anatômica do dente. Utilizaram cinco terceiros molares humanos intactos extraídos (entre 18 e 25 anos) e tiveram a coroa e a raiz separadas. As polpas foram extirpadas e as cavidades preenchidas com uma resina composta fotopolimerizável. Cada dente foi seccionado paralelamente ao seu longo eixo, com uma espessura média de 0.5mm, utilizando-se para isso uma serra de diamante de baixa velocidade. As fatias foram preparadas para o teste de resistência à microtração. Alguns dos espécimes de cada dente foram desmineralizados com EDTA, pH 7.4, a 4°C por dez dias. Todos os espécimes foram submetidos ao teste de resistência à microtração. Não houve diferença na força máxima de microtração entre a dentina mineralizada da coroa e da raiz, entretanto, a dentina da raiz desmineralizada demonstrou maior força de adesão à microtração do que a dentina da coroa. Os autores concluíram que a matriz colágena contribui significativamente para a força máxima de microtração da dentina, e é maior na raiz (28%) do que na coroa (14%). A diferença se deve ao tipo e qualidade das ligações covalentes intermoleculares do colágeno nos respectivos locais.

Relatando que diversos autores expressaram algumas preocupações em relação à penetração incompleta do adesivo dentro de redes desmineralizadas de colágeno, que poderia resultar em uma *camada híbrida* fraca, Salim et al.¹⁰², em 2002, considerando o hipoclorito de sódio (NaClO) um agente de desproteinização amplamente utilizado em estudos prévios, realizaram um estudo para a avaliação através de MEV da interface entre adesivos à base de água e dentina

decídua desproteínizada. Utilizaram discos de dentina obtidos a partir de vinte e oito dentes decíduos, que foram tratados da seguinte forma: G1 - ácido fosfórico a 35% por 15s; G2 - ácido fosfórico a 35% por 15s + NaClO a 10% por 3min. Em seguida, o sistema adesivo Single Bond e a resina composta Z-100 (3M) foram utilizados de acordo com as instruções do fabricante. Alguns espécimes foram preparados para observação em MEV e outros foram submetidos ao teste de microtração. A observação em MEV dos espécimes do G1 demonstrou uma *camada híbrida* típica, *tags* numerosos e *microtags* curtos. Os espécimes do G2, que não apresentaram *camada híbrida*, exibiram também numerosos *tags*, mas os *microtags* eram menos numerosos do que nos espécimes do G1. O grupo G1 apresentou uma força de adesão mais alta (26.84MPa) do que o G2 (17.56MPa). Os autores concluíram que embora possa ocorrer alguma interação química entre o colágeno dentinário mineralizado e o adesivo utilizado, a desproteínização da dentina decídua exerce uma influência adversa na adesão.

Com o objetivo de verificar a influência da ciclagem mecânica na resistência da adesão ao cisalhamento de um sistema adesivo, após a aplicação de hipoclorito de sódio na dentina, Santos et al.¹⁰⁹, em 2002, utilizaram quarenta dentes bovinos desgastados com lixa de granulação 320, 400 e 600 para a exposição da dentina. As amostras foram divididas em quatro grupos: G1: os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37%, aplicaram Scotchbond Multi Purpose e confeccionaram cilindros de resina composta Z-100 de 4mm de diâmetro. Após 24h as amostras foram submetidas à ciclagem mecânica (100.000 ciclos mecânicos sob uma carga de 75N e 5 Hz); G2: foram usados os mesmos procedimentos que no G1, mas após o condicionamento, o colágeno foi removido com hipoclorito de sódio a 10% durante 1min; G3: foram usados os mesmos procedimentos que no G1, mas as amostras não foram submetidas à ciclagem mecânica; G4: foram usados os mesmos procedimentos que no G2, sem a ciclagem mecânica. O teste de

resistência da adesão ao cisalhamento foi executado com uma máquina Instron, a uma velocidade de 0.5mm/min. O G3 demonstrou os valores mais altos de força de adesão ($5.04 \pm 0.60\text{MPa}$), seguido do G4 ($3.87 \pm 1.54\text{MPa}$) e G1 ($2.45 \pm 0.79\text{MPa}$). O G2 demonstrou os valores mais baixos ($1.45 \pm 0.8\text{MPa}$). Os autores concluíram que a remoção do colágeno associado à ciclagem mecânica diminuiu a força de adesão ao cisalhamento deste sistema adesivo.

Com o objetivo de avaliar a microinfiltração marginal em restaurações padronizadas de resina composta Z-250 (3M), Torres¹²⁷, em 2002, avaliou as variáveis: remoção ou não do colágeno dentinário após o condicionamento ácido; utilização ou não de uma resina composta fluida (Natural Flow DFL) sobre a dentina desproteinizada, alterando-se os seguintes fatores - A. tempo de armazenagem (0, 6 e 12 meses), B. ciclagem térmica (500, 1500 e 2000 ciclos). Utilizou 180 dentes bovinos que receberam preparos cavitários de classe V, na junção amelo-cementária, e que foram restaurados com o adesivo Single Bond (3M). Após os respectivos períodos de armazenagem e ciclagem térmica, a microinfiltração foi avaliada pelo método do nitrato de prata, seguido pela diafanização. Os espécimes foram analisados em estereomicroscópio e receberam escores de 0 a 4. Em todos os períodos de avaliação (0, 6 e 12 meses) os grupos H (NaClO a 10% por um minuto após o condicionamento ácido) e o HF (NaClO e a utilização da resina fluida após o sistema adesivo) exibiram estatisticamente menor microinfiltração do que o grupo C (controle - de acordo com a instrução do fabricante). Após um ano os grupos C e H mostraram aumento significativo de microinfiltração em relação à avaliação inicial. Não foram constatadas diferenças significativas entre os grupos H e HF para todos os intervalos de tempo. O autor concluiu que a remoção do colágeno reduziu significativamente a microinfiltração em relação à técnica convencional, independentemente do tempo de armazenagem e números de ciclos térmicos.

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar comparativamente a resistência adesiva de diferentes sistemas adesivos aplicados em dentina humana considerando os seguintes fatores:

- a) sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes;
- b) emprego de sistemas adesivos autocondicionantes com uso separado de *primer* acidificado ou *primer* acidificado com adesivo;
- c) tratamento da dentina com hipoclorito de sódio após condicionamento ácido nos sistemas convencionais.

4 MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, para pesquisa envolvendo seres humanos, sendo aprovada sua realização através de certificado com protocolo nº 012/2002-PH/CEP.

4.1 Adequação e preparo dos dentes

Foram coletados para este estudo 48 molares humanos hígidos, extraídos por indicações cirúrgicas ou ortodônticas, de pacientes com idade entre 17 e 23 anos. Imediatamente após a extração, os dentes foram limpos, armazenados em água destilada e congelados em freezer a -18°C até o momento de sua utilização. A armazenagem dos dentes congelados teve a finalidade de evitar a desnaturação ou fixação do colágeno dentinário, promovendo a manutenção do mesmo o mais próximo das condições *in vivo* (ARAÚJO et al.⁶, 1999). Os dentes foram retirados das condições de armazenamento acima descritas somente durante os procedimentos operatórios da pesquisa.

As raízes foram cortadas e os dentes seccionados segundo um plano axial mesio-distal separando-os em duas metades, vestibular e lingual (Figura 1), com auxílio da máquina cortadeira de baixa velocidade - Lab Cut 1010-Extec com refrigeração. O tecido pulpar das duas hemi-seções foi removido com auxílio de uma cureta nº 18 (S.S.White), sendo logo em seguida feita uma lavagem com soro fisiológico. A câmara pulpar foi preenchida com cera utilidade (Horus – Herpo Produtos Dentários LTDA), para evitar a penetração da resina utilizada no embutimento subsequente.

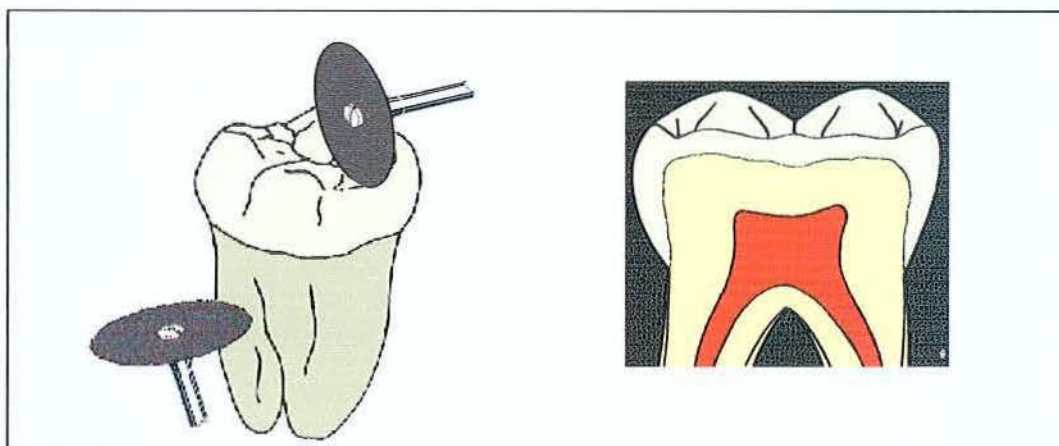


FIGURA 1 - Corte da raiz e seccionamento segundo um plano axial mesio-distal, separando os dentes em duas metades.

O processo de embutimento dos dentes seccionados em resina acrílica incolor de rápida polimerização foi realizado com o auxílio de uma matriz de silicone pesada (Rodhorsil Clássico Produtos Odontológicos – Ind. Bras.) com medidas aproximadas de 4cm de comprimento, 2cm de largura e 1cm de profundidade. Os dentes seccionados foram colocados na matriz, apoiados pela face seccionada, onde estava presente a cera utilidade. As faces vestibulares e linguais ficaram voltadas para fora, acima da superfície da matriz, com o cuidado de manter a superfície do dente paralela ao plano horizontal (Figura 2). Com o dente posicionado, a resina acrílica foi vazada na matriz de silicone pesada e, para minimizar a influência da elevação da temperatura decorrente da reação exotérmica de polimerização, o conjunto foi imerso em água (HUHTALA⁵⁵, 1999).

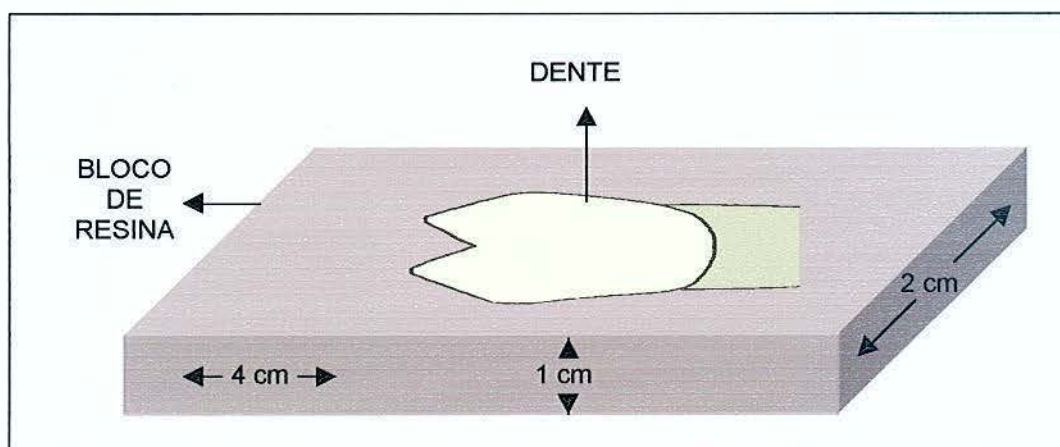


FIGURA 2 - Dente seccionado e incluído no bloco de resina acrílica.

4.2 Preparo do corpo-de-prova

A cera utilidade foi removida da câmara pulpar com a finalidade de se mensurar a espessura da dentina remanescente, para o que foi empregado um espessímetro (Otto-Arminger & Cia Ltda. RS, Brasil) (AMENDOLA⁴, 1999; HUHTALA⁵⁵, 1999; UEMURA¹²⁸, 1999). A espessura dentinária remanescente foi padronizada em 2mm ($\pm 0,1$ mm), sendo o esmalte vestibular ou lingual desgastado por meio de uma lixa d'água de carbeto de silício com granulação 80 (3M do Brasil), adaptada em uma máquina recortadora de gesso (Kohl Bach S.A. – Ind. Bras.), sob refrigeração com água, até próximo à obtenção da espessura pré-determinada (Figura 3).

A seguir, esta superfície foi observada em microscópio óptico (Zeiss / Stemi 2000 C), para garantia de que o esmalte foi eliminado, expondo a dentina como substrato selecionado.

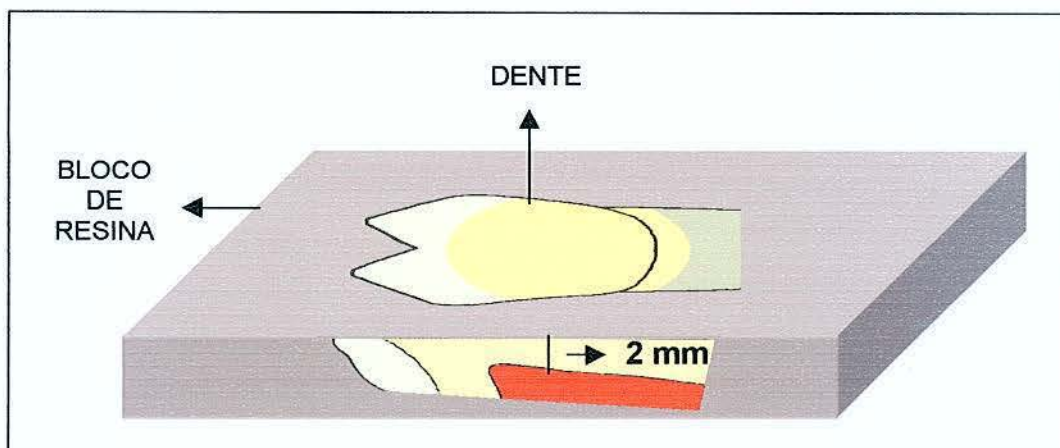


FIGURA 3 - Espessura de dentina padronizada em 2mm.

Com a finalidade de obter uma *smear layer* com maior uniformidade, as superfícies dentinárias foram regularizadas com lixas d'água seqüenciais (Struers) com granulações 320, 400 e 600, sempre sob refrigeração com água, por um período de 15 segundos, e por um mesmo operador, para padronizar a pressão em uma Politriz Dp - 10 (Panambra).

Logo em seguida foi feita a limpeza da superfície dentinária para remover possíveis resíduos, aplicando-se uma pasta de pedra-pomes e água, com o auxílio de uma escova de Robinson, montada em micromotor de baixa rotação (Kavo - Brasil).

A delimitação da área de adesão foi feita com fita adesiva teflon (3M do Brasil) vazada em forma circular (Figura 4), com diâmetro padronizado de 3mm (IWAMI et al.⁵⁷, 1998; HARA et al.⁵¹, 2001), baseada no "Guia de Teste de Adesão à Estrutura Dentária" (ISO*).

*INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **Dental materials:** guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneve: ISO,1994. (ISO TR 11405).

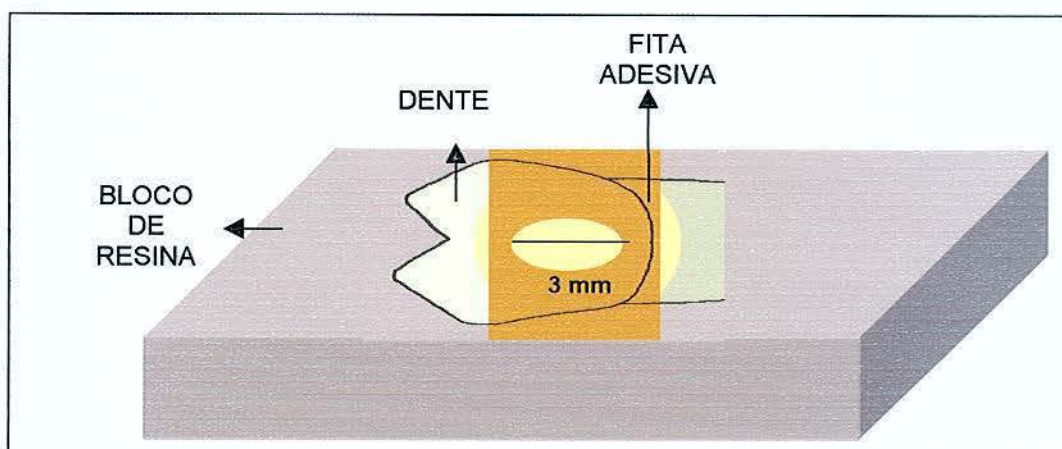


FIGURA 4 - Delimitação da área de adesão em 3mm de diâmetro

4.3 Materiais empregados

Os materiais utilizados no presente estudo, assim como suas respectivas composições encontram-se relacionados no Quadro 1.

Quadro 1 – Materiais empregados, fabricantes, lotes e composição.

Nome	Fabricante	Lote nº Valid.	Composição	Características do produto
One -up Bond F	Tokuyama Japão	A : 047 Val.: 10/04 B : 544 Val.: 11/04	Agente A: MAC -10, monômero éster fosfatado, Bis-GMA, TEGDMA, agente fotossensível. Agente B: HEMA, água, pó de flúor alumina silicato de vidro, fotossensibilizador	Adesivo Autocondicionante
Clearfil SE Bond	Kuraray Japão	61.273 Val.: 11/03	Primer: MDP, HEMA, di-metacrilatos hidrofílicos, di-canforoquinona, N,N-dietanol p-toluidina, água Adesivo: MDP, Bis-GMA, di-metacrilatos hidrofóbicos, di-canforoquinona, N,N-Dietanol p-toluidina, Sílica coloidal silanizada	Primer Autocondicionante
Single Bond	3M do Brasil	1FL Val.:08/03	Adesivo: Hema, Bis-GMA, dimetacrilato, copolímeros dos ácidos poliacrílicos e politaicônico, água, álcool e foto-iniciadores	Condicionamento Total
Scotchbond Multi Uso	3M do Brasil	OYC Val.:09/03	Primer: solução aquosa de Hema e Ac. Polialcenóico pH aproximado 3,3 Adesivo: Bis-GMA e HEMA	Condicionamento Total
Ácido	3M do Brasil		Gel de Ac. Fosfórico 35% Sílica PH aproximado 0,6	Preparar Superfície
AD Gel	Kuraray Japão	00382 A Val.: 01/03	Hipoclorito de Sódio 10%	Desproteção
Z-100	3M do Brasil	1AK Val.: 07/04	Matriz orgânica: TEGDMA, Bis-GMA Matriz inorgânica: sílica, zircônia	Resina composta

4.4 Divisão dos grupos

Os corpos de prova foram divididos em seis grupos, com 16 espécimes cada um (oito superfícies vestibulares e oito linguais, aleatoriamente) de acordo com o sistema adesivo e tratamento dentinário utilizado. Ambos os procedimentos foram feitos seguindo as especificações dos fabricantes e estão apresentados no Quadro 2.

Grupo OBF:

- a) mistura dos líquidos A e B do One-up Bond F (proporção 1:1);
- b) obtenção de uma mistura de coloração rósea homogênea;
- c) aplicação na superfície dentinária do corpo de prova;
- d) aguardo de um período de 20 segundos ;
- e) fotopolimerização por um período de 10 segundos.

Grupo CSEB:

- a) aplicação do *Primer* do Clearfil SE Bond na superfície dentinária do corpo de prova;
- b) aguardo de um período de 20 segundos;
- c) aplicação do Bond ;
- d) fotopolimerização por 10 segundos.

Grupo SB:

- a) condicionamento ácido por 15 segundos na superfície dentinária do corpo de prova;
- b) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;
- c) aplicação de duas finas camadas consecutivas de Single Bond;
- d) suave jato de ar para secagem durante 2 - 5 segundos;
- e) fotopolimerização por 10 segundos.

Grupo SBMP:

- a) condicionamento ácido por 15 segundos na superfície dentinária do corpo de prova;
- b) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;

- c) aplicação do Scotchbond Multi Uso *Primer*, secagem por 5 segundos;
- d) aplicação de uma fina camada do Scotchbond Multi Uso Adesivo;
- e) fotopolimerização por 10 segundos.

Grupo SBH:

- a) condicionamento ácido por 15 segundos na superfície dentinária do corpo de prova;
- b) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;
- c) aplicação do AD Gel por 60 segundos;
- d) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;
- e) aplicação de duas finas camadas do adesivo Single Bond;
- f) suave jato de ar para secagem durante 2 - 5 segundos;
- g) fotopolimerização por 10 segundos.

Grupo SBMPH:

- a) condicionamento ácido por 15 segundos na superfície dentinária do corpo de prova;
- b) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;
- c) aplicação do AD Gel por 60 segundos;
- d) lavagem e remoção do excesso de água com papel de filtro, mantendo a superfície dentinária úmida;
- e) aplicação do Scotchbond Multi Uso *Primer*, secagem por 5 segundos;
- f) aplicação de uma fina camada do Scotchbond Multi Uso Adesivo;
- g) fotopolimerização por 10 segundos.

Quadro 2 – Divisão dos grupos conforme a utilização dos sistemas adesivos e tratamentos dentinários.

FASES DO EXPERIMENTO	GRUPOS EXPERIMENTAIS					
	OBF	CSEB	SB	SBMP	SBH	SBMPH
CONDIC. ÁCIDO			 Aplicar Aguardar 15s	 Aplicar Aguardar 15s	 Aplicar Aguardar 15s	 Aplicar Aguardar 15s
PRIMER ACIDULADO		 Aplicar Aguardar 20s				
APLICAÇÃO DE HIPOCLORITO DE SÓDIO					 Aplicar Aguardar 60s	 Aplicar Aguardar 60s
PRIMER				 Aplicar Secar 5s		 Aplicar Secar 5s
ADESIVO	 Misturar Aplicar Aguardar 20s Fotopol. 10s	 Aplicar Fotopol. 10s	 Aplicar 2 camadas Secar de 2 – 5s Fotopol. 10s	 Aplicar Fotopol. 10s	 Aplicar 2 camadas Secar de 2 – 5s Fotopol. 10s	 Aplicar Fotopol. 10s

4.5 Inserção e polimerização da resina composta

Para a padronização da área e do volume da resina composta foi utilizado um dispositivo metálico (F N Moraes Ind. Mecânica – S.J.Campos), desenvolvido especialmente para este experimento, que posicionou os corpos de prova de forma que um orifício de 3mm de diâmetro e 4mm de altura ficou sobre a superfície de dentina que recebeu o tratamento adesivo, não permitindo assim o deslocamento do conjunto durante a inserção e polimerização da resina composta (Figura 5).

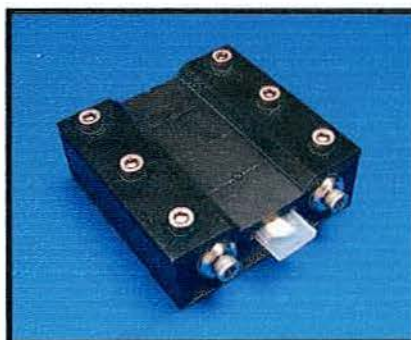


FIGURA 5 - Dispositivo metálico para inserção da resina composta.

A inserção da resina composta foi feita em camadas, conforme a especificação do fabricante, utilizando-se uma espátula de aço anodizado (American Eagle) e fotopolimerização por 40 segundos com o aparelho fotopolimerizador calibrado em 500 mW/cm^2 , mensurado por um radiômetro (Jet Lite 4000 – J. Morita Corp.).

O corpo de prova foi removido do dispositivo metálico e recebeu uma fotopolimerização adicional de 40 segundos. Assim foi obtido sobre os corpos de prova um cilindro de resina composta de 3mm de diâmetro e 4mm de altura aderido à superfície de dentina que recebeu o tratamento adesivo (Figura 6).

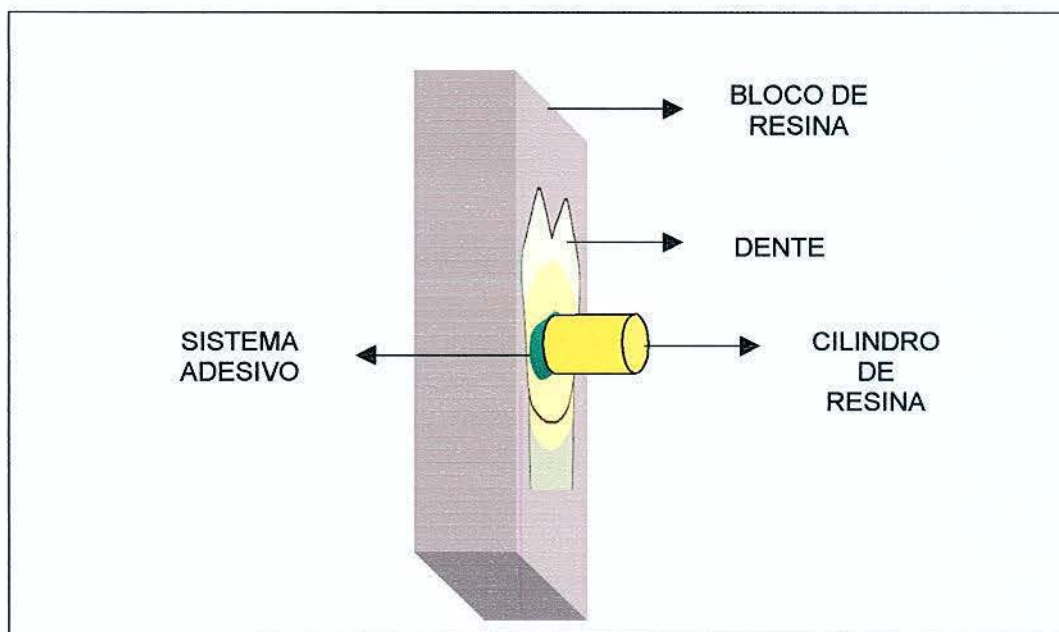


FIGURA 6 - Espécime pronto para o teste de cisalhamento.

Após a identificação dos corpos de prova, os mesmos foram imersos em água destilada à temperatura ambiente e armazenados em estufa bacteriológica (Marconi Equipamentos) a 37°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 24 h.

Os corpos de prova foram avaliados em microscópio óptico (Zeiss / Stemi 2000C), onde foi feita uma verificação de falhas no processo adesivo (bolhas). Os corpos de prova que apresentaram falhas, foram descartados. Com o auxílio de uma lâmina de bisturi nº 15 (Paramount Surgmed LTD.) foi removido qualquer excesso do adesivo além do cilindro de resina composta, com a finalidade de facilitar o alinhamento da ponta de cisalhamento o mais próximo possível do bloco de resina acrílica e perpendicular ao cilindro de resina.

Na Figura 7 observamos o preparo dos espécimes e a divisão dos grupos experimentais de acordo com a técnica adesiva empregada.

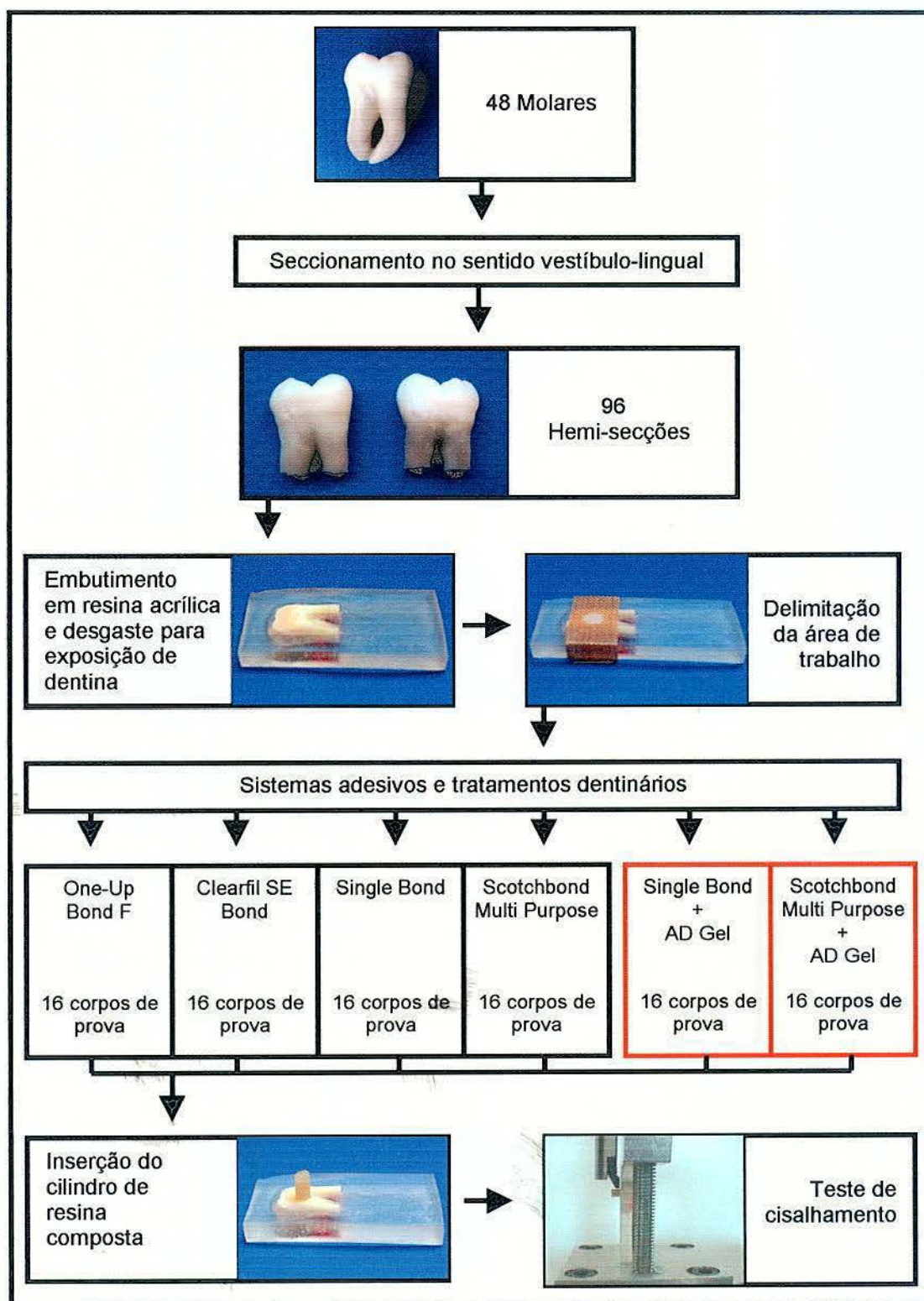


FIGURA 7 - Distribuição dos espécimes e delineamento experimental

4.6 Teste de resistência ao cisalhamento

Para o teste de avaliação laboratorial da resistência à tensão de cisalhamento, os corpos de prova foram fixados em uma base metálica confeccionada para a correta adaptação na máquina Instron (modelo 431 – Instron Corporation) com célula de carga de 500Kg.

Na extremidade móvel da máquina de teste foi fixada a ponta com secção de meia cana, que foi posicionada na base do cilindro de resina composta, o mais próximo possível da interface adesiva, perpendicular ao cilindro de resina composta. Esta ponta exerceu a força de cisalhamento com velocidade de 0,5mm/min (Figura 8) (HARA et al.⁵¹, 2001).

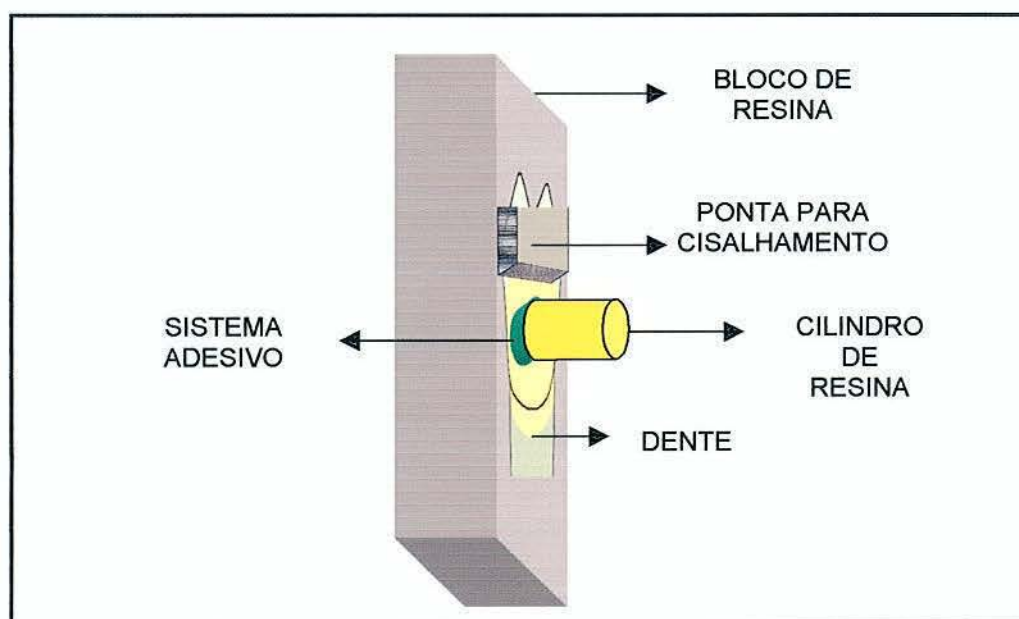


FIGURA 8 - Ponta posicionada para cisalhamento.

Um terminal de computador acoplado à máquina de teste fez o monitoramento de todo o procedimento, e forneceu um gráfico representando a relação de carga em função do deslocamento. No momento da fratura, o movimento foi imediatamente interrompido e os dados foram coletados e impressos. Os valores finais de resistência de união foram expressos em MPa.

4.7 Análise do tipo de fratura

Os tipos de fratura de todos os corpos de prova foram avaliados em microscopia óptica (Zeiss / Stemi 2000C) e classificados em 4 tipos, de acordo com o plano de secção da fratura envolvida: tipo I (coesiva em resina), tipo II (coesiva em dentina), tipo III (adesiva), tipo IV (mista). Os tipos de fratura estão exemplificados nas Figuras 9, 10, 11, 12.

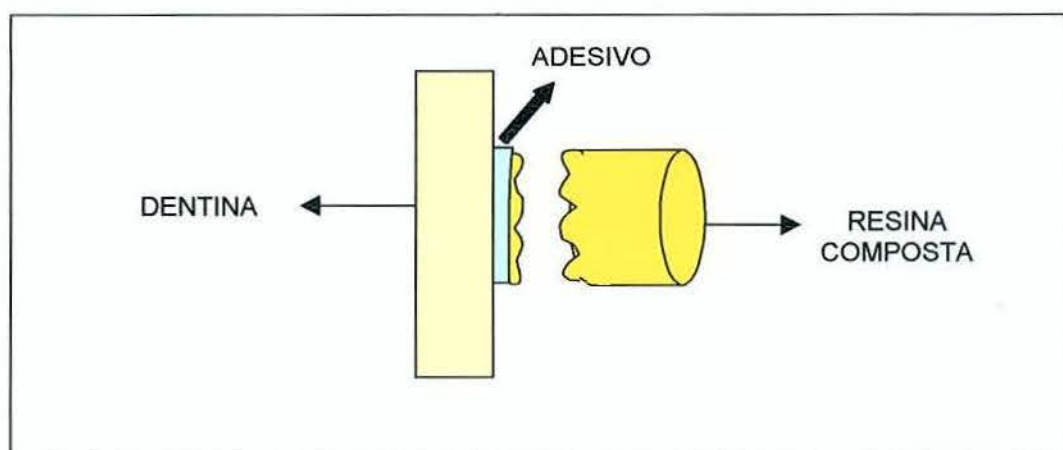


FIGURA 9 - Fratura Tipo I - Coesiva na resina composta.

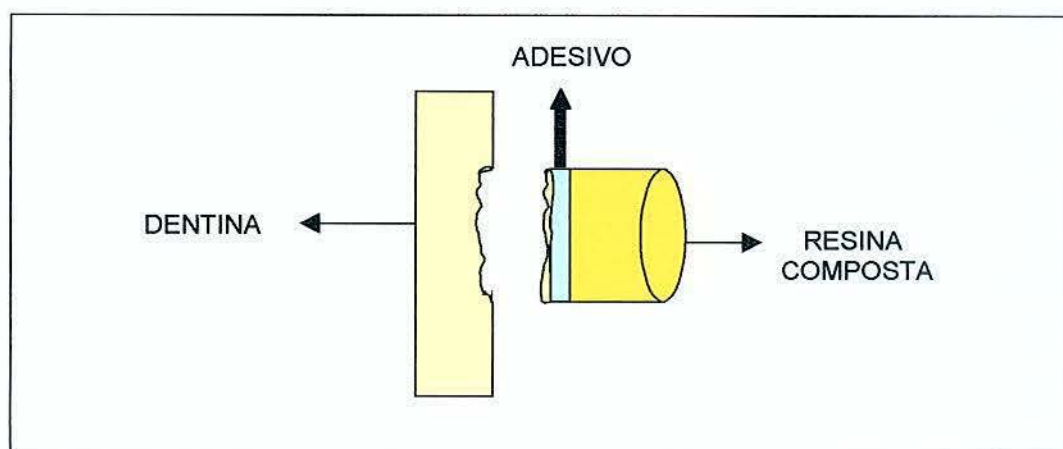


FIGURA 10 - Fratura Tipo II - Coesiva na dentina.

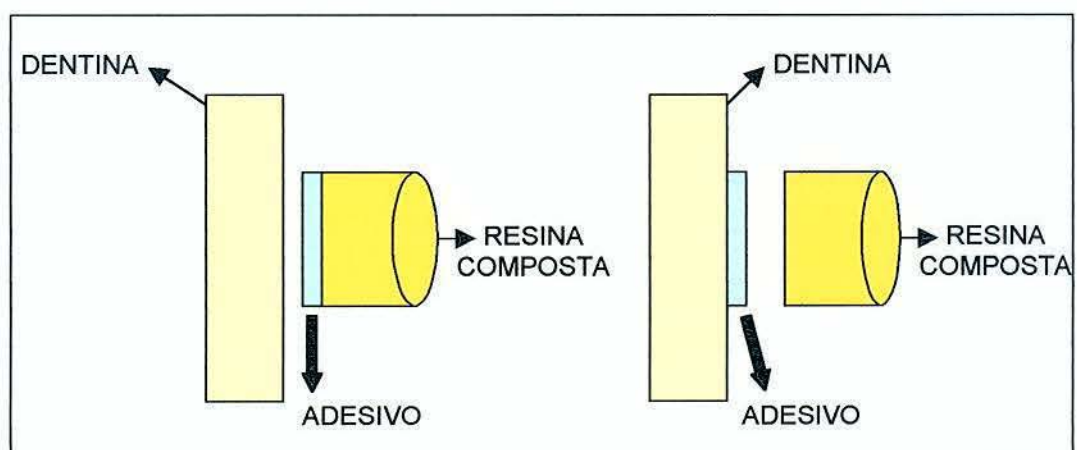


FIGURA 11 - Fratura Tipo III - Adesiva na interface dentina/adesivo ou adesivo/resina.

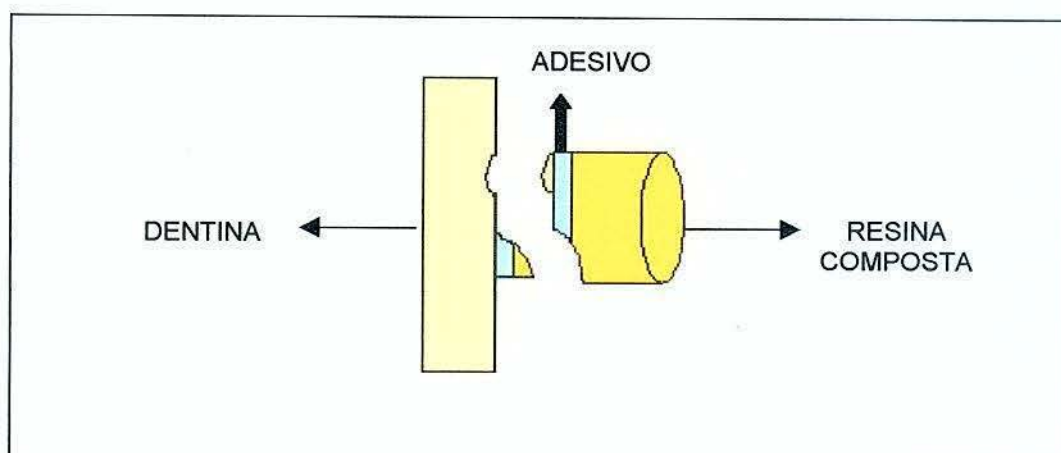


FIGURA 12 - Fratura Tipo IV - Mista (combinação de fratura coesiva e adesiva).

4.8 Análise estatística

Os dados obtidos no teste de cisalhamento foram submetidos ao teste estatístico da análise de variância (ANOVA), avaliando-se os sistemas adesivos, os tipos de fratura e a influência da utilização de hipoclorito de sódio (NaClO). O teste de Tukey foi aplicado para verificar diferenças entre os tratamentos.

5 RESULTADOS

O objetivo desta pesquisa foi verificar se diferentes condições experimentais poderiam influenciar na resistência adesiva de uma resina composta (Z 100 - 3M) aderida à dentina humana, substrato utilizado para adesão, e considerada como unidade experimental. Os corpos de prova foram submetidos aos ensaios mecânicos de cisalhamento, nos quais obtivemos os valores de resistência adesiva nas tensões máximas de ruptura (em MPa), considerada como variável dependente. As seis variáveis independentes do experimento são o sistema adesivo (1 - OBF, 2 - CSEB, 3 - SB, 4 - SBMP) e o tratamento dentinário (5 - SBH, 6 - SBMPH). Foram preparados 16 corpos de prova para cada grupo e os 96 dados foram submetidos ao teste estatístico ANOVA (um fator). O nível de significância foi de 5%.

5.1 Resistência ao cisalhamento

Com a finalidade de testar a hipótese de que diferentes condições experimentais induziram efeitos iguais nas tensões de cisalhamento, foi efetuado o experimento considerando um único fator (sistema adesivo / tratamento dentinário).

Os valores de resistência adesiva obtidos são apresentados na Tabela 1. Nela podemos também visualizar as condições experimentais e os espécimes identificados numericamente de 1 a 16.

Tabela 1 - Dados de resistência adesiva ao cisalhamento (MPa) referente às condições experimentais

ESPÉCIMES	CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS					
	SISTEMAS ADESIVOS				TRATAMENTO DENTINÁRIO	
	OBF	CSEB	SB	SBMP	SBH	SBMPH
01	23.109	31.996	36.041	21.469	32.553	17.662
02	10.860	23.284	17.790	18.618	17.997	16.977
03	19.287	11.824	14.248	10.652	16.786	13.574
04	16.165	12.085	16.356	15.241	11.672	15.264
05	22.313	31.343	16.587	22.504	17.360	10.518
06	16.850	13.574	17.694	15.50	11.566	10.774
07	13.767	34.767	13.873	16.611	22.313	14.109
08	14.280	38.733	29.734	19.414	15.677	16.930
09	19.940	24.941	27.552	10.175	19.437	18.554
10	14.388	26.549	17.414	19.669	14.023	14.789
11	14.002	29.336	20.927	19.603	14.686	15.386
12	16.818	24.304	16.070	15.563	22.966	14.944
13	22.934	19.860	23.714	10.411	23.666	10.155
14	20.692	21.819	17.296	18.745	13.639	14.748
15	16.690	13.789	24.160	12.085	14.794	11.824
16	15.587	31.598	25.992	29.241	16.070	10.497

A estatística descritiva dos diferentes sistemas adesivos e tratamentos dentinários com as respectivas média, mediana, desvio-padrão e valores máximos e mínimos são observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Estatística descritiva referente aos materiais utilizados

GRUPO	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
OBF	17,355	16,754	3,655	10,860	23,109
CSEB	24,362	24,622	8,438	11,824	38,733
SB	20,965	17,742	6,310	13,873	36,041
SBMP	17,218	17,614	5,077	10,175	29,241
SBH	17,825	16,428	5,399	11,566	32,553
SBMPH	14,169	14,768	2,723	10,155	18,554

Utilizando a técnica exploratória do diagrama esquemático Box-and-Whisker Plot, começamos a interpretar os dados, visualizando em desenhos esquemáticos os valores de resistência ao cisalhamento nas diversas condições experimentais e suas interações. Na Figura 13 verificamos que o grupo CSEB destaca-se dos demais por apresentar valores mais heterogêneos com valores máximos e mínimos bastante discrepantes e maior valor médio. Por outro lado, o grupo SBMPH apresentou valores mais homogêneos com valores máximos e mínimos pouco discrepantes e menor valor médio.

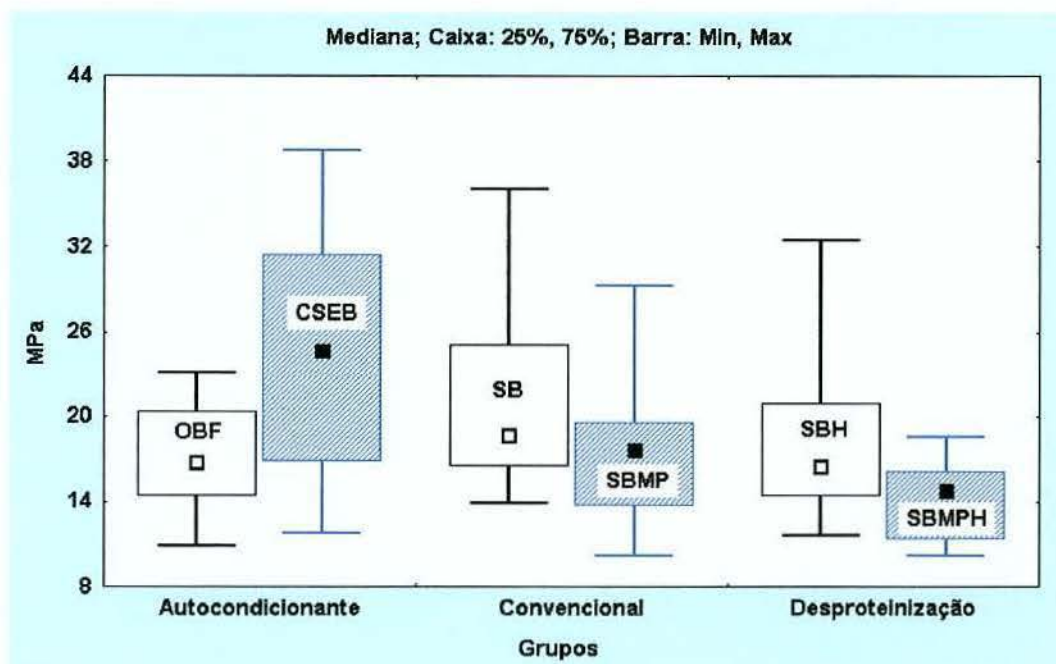


FIGURA 13 - Desempenho esquemático "Box-and-Whisker Plot" para tensão na força máxima (MPa) em cada grupo. Apresentando a média e os valores mínimo e máximo.

Na Figura 14 podemos comparar o valor médio e o respectivo desvio padrão para todos os grupo de todas as condições experimentais.

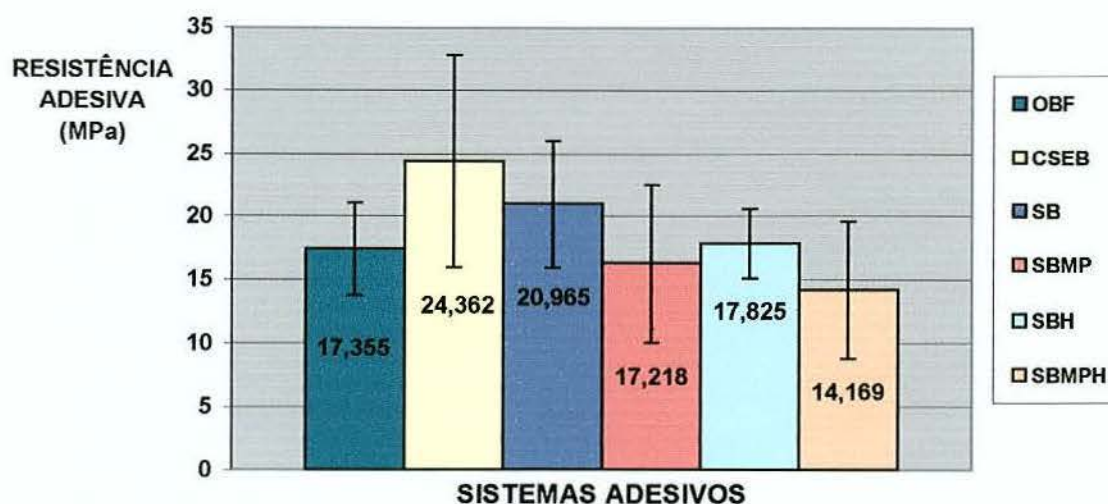


FIGURA 14 - Valores médios e desvio-padrão da resistência adesiva.

Os dados foram submetidos a um modelo estatístico da Análise de Variância (ANOVA) a um fator fixo. Os testes estatísticos foram realizados para verificar a possibilidade de rejeição da hipótese de igualdade entre os valores médios de resistência adesiva.

Porém, para a utilização da técnica de análise de variância (ANOVA) é necessário que as variações dos valores médios obtidos na tensão máxima de ruptura (em MPa) sigam uma distribuição normal com variâncias iguais entre os diferentes grupos e em cada um deles, e que todas observações sejam independentes. Esta última condição foi garantida pela forma como foi conduzido o experimento, onde cada espécime possui um valor expresso em MPa, que representa a tensão máxima de ruptura.

Com a finalidade de verificar a suposição de igualdade de variâncias nos grupos, adotamos o teste de Levene. Os resultados apontam que esta suposição não está satisfeita ($p=0,008$), pois o nível descritivo do teste (p) foi igual a 0,008, que é menor do que 0,05, o que

implica a rejeição da hipótese de igualdade das variâncias. Podemos observar (Figuras 13 e 14) que o grupo CSEB se destaca dos demais por apresentar maior valor médio e maior variabilidade nos resultados.

Desta forma, o procedimento foi buscar uma transformação dos dados onde a variável transformada satisfizesse esta suposição de igualdade de variâncias. Consideramos o logaritmo das médias obtidas na tensão máxima de ruptura (em MPa) e aplicamos novamente o teste de Levene, concluindo que as variâncias da resistência adesiva, transformadas em logaritmo, podem ser consideradas iguais nos seis grupos ($p=0,227$), pois nesse caso o valor do nível descritivo (p) foi 0,227, que é maior do que 0,05.

A Análise de Variância foi então utilizada apontando que as médias da resistência adesiva não são iguais entre os seis grupos, rejeitando a hipótese de igualdade (nível de significância de 0,05) conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Análise de Variância da resistência adesiva ao cisalhamento das condições experimentais.

Fonte de variação	G1	Soma dos quadrados	Quadrado médio	Razão "F"	p-valor
Sistemas adesivos	5	2,3828	0,4766	5,95	0,000
Resíduo	90	7,2074	0,0801		
Total	95	9,5902			

Assim efetuamos o teste de Tukey para detectar os locais onde se encontravam as diferenças. O nível de significância adotado foi 0,05, ou seja, os resultados foram obtidos com coeficiente de confiança de 0,95 para as diferenças entre médias da resistência adesiva transformadas em logaritmo, duas a duas, observadas na Tabela 4.

Torna-se importante ressaltar que as conclusões sobre a existência ou não de diferenças significativas entre as médias da resistência adesiva transformada (em logarítimo) podem ser estendidas para as médias originais obtidas na tensão máxima de ruptura em MPa.

Tabela 4 - Diferenças das médias, com nível de significância de 0,05.

Condições experimentais	Tensão média	Desvio- padrão	Grupos homogêneos
CSEB	24.362	8.440	A
SB	20.965	6.250	A B
SBH	17.825	5.400	A B C
OBF	17.355	3.656	B C
SBMP	17.218	5.080	B C
SBMPH	14.169	2.723	C

Ao analisarmos a Tabela 4, notamos que a média da resistência adesiva do grupo SB é significativamente maior do que a do grupo SBMPH, e que a média da resistência adesiva do grupo CSEB é maior do que as médias dos grupos SBMP, SBMPH e OBF.

5.2 Análise do tipo de fratura

Após os ensaios mecânicos de cisalhamento, os corpos de prova foram avaliados em lupa estereoscópica (Karl Zeiss / Stemi 2000C-MC-80-DX) para conceituação e classificação dos tipos de fraturas ocorridos na região de ruptura. As fraturas foram classificadas em:

- a) tipo I - coesiva na resina composta;
- b) tipo II - coesiva na dentina;
- c) tipo III - adesiva na interface dentina/adesivo ou adesivo/resina;
- d) tipo IV - mista (combinação de fratura coesiva e adesiva).

Os resultados das avaliações dos tipos de fratura encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação do tipo de fratura de acordo com as condições experimentais.

Material \ Fratura	Coesiva em Resina Tipo I	Coesiva em Dentina Tipo II	Adesiva Tipo III	Mista Tipo IV
OBF			15	1
CSEB			10	6
SB			11	5
SBMP			12	4
SBH			13	3
SBMPH			12	4

Quando analisamos o tipo de fratura pelo número de ocorrências, temos a informação sobre o modo de fratura na qual existe a maior prevalência em consequência da distribuição das tensões na interface adesiva (Figura 15).

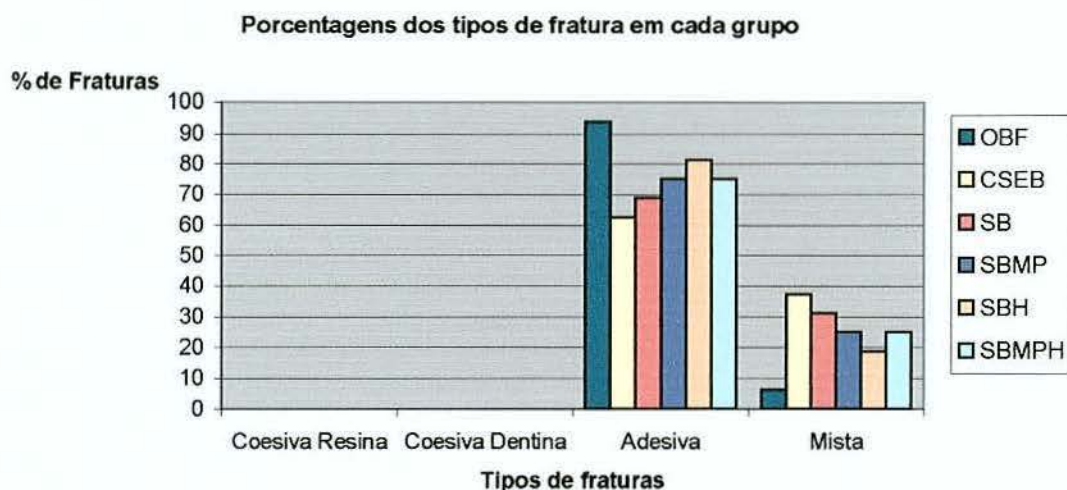


FIGURA 15 - Distribuição em porcentagens do tipo de fratura das interfaces adesivas de acordo com o sistema adesivo empregado.

No momento em que a carga de cisalhamento atinge a tensão máxima, esta se concentra em um dos elementos da interface adesiva, causando sua ruptura. A fratura ocorre devido ao alastramento dessas tensões pelas regiões de maior fragilidade na interface adesiva. Entretanto, um dos componentes da interface adesiva que apresente maior resistência pode ser envolvido no plano final de ruptura, em decorrência da distribuição das tensões, mas não necessariamente porque é o elemento mais frágil da interface.

Se considerarmos que as tensões se alastram pelos planos de maior fragilidade, os elementos mais frágeis da interface adesiva deverão apresentar uma maior frequência de fraturas. Sendo assim, devemos analisar o número de ocorrência prevalente em um determinado tipo de fratura, em função das condições experimentais.

Em todas as condições experimentais da presente pesquisa, observou-se a predominância de fraturas do tipo adesiva, com pequenas variações entre os diferentes sistemas adesivos e tratamentos

dentinários, porém, para o adesivo autocondicionante One-Up Bond F (Tokuyama), a incidência de fratura do tipo adesiva foi maior quando comparada com as demais condições; por outro lado, o *primer* autocondicionante Clearfil SE Bond (Kuraray) apresentou o maior número de fraturas tipo mista.

Os tipos de fraturas observados no presente estudo estão representados nas Figuras 16 a 20. As áreas das superfícies dentinárias envolvidas na adesão e seus respectivos cilindros de resina podem ser observados. As Figuras 16 e 17 representam fratura adesiva.



FIGURA 16 - Fratura adesiva. Superfície do cilindro de resina.



FIGURA 17 - Fratura adesiva. Superfície dentinária

As Figuras 18 e 19 demonstram fraturas do tipo mista na superfície da dentina e do cilindro de resina composta.

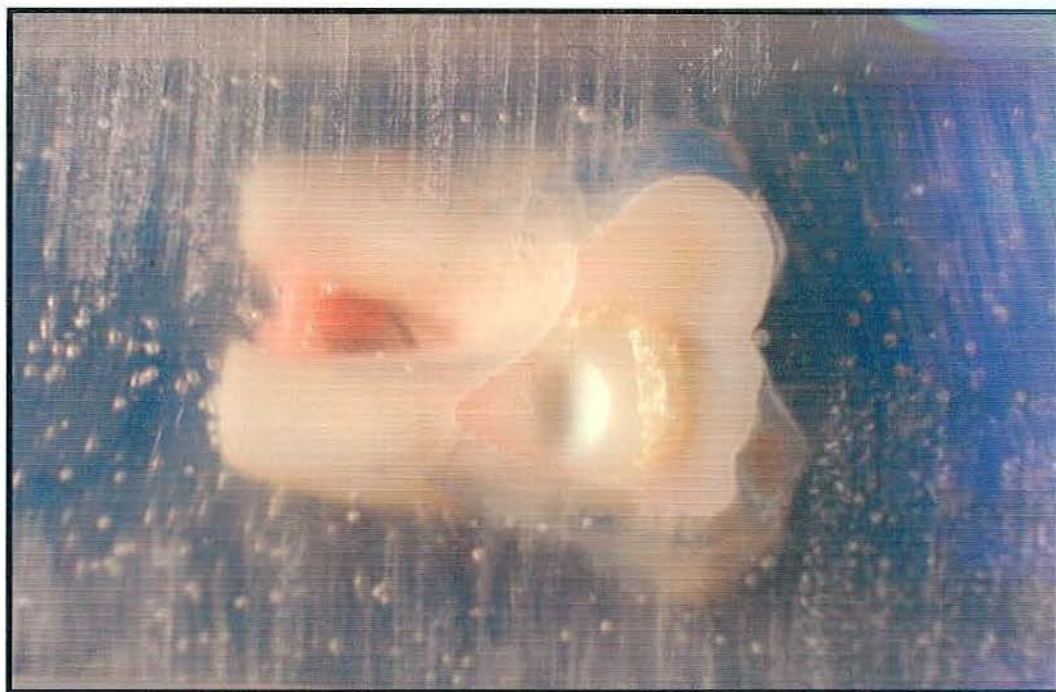


FIGURA 18 - Fratura mista. Superfície dentinária.



FIGURA 19 - Fratura mista - superfície do cilindro de resina composta.

Na Figura 20 observamos a simulação das fases da fratura mista e as respectivas superfícies fraturadas.

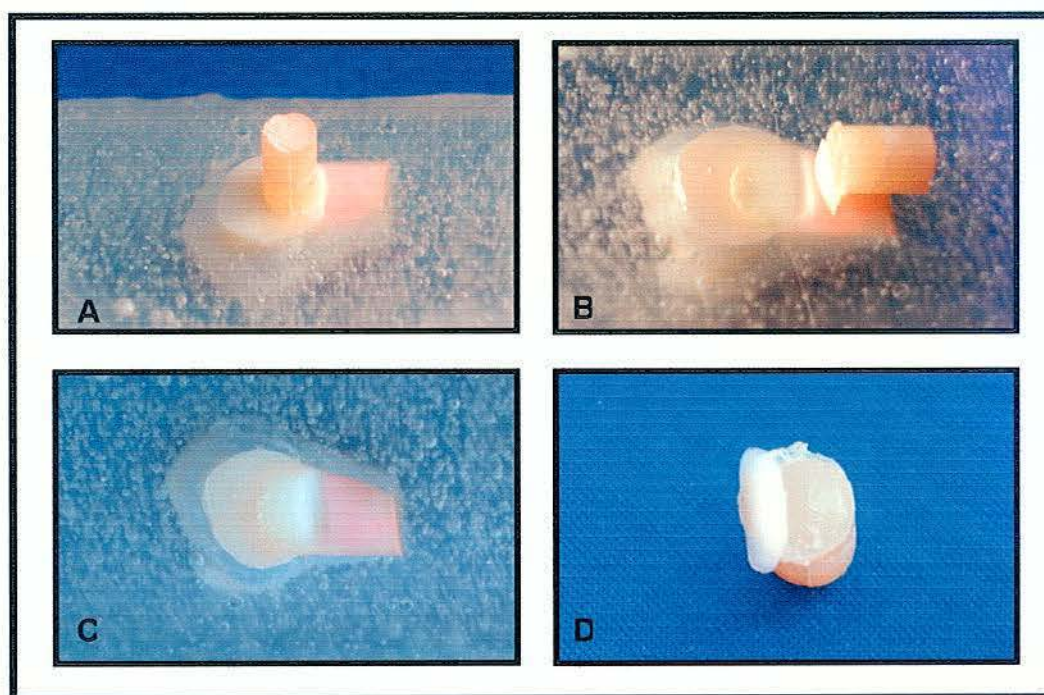


FIGURA 20 - Simulação das fases da fratura e respectivas superfícies fraturadas: a) reposicionamento do cilindro no substrato dentinário; b) simulação da fratura; c) superfície dentinária após a fratura; d) superfície do cilindro de resina composta após a fratura.

6 DISCUSSÃO

6.1 Da metodologia

Como consequência da incorporação dos conceitos da odontologia adesiva em diversos procedimentos na clínica odontológica, observa-se a utilização cada vez mais freqüente dos sistemas adesivos, e o grande esforço na tentativa de aprimorá-los, ao longo dos anos (KRAMER & McLEAN⁶⁷, 1952; BUONOCORE¹⁹, 1955; BOWEN¹⁷, 1965; FUSAYAMA et al.⁴², 1979; MCLEAN⁷¹, 2000). Dessa forma existe uma demanda elevada de novos materiais e técnicas que devem ser avaliados para a comprovação de sua eficiência antes da utilização clínica.

A determinação da eficácia desses materiais e técnicas necessita dos testes *in vivo* e *in vitro*. As pesquisas *in vivo* evidentemente demonstram com maior clareza a eficácia dos materiais, pois simulam com maior fidelidade a realidade de utilização dos mesmos. Entretanto, esses testes apresentam uma grande dificuldade de padronização dos métodos, deparam-se com a bioética, e necessitam de um longo tempo de duração dos estudos, o que, conseqüentemente, pode resultar em defasagem entre a pesquisa e o desenvolvimento dos materiais.

Esses fatores, associados ao crescente desenvolvimento no campo dos materiais dentários, fazem com que as pesquisas laboratoriais *in vitro*, que necessitam menor tempo para conclusão dos resultados, ainda apresentem relevante contribuição para o desenvolvimento e avaliação do desempenho potencial dos novos materiais e técnicas que serão utilizados na clínica (VAN NOORT¹³³, 1994).

Os substratos utilizados comumente nas pesquisas de adesão são o esmalte e a dentina. A adesão ao substrato dentinário é mais complicada do que adesão ao esmalte. O alto conteúdo orgânico, a estrutura tubular, a variabilidade regional, a umidade intrínseca, assim como os prolongamentos odontoblásticos, dificultam a obtenção de um substrato homogêneo como o esmalte e reduzem o potencial do procedimento adesivo. Diferentemente, o esmalte, com alto conteúdo inorgânico em sua composição, produz uma adesão com maior resistência e durabilidade (VARGAS et al.¹³⁵, 1997).

Na presente pesquisa optamos por utilizar a dentina humana, a qual reflete resultados mais próximos da realidade nos trabalhos de resistência adesiva (NAKABAYASHI & PASHLEY⁷⁵, 1998), embora na atualidade exista a dificuldade em se obter dentes humanos devido à filosofia atual de prevenção e conservação dos dentes, à longevidade da dentição devido às novas técnicas e materiais e à bioética que assegura o respeito ao ser humano preservando seus órgãos, fatores que dificultam o acesso aos dentes humanos. Em contrapartida, os estudos com dentes bovinos vêm crescendo e se constituem em um substrato aceitável para pesquisa, apesar de apresentarem diferenças estruturais (SANO et al.¹⁰⁴, 1994; PHRUKKANON et al.⁸⁹, 2000; ANIDO⁵, 2001).

Anido⁵ (2001) comparou as resistências adesivas da dentina humana e bovina ao cisalhamento utilizando diferentes profundidades. Concluiu existir diferença significativa entre os resultados obtidos em dentes humanos e bovinos, sendo os maiores valores observados para os dentes humanos.

Apesar da maior facilidade de obtenção dos dentes bovinos permitir melhor padronização das características de maturação da estrutura dental (TORRES¹²⁷, 2002), consideramos que a utilização de dentes humanos, para testes de resistência adesiva, reflete uma maior realidade quando comparada com a utilização clínica dos materiais

(NAKABAYASHI & PASHLEY⁷⁵, 1998) e, apesar de maior tempo para aquisição dos dentes, preferimos optar por este substrato.

Com a finalidade de padronizar as características de maturação da estrutura dental, estipulou-se uma idade entre 17 e 23 anos aos pacientes que por indicação ortodôntica ou cirúrgica, cederam os elementos dentais para a presente pesquisa. Os pacientes estavam cientes da utilização e a pesquisa está de acordo com as normas da bioética da Faculdade de Odontologia (Anexo A).

A dentina humana utilizada como substrato na presente pesquisa possui, em porcentagens do seu peso, 70% de substância inorgânica, 18% de substância orgânica e 12% de água. O principal componente inorgânico é a hidroxiapatita que é constituída principalmente, por colágeno que se apresenta em forma de fibrilas. Em seu processo de formação, inicialmente forma-se a matriz orgânica rica em colágeno, que fornece suporte e armação para a deposição da fase mineral (GARBEROGLIO & BRÄNSTON⁴³, 1976).

A dentina é caracterizada por numerosos túbulos e canalículos que a percorrem desde a polpa até a junção com o esmalte, característica que lhe proporciona a permeabilidade. Os túbulos dentinários seguem um trajeto levemente sinuoso, com numerosas ramificações ao longo de sua extensão. O diâmetro dos túbulos, que é de aproximadamente 0,9µm próximo à junção com o esmalte, aumenta gradativamente no sentido da polpa e, próximo à pré-dentina, é de aproximadamente 2,5µm. As anastomoses entre os túbulos são observadas entre 3 e 5µm, formando um ângulo de aproximadamente 45° (GARBEROGLIO & BRÄNNSTÖM⁴³, 1976; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997).

As paredes dos túbulos são constituídas por um tipo de dentina mais mineralizada, conhecida como dentina peritubular, que possui escassa matriz orgânica e poucas fibras colágenas. Entretanto, a maior parte da dentina é formada pela dentina intertubular localizada

entre os pilares de dentina peritubular e é formada por numerosas fibras colágenas que constituem uma espécie de malha. Na luz dos túbulos dentinários, em sua porção mais próxima à polpa, observam-se os prolongamentos dos odontoblastos e, por toda sua extensão, observa-se o fluido dentinário que promove a umidade intrínseca da dentina (NAKABAYASHI & PASHLEY⁷⁵, 1998).

Devido à mineralização fisiológica normal e progressiva, a composição do substrato dentinário pode variar ligeiramente, dependendo da idade do dente, ou também em diferentes regiões de um mesmo dente (YOSHIYAMA et al.¹⁴¹, 1996; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997; OGATA et al.⁸², 2001). Entretanto a média, em volume, da composição mineral da dentina deve ser relativamente constante em relação à profundidade, mesmo que a quantidade de dentina intertubular diminua gradativamente da dentina superficial para a dentina profunda. Isso provavelmente ocorre devido ao aumento da quantidade de dentina peritubular hipermineralizada, aproximadamente na mesma taxa da diminuição da quantidade de dentina intertubular, deixando uma média de conteúdo mineral muito semelhante nas dentinas superficial e profunda, o que não acontece com a dureza. A microdureza da dentina superficial é maior do que a da dentina profunda, devido à diminuição da rigidez da matriz de dentina intertubular à medida que nos aproximamos da polpa (NAKABAYASHI e PASHLEY⁷⁵, 1998).

Com relação à quantidade de colágeno, por unidade de volume, esta diminui da dentina superficial para a dentina profunda, provavelmente porque na dentina profunda o diâmetro dos túbulos dentinários é maior do que na dentina superficial. A dentina profunda apresenta acima de 22% de sua superfície ocupada por túbulos dentinários, comparada com aproximadamente 1% na dentina superficial (YOSHIYAMA et al.¹⁴⁰, 1995). O diâmetro da fibras de colágeno varia de 50 a 100nm e os espaços entre elas variam de 15 a 30nm (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993; YOSHIYAMA et al.¹⁴², 1996).

Como podemos perceber a dentina é um substrato naturalmente heterogêneo em sua morfologia e dinâmico em sua fisiologia, dificultando e tornando complexo o processo adesivo. Essa variação regional do substrato é um fator que pode interferir no desempenho dos materiais adesivos quando aplicados em diferentes regiões de dentina (YOSHIYAMA et al.¹⁴⁰, 1995; YOSHIYAMA et al.¹⁴², 1996; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997).

A inclinação e a direção dos túbulos dentinários podem interferir no processo adesivo (WATANABE et al.¹³⁹, 1996; OGATA et al.⁸², 2001). Evidentemente, devido à distribuição radial dos túbulos dentinários, as superfícies vestibulares e linguais apresentam diferentes direcionamentos dos túbulos. Com a finalidade de padronizar as variações induzidas na utilização das superfícies vestibulares e linguais, distribuímos os dezesseis espécimes de cada grupo em oito espécimes com superfícies vestibulares e oito com superfícies linguais, separados aleatoriamente. Dessa forma, um único dente proporcionou dois espécimes, reduzindo pela metade o número de dentes extraídos necessários para a pesquisa.

Outro fator de grande importância nas pesquisas de adesão é o meio de armazenamento e estocagem dos espécimes. Araújo et al.⁶ (1999), com a finalidade de comparar o efeito de diferentes meios de armazenamento de dentes humanos recém-extraídos e dentes bovinos na infiltração marginal de restaurações de resina composta, concluíram que a estocagem em freezer por vinte dias resultou na menor infiltração marginal, e o armazenamento em água destilada e a re-hidratação de dentes secos, promoveram a maior infiltração marginal.

É importante salientar que o crescimento bacteriano poderia induzir alterações no pH da solução (BURROW et al.²⁰, 1996; TORRES¹²⁷, 2002), o que fatalmente culminaria em alterações no substrato. Para evitar tal ocorrência, constatamos uma grande variedade de substâncias usadas: álcool a 50% (PIOCH et al.⁹⁰, 1999), álcool a 70%

(GWINNETT⁴⁶⁻⁹, 1992 e 1995), solução de glutaraldeído a 3% (KANCA III⁵⁹, 1992), azida sódica (SANO et al.¹⁰⁵⁻⁶, 1994 e 1995; BURROW et al.²⁰, 1996; CARVALHO et al.²³, 1996; NAKAJIMA et al.⁷⁸, 1999; BOUILLAGUET et al.¹⁶, 2001), cloramina (GWINNETT^{48,50}, 1994 e 1996; ARMSTRONG et al.⁸⁻¹⁰, 1996 e 1998; FRITZ & FINGER³⁹, 1999; PERDIGÃO et al.⁸⁷⁻⁸, 1999; INOUE et al.⁵⁶, 2001; SANARES et al.¹⁰³, 2001; TOLEDANO et al.¹²⁶, 2001), solução tampão de formaldeído a 10% (HARA et al.⁵¹, 2001) e solução salina (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993; EICK et al.³⁶, 1995; IWAMI et al.⁵⁷, 1998; PRATI et al.⁹²⁻³, 1999; HASHIMOTO et al.⁵², 2000).

A manutenção do substrato em soluções bactericidas ou soluções fixadoras poderia alterar o colágeno dentinário, causando sua desnaturação ou fixação, assim com a finalidade de manter a integridade do substrato o mais próximo possível das condições *in vivo*, evitando simultaneamente o crescimento bacteriano e a alteração do pH, utilizamos o armazenamento dos dentes em água destilada, estocados a -18°C, meio também utilizado em diversos estudos (WATANABE & NAKABAYASHI¹³⁷, 1993; GONÇALVES⁴⁵, 1997; AMENDOLA⁰⁴, 1999; HUHTALA⁵⁵, 1999; UEMURA¹²⁸, 1999; PHRUKKANON et al.⁸⁹, 2000; OGATA et al.⁸¹⁻², 1999 e 2001, ANIDO⁵, 2001).

A profundidade do substrato dentinário, onde se promove o processo adesivo, devido à variação morfológica regional da dentina, pode influenciar a qualidade de união sobre esse substrato (MITCHEM & GRONAS⁷⁴, 1986; SUZUKI & FINGER¹¹⁴, 1988; TAO & PASHLEY¹¹⁹, 1988; TAGAMI et al.¹¹⁵, 1990; PRATI & PASHLEY⁹¹, 1992; YOSHIYAMA et al.¹⁴², 1996; MILIA et al.⁷³, 1999; PRATI et al.⁹³, 1999; NISHITANI et al.⁷⁹, 2002). Yoshiyama et al.¹⁴⁰, em 1995, verificaram que a dentina superficial oferece maior resistência adesiva quando comparada com a dentina profunda; esses fatores associados às implicações da permeabilidade dentinária induziram a uma atenção maior quanto ao controle da profundidade do remanescente dentinário em 2mm ($\pm 0,1$ mm)

utilizando um espessímetro (HUTAHLA⁵⁵, 1999; UEMURA¹²⁸, 1999; AMENDOLA⁴, 1999; ANIDO⁵, 2001), diferentemente de trabalhos onde apenas o esmalte foi desgastado até a exposição da dentina subjacente (UNO & FINGER¹²⁹, 1995; ARMSTRONG et al.¹⁰, 1998; CARDOSO et al.²², 1998; BEDRAN DE CASTRO et al.¹²⁻⁴, 1999, 2000 e 2002; FRITZ & FINGER³⁹, 1999; ARIAS et al.⁷, 2001; ALEXANDER et al.³, 2002; COBB & MACGREGOR³⁰, 2002).

Por outro lado, Sano et al.¹⁰⁵, em 1994, utilizando superfície dentinária pequena com o teste de microtração, não observaram diferenças significativas entre a dentina superficial e a dentina próxima à polpa. Shono et al.¹¹¹, em 1999, também utilizaram dentina superficial e profunda na verificação da resistência adesiva, variando os operadores. Concluíram que as maiores diferenças foram relacionadas com a técnica e não com as diferenças na dentina.

Finger & Balkenhol³⁸, em 1999, avaliaram o efeito do desempenho do selamento marginal em restaurações de resina composta, com a variação do operador. Observaram uma variação significativa entre operadores e concluíram que a aplicação de sistemas adesivos é uma técnica extremamente sensível e necessita de uma atenção meticulosa. Por esses motivos, um único operador realizou os procedimentos adesivos no presente estudo.

Durante a realização do estudo piloto, realizado anteriormente aos trabalhos práticos da presente pesquisa, trabalhamos com espessuras do remanescente dentinário em 1mm, 2mm e 3mm ($\pm$ 0,1mm); entretanto, para a espessura de 1mm ($\pm$ 0,1mm), o remanescente dentinário nas superfícies vestibulares e linguais apresentou-se extremamente fino, o que poderia levar a falhas coesivas de dentina; para a espessura de 3mm ($\pm$ 0,1mm), muitas vezes após a remoção do esmalte, a dentina não apresentava essa espessura, por esse motivo optamos pela padronização da espessura, razão pela qual

optamos pela padronização do remanescente dentinário dos espécimes em 2mm ($\pm 0,1$ mm).

Para facilitar o desgaste e o aplainamento, os dentes foram parcialmente embutidos em resina acrílica (AMENDOLA⁴, 1999; HUHTALA⁵⁵, 1999), com o auxílio de uma matriz de silicone retangular com dimensões aproximadas de 4cm de comprimento, 2cm de largura e 1cm de profundidade, permanecendo a face vestibular ou lingual exposta. Takemori et al.¹¹⁶, em 1993, realizaram um trabalho concluindo que tal procedimento não interfere nos resultados dos testes de resistência adesiva. Este embutimento facilitou a adaptação e fixação na base metálica para o correto alinhamento durante a realização dos ensaios de cisalhamento na máquina Instron.

Durante o preparo mecânico da cavidade ocorre a formação de uma coleção ou mistura de debris sobre a superfície dentinária, resultante do corte ou desgaste do esmalte, dentina e cimento, que normalmente é contaminada *in vivo* com saliva, células sangüíneas ou bactérias, denominada *smear layer*, lama dentinária ou camada de esfregaço (EICK et al.³⁵, 1970; WATANABE & NAKABAYASHI¹³⁷, 1993). Esta camada de esfregaço aderida à superfície dentinária merece especial consideração e é tratada de forma distinta de acordo com o tipo de sistema adesivo utilizado. A padronização da *smear layer* produzida artificialmente é recomendada para os testes de resistência adesiva, uma vez que esta pode interferir diretamente nos resultados (GWINNETT⁴⁷, 1993; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997; KOIBUSHI et al.⁶⁶, 2001). A utilização de lixas de granulação decrescente (320, 400, 600) teve o objetivo de uniformizar a *smear layer* nas superfícies preparadas para receber os diferentes tratamentos dentinários e sistemas adesivos.

O efeito da área adesiva na resistência de união foi estudado por Sano et al.¹⁰⁴ em 1994, que empregando a microtração, avaliaram a resistência adesiva dentro de um largo espectro de

dimensões de área e demonstraram haver uma relação inversa entre a área de união e respectiva resistência adesiva. Observaram também uma maior frequência de fraturas adesivas em áreas menores.

A definição da dimensão da superfície adesiva foi baseada no "Guia de Teste de Adesão à Estrutura Dentária" (ISO*) e estipulada em 3mm, uma vez que áreas maiores poderiam induzir um número maior de fraturas coesivas.

Quando esta área adesiva é submetida a uma carga, a resistência de união à dentina é determinada pelo somatório da adesão da *camada híbrida* na dentina intertubular e a retenção proporcionada pelos prolongamentos da resina adesiva dentro dos túbulos dentinários, desde que também ocorra a hibridização nessa superfície (PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997).

Outros fatores componentes desta interface também devem ser considerados, como a resina composta, o adesivo dentinário, as fibras colágenas, a dentina desmineralizada e a dentina mineralizada. Todos esse elementos são extremamente exigidos quando ocorre à aplicação da carga, e as tensões serão absorvidas pelo conjunto. A ruptura terá início no ponto mais fraco, que pode estar na interface ou na intimidade de um dos componentes. Como resultado, observa-se uma falha catastrófica que, após o início no ponto de maior fragilidade, se propaga podendo comprometer os elementos adjacentes (TAY et al.¹²⁴, 2000).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Dental materials:** guidance on testing of adhesion o tooth structure. Geneve: ISO, 1994. (ISO TR 11405).

Os materiais empregados neste estudo com a finalidade de promover a união da resina composta ao substrato dentinário diferem em relação ao seu mecanismo de ação. O Scotchbond Multi Uso (3M) assim como o Single Bond (3M) utilizam o condicionamento prévio da dentina com solução ácida (ácido fosfórico a 35%), promovendo simultaneamente a remoção da *smear layer* e da porção superficial da estrutura mineral que promove a sustentação da rede de colágeno. Esse espaço será posteriormente substituído pelos monômeros resinosos presentes no *primer* e no adesivo (NAKABAYASHI et al.⁷⁷, 1982). Assim ocorre a formação da *camada híbrida*, formada pelas fibras colágenas sustentadas pela resina (monômero resinoso), com propriedades distintas das estruturas que lhe deram origem e dessa forma, não é nem resina, nem dente, mas sim um composto dos dois materiais (NAKABAYASHI et al.⁷⁷, 1982).

O solvente orgânico presente em ambos os sistemas é o álcool e a água. Esses adesivos diferem pela presença do *primer* no Scotchbond Multi Uso (3M), responsável pelo molhamento ou umedecimento, preparando a superfície dentinária para posterior infiltração do adesivo. O sistema adesivo Single Bond (3M) apresenta em um único frasco ambos os componentes (*primer* e adesivo) facilitando a utilização e diminuindo o tempo de trabalho.

A utilização do hipoclorito de sódio a 10 %, um agente proteolítico não específico (AD-Gel - Kuraray), posteriormente ao condicionamento ácido, promove a remoção do substrato orgânico da dentina. Após a remoção da *smear layer* e da estrutura mineral que suporta a rede de colágeno pelo condicionamento ácido, o AD-Gel remove também a rede de colágeno, facilitando a difusão dos monômeros resinosos na porção mineralizada da dentina. A superfície dentinária após a desproteinização com AD-Gel apresenta-se extremamente rugosa, com evidências do aumento da área de superfície (GWINNETT⁴⁸, 1994; WAKABAYASHI et al.¹³⁶, 1994; PIOCH et al.⁹⁰, 1999). O hipoclorito de

sódio a 10 % é bastante instável, por isso seu prazo de utilização do AD-Gel é de apenas seis meses.

Os sistemas conhecidos como autocondicionantes dispensam a utilização do condicionamento com solução ácida (ácido fosfórico) e a subsequente lavagem, eliminando-se dessa forma a difícil tarefa de manter a umidade ideal da superfície dentinária. Nesses sistemas a superfície dentinária é tratada por uma solução acidificada que tem o papel de dissolver a fase mineral da *smear layer*, promovendo a incorporação de parte desta na interface adesiva, formando assim uma *camada híbrida* pouco espessa, porém uniformemente infiltrada (YOSHIYAMA et al.¹⁴², 1996). Esses sistemas podem ser classificados em dois grupos distintos: *primer* autocondicionante e adesivo autocondicionante (DIAS et al.³⁴, 2002).

No *primer* autocondicionante, a solução acidificada apresenta-se separada do monômero resinoso (adesivo). Essas substâncias são utilizadas separadamente, caracterizando um sistema adesivo de dois passos (Clearfil SE Bond – Kuraray). Nos adesivos autocondicionantes, embora a solução acidificada apresente-se separada do monômero resinoso (adesivo), essas duas substâncias são utilizadas conjuntamente após a mistura. Dessa forma uma única solução é responsável pela desmineralização da superfície dentinária e infiltração do monômero resinoso (adesivo), caracterizando um sistema adesivo de passo único (One-Up Bond F - Tokuyama).

Para melhor visualização e interpretação dos modos de fratura que acontecem em magnitude reduzida, torna-se fundamental o auxílio de lentes de aumento ou microscopia (ARMSTRONG et al.⁰⁹, 1998). Para isso, no presente estudo optou-se pela análise do modo de fratura dos espécimes em microscopia óptica (40 X), visualizando todos os elementos constituintes da união e interpretando os eventos que levaram ao rompimento. Essa visualização em magnitude elevada apresenta informações importantes para a interpretação dos resultados.

Com os materiais distintos e a metodologia empregados na presente pesquisa, testamos a hipótese de que diferentes tratamentos dentinários e sistemas adesivos interferem significativamente na resistência de união.

Dentre os diversos testes laboratoriais disponíveis para avaliação da união adesiva resina/dente, destacam-se os testes de cisalhamento, tração e microtração. Devido à grande popularidade, a metodologia para confecção dos espécimes e execução dos ensaios tornou-se bastante difundida. Na presente pesquisa empregamos o teste de cisalhamento que, apesar dos inconvenientes, vem sendo aplicado por inúmeros pesquisadores, e seus resultados podem contribuir para a avaliação da resistência adesiva (MITCHEM & GRONAS⁷⁴, 1986; GWINNETT⁴⁶⁻⁸, 1992,1993 e 1994; KANCA III⁵⁹⁻⁶¹, 1992,1996 e 1998; PRATI & PASHLEY⁹¹, 1992; BARKMEIER & TRIOLO JUNIOR¹¹, 1995; GWINNETT & YU⁴⁹, 1995; FUJITA et al.⁴¹, 1996; GWINNETT et al.⁵⁰, 1996; GONÇALVES⁴⁵, 1997; CHERSONI et al.²⁷⁻⁸, 1997 e 1998; IWAMI et al.⁵⁷, 1998; KANCA III & SANDRIK⁶¹, 1998; PRISCO et al.⁹⁴, 1998; SABOIA & PIMENTA⁹⁷⁻⁸, 1998 e 1999; AMENDOLA⁴, 1999; BEDRAN DE CASTRO et al.¹²⁻⁴, 1999, 2000 e 2002; PERDIGÃO et al.⁸⁷, 1999; PRATI et al.⁹², 1999; AGUILERA et al.², 2000; BRISO et al.¹⁸, 2000; SABOIA et al.^{99,100}, 2000 e 2001; ANIDO⁵, 2001; ARIAS et al.⁷, 2001; HARA et al.⁵¹, 2001; ROSALES LEAL et al.⁹⁵, 2001; ALEXANDER et al.³, 2002; CEDERLUND et al.²⁵, 2002; COBB & MACGREGOR³⁰, 2002; DEWET et al.³³, 2002; LATA & HALD⁶⁸, 2002; OONSOMBAT & DENEHY⁸³, 2002).

Nos testes de cisalhamento a união adesiva resina/dente será rompida por uma força aplicada paralelamente à interface adesiva, utilizando-se uma haste metálica ou uma alça de fio de aço justaposta o mais próximo possível da interface adesiva. Esse tipo de teste tornou-se muito freqüente para a avaliação da resistência de união; porém, a falta de padronização da geometria do corpo de prova, da área utilizada para união, da profundidade do substrato e da velocidade utilizada no ensaio

pode comprometer a comparação direta dos diferentes estudos, entre diferentes laboratórios (SANO et al.¹⁰⁴, 1994; VAN NOORT et al.¹³⁴, 1989; SUDSANGIAM & VAN NOORT¹¹³, 1999).

A crítica freqüentemente dirigida ao teste de cisalhamento, é que o mesmo induz a falha da união adesiva em um plano determinado pelo teste e não pela própria característica da interface adesiva, ou seja, no teste de cisalhamento a fratura se inicia no ponto onde a haste aplica a força, propagando-se para o interior do substrato testado, e pode não ocorrer no ponto mais fraco (interface adesiva) (SANO et al.¹⁰⁵ 1994). Apesar do fundamento da crítica, as forças às quais as restaurações são submetidas durante os movimentos excursivos da mandíbula e mastigação, quando colocadas clinicamente em função, são predominantemente de cisalhamento. Raramente encontram-se forças de tração, que ocorrem somente quando da mastigação de alimentos pegajosos. Tay et al.¹²⁴ (2000) afirmaram que, clinicamente, a adesão resina/dentina não falha normalmente por forças de tração.

Van Noort et al.¹³⁴ (1989) empregaram a análise por elemento finito no teste de cisalhamento e demonstraram que existe influência significativa da distância entre o ponto de aplicação da carga e a interface adesiva. Quando ocorre o aumento desta, aumenta também o "momento de dobramento", que ocasiona diferenças significativas nos resultados, pois a falha adesiva provavelmente começa na superfície do material e não na interface adesiva dente/resina.

Cardoso et al.²² (1998) utilizaram três diferentes sistemas adesivos que foram submetidos aos testes de resistência adesiva ao cisalhamento, tração e microtração. Os resultados demonstraram não haver alteração na ordem dos sistemas adesivos nos diferentes testes aplicados, ou seja, apesar de apresentarem diferentes médias para resistência adesiva em cada teste, o mesmo sistema adesivo apresentou o melhor desempenho em ambos os testes, o que ocorreu também com os adesivos que apresentaram desempenhos intermediário e pior.

Dessa maneira, observa-se que um dos principais problemas no teste de cisalhamento é a manutenção do correto alinhamento do corpo de prova durante o ensaio, para evitar a orientação inadequada da carga ao longo do cilindro de resina, distanciando-se da interface adesiva. Neste estudo, um dispositivo especialmente preparado foi utilizado, com o objetivo de manter a padronização dos ensaios e a manutenção do requerido alinhamento, de acordo com o "Guia de Teste de Adesão à Estrutura Dentária" (ISO*). Ainda com o objetivo de eliminar qualquer fator que possibilitasse a interferência no posicionamento correto da ponta para o ensaio de cisalhamento, os possíveis excessos de adesivo que se encontravam fora da interface adesiva foram verificados e removidos com uma lâmina de bisturi. Caso essa película de adesivo estivesse situada ao redor do cilindro poderia promover um deslocamento mínimo da ponta de ensaio para cisalhamento, induzindo a aplicação da carga ao longo do cilindro de resina composta, fator que, necessariamente, poderia resultar em interpretação errônea dos resultados.

Finalmente, consideramos que as fraturas que acontecem clinicamente são influenciadas por variáveis como saliva, bactérias, ácidos, temperatura e cargas cíclicas com direcionamento variável (BURROW et al.²⁰, 1996; SANO et al.¹⁰⁸, 1999; DAGOSTIN & FERRARI³¹, 2001; HASHIMOTO et al.⁵²⁻⁴, 2000 e 2001), enquanto que no teste laboratorial a fratura é induzida por uma carga estática e única, sem a interferência de todas essas variáveis.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Dental materials:** guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneve: ISO, 1994. (ISO TR 11405).

Portanto, a interpretação dos resultados de resistência de união deve restringir-se a comparações das propriedades dos materiais e das condições dos tratamentos dentinários que poderiam favorecer a resistência à fratura, sem comparações ou interpretações clínicas sobre a resistência de união.

6.2 Dos resultados

Os materiais empregados neste estudo diferem em relação ao mecanismo de adesão à dentina. Foram selecionados dois sistemas adesivos convencionais que baseiam-se na técnica do condicionamento ácido da dentina com ácido fosfórico como etapa inicial do processo adesivo (Scotchbond Multi Uso - 3M e Single Bond - 3M), um sistema que faz uso de uma solução de monômeros resinosos acidificados como primeira etapa, seguida da aplicação do adesivo propriamente dito (Clearfil SE Bond - Kuraray) e outro sistema onde utiliza-se uma única solução com monômeros acidificados e o agente adesivo propriamente dito (One-Up Bond F - Tokuyama). Todos eles desenvolvem uma adesão micromecânica com formação da *camada híbrida*, embora existam diferenças ultra-estruturais entre as áreas de interdifusão (VAN MEERBEEK et al.¹³⁰⁻¹, 1992 e 1996). Os sistemas adesivos convencionais também foram utilizados com a aplicação do hipoclorito de sódio à 10% (AD Gel - Kuraray) após o condicionamento ácido, promovendo a desproteinização da dentina desmineralizada e a remoção da rede de colágeno propiciando uma adesão sem a formação

da *camada híbrida* (GWINNETT⁴⁸, 1994; WAKABAYASHI et al.¹³⁶, 1994; PERDIGÃO et al.⁸⁸, 1999).

No presente trabalho, os resultados de resistência de união obtidos para os sistemas adesivos são coerentes com os resultados da literatura consultada, quando a mesma técnica é empregada. Tay et al.¹²⁴, (2000) afirmaram que os resultados dos valores de resistência de união entre a resina composta e a dentina, utilizando-se sistemas adesivos, pode variar aproximadamente de 15 a 25MPa com testes de cisalhamento. Neste estudo as médias de resistência adesiva obtidas estão de acordo com esses valores.

Quando os valores são observados individualmente, para os sistemas adesivos convencionais, o SB apresentou valor médio de resistência adesiva de 20,96MPa, resultado semelhante ao relatado por Perdigão et al.⁸⁷ (1999), que utilizaram o sistema adesivo SB em testes de cisalhamento, apresentando valores médios de resistência adesiva de 21,0 MPa. Alexander et al.³ (2002) também trabalharam com SB, e verificaram que a temperatura pode influenciar na resistência adesiva. Para os espécimes resfriados (15°C), a média de resistência de união ao cisalhamento foi de 15,03MPa; em temperatura ambiente (21°C) 26,65MPa, e, aquecidos (50°C), 20,35MPa.

Para o sistema adesivo SBMP, os valores médios de resistência adesiva foram de 17,21 MPa, muito próximos, ao resultado de Anido⁵ (2001) (16,88 MPa), que trabalhou com a mesma espessura de dentina, utilizando o teste de cisalhamento utilizando dentes anteriores. Burrow et al.²¹ (1994) e Prati et al.⁹² (1999) utilizaram o SBMP e alcançaram valores de resistência adesiva de 16,0 e 16,1MPa, respectivamente. Porém, Gonçalves⁴⁵ (1997) e Amendola⁴ (1999) apresentaram valores de resistência adesiva de 7,28MPa e 11,198MPa, respectivamente, entretanto utilizaram dentes bovinos e uma área de adesão com diâmetro de 4mm.

Quando o ácido fosfórico a 35% é aplicado sobre a dentina e, em seguida, lavado com água, ocorre a dissolução da *smear layer*, a desmineralização dos cristais de apatita e também pode haver a remoção de proteínas não-colágenas normalmente associadas à fibra de colágeno (fosforina, sialoproteína dentinária e glicosaminoglicanas), expondo a matriz de colágeno, permitindo que a mesma sirva de estrutura para a infiltração do agente adesivo a uma profundidade de aproximadamente 2 a 7 μ m (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993; PASHLEY & CARVALHO⁸⁴, 1997) formando a *camada híbrida*. Evidentemente que esta profundidade de desmineralização varia, dependendo de vários fatores como o tipo, o tempo, a concentração, o pH e a viscosidade do ácido, como também as características do substrato.

A profundidade de desmineralização maior que 4 μ m proporcionada por tempo excessivo ou concentração elevada do condicionamento ácido propicia uma desmineralização muito profunda (PASHLEY et al.⁸⁴, 1993), formando uma área onde a dentina desmineralizada poderá não ser corretamente impregnada pelo monômero resinoso (SANO et al.¹⁰⁵, 1994; KATO & NAKABAYASHI⁶⁴, 1998; HASHIMOTO et al.⁵³, 2000).

Entretanto, tão importante quanto a extensão da desmineralização é a preservação dos espaços interfibrilares (15 a 30nm) para posterior infiltração do monômero resinoso. Após a remoção do ácido, a água será responsável pela sustentação das fibras, que apresentam baixo módulo de elasticidade, em condição expandida, mantendo a permeabilidade intradentinária necessária para a difusão do monômero resinoso.

A permeabilidade da zona desmineralizada está diretamente ligada ao controle da umidade de superfície após o condicionamento ácido. A manutenção da permeabilidade correta é uma variável crítica no processo adesivo dentinário (VAN MEERBEEK et al.¹³², 1998). Quando a matriz de colágeno, exposta pelo processo de

desmineralização, é seca com jato de ar, contrai cerca de 65% do seu volume (CARVALHO; et al.²³, 1996). A contração da dentina desmineralizada varia de acordo com o tempo de secagem (RUBEN & ARENTS⁹⁶ 1993) prejudicando sensivelmente o processo de adesão, causando colapso das fibras colágenas, reduzindo os espaços interfibrilares e comprometendo a permeação dos agentes resinosos (GWINNETT⁴⁶, 1992; PASHLEY et al.⁸⁴⁻⁵, 1993 e 1997; KANCA III⁶⁰, 1996). O colapso das fibras colágenas pode ocorrer não somente pela falta de robustez das fibras, mas também pela alta concentração do íon de hidrogênio na solução, o que elevaria consideravelmente a força iônica (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993).

O condicionamento ácido, teoricamente, forma uma matriz composta por aproximadamente 30% de colágeno e 70% de água, que conjuntamente com as proteínas não-colágenas presentes ao longo das fibras de colágeno, formam um hidrogel (PASHLEY et al.⁸⁴, 1993), que proporciona a hidratação do substrato dentinário descalcificado.

O excesso de umidade também pode comprometer o correto preenchimento dos espaços interfibrilares devido à solubilização excessiva do monômero resinoso, alterando suas qualidades originais que permitiriam um bom padrão de hibridização. Tay et al.¹²¹⁻² (1996) demonstraram que a resistência adesiva de sistemas à base de acetona à dentina, em condições extremas (ressecada e molhada), é igualmente baixa.

Se por um lado existe o benefício da difusão dos monômeros resinosos por entre os espaços das fibras colágenas, na porção superficial, formando um área de adesivo misturado com fibras colágenas que possui alto módulo de elasticidade, o que favorece a absorção de forças da contração de polimerização da resina composta, servindo como um "amortecedor" para diminuir as diferenças nos módulos de elasticidade e de coeficientes de expansão dos dois substratos (UNO & FINGER¹²⁹, 1995), por outro lado, a formação de uma camada híbrida

sem o correto envolvimento das fibras colágenas pelo monômero resinoso promove a formação de uma área suscetível à hidrólise e à microinfiltração (SANO et al.¹⁰⁵, 1994; KATO & NAKABAYASHI⁶⁴, 1998; HASHIMOTO et al.⁵², 2000).

Tay et al.¹²⁴ (2000) estudaram em MEV e MET a ruptura mecânica das fibras de colágeno na interface dentina/resina, utilizando a técnica de dentina úmida e a secagem com ar por cinco segundos. Observaram que o monômero resinoso bem infiltrado aumenta a resistência da dentina desmineralizada, não permitindo a deformação das fibras colágenas durante os testes de resistência adesiva, aspecto também relatado por Miguez et al.⁷² (2002). Porém, quando o monômero resinoso é pobremente infiltrado devido ao colapso das fibras colágenas, ocorre no local de rompimento mecânico a deformação plástica das fibras colágenas, com alongamento e redução do seu diâmetro, quando comparadas com as fibras intactas. Afirmaram que os locais das fraturas são caracterizados pela perda de continuidade fibrilar, exposição subfibrilar e uma grosseira desagregação das microfibrilas dispersas rompidas. Por outro lado quando a dentina desproteínizada é submetida ao teste de cisalhamento, Pioch et al.⁹⁰ (1999) observaram o arrancamento dos *tags* de resina do interior dos túbulos ou a fratura dos mesmos.

Nos sistemas adesivos autocondicionantes, que não utilizam o passo operatório do condicionamento ácido da superfície dentinária com ácido fosfórico, utilizando técnica simplificada, os valores de resistência adesiva foram para o CSEB, 24,362 MPa e para o OBF, 17,35MPa. Strukowska et al.¹¹² (2002) relataram valores de resistência adesiva muito semelhantes, 25,0MPa para o CSEB e 18,0MPa para o OBF, porém afirmaram que os valores de resistência adesiva ao esmalte foram menores. Cobb & MacGregor³⁰ (2002) também avaliaram o OBF e o sistema adesivo convencional SB em teste de cisalhamento; relataram valores de resistência adesiva ligeiramente inferiores: 14,3MPa para o

OBF e 18,0MPa para o SB, porém utilizaram uma superfície de adesão de 3,5mm de diâmetro. Lata & Hald⁶⁸, (2002) também relataram valores menores de resistência adesiva para o CSEB (21,6MPa) e afirmaram que o aumento do tempo de utilização do *primer* acidificado no CSEB diminui a resistência adesiva.

Tay & Pashley¹²⁰, em 2001, após a observação em MET, classificaram os sistemas adesivos autocondicionantes em brandos - (CSEB), com camada híbrida de espessura entre 0,4 e 0,5µm, sendo que a *smear layer* e os *smear plugs* estavam presentes, porém incorporados no processo de hibridização; moderados -(Non-rinse Conditioner e Prime Bond NT - Dentsply), onde observaram a dissolução completa da *smear layer* e *smear plugs*; entretanto, permaneceram parcialmente retidos na camada híbrida (1,2 a 2,2µm); e agressivos -(Prompt L Pop - Espe), onde a *smear layer* e os *smear plugs* foram completamente solubilizados e apresentavam camada híbrida de 2,5 a 5,0µm. Observaram que os sistemas autocondicionantes agressivos apresentam um padrão de desmineralização semelhante aos sistemas convencionais e que a espessura da camada híbrida não está relacionada com a resistência adesiva (YOSHIYAMA et al.^{140,143}, 1995 e 1998; PHRUKKANON et al.⁸⁹, 2000).

Os sistemas autocondicionantes diferem em relação à estratégia de adesão. O sistema adesivo CSEB apresenta uma solução ácida, responsável pela dissolução da fase mineral da *smear layer* e desmineralização da superfície dentinária sólida subjacente, e outra solução contendo os monômeros resinosos é aplicada sobre esta superfície. No sistema adesivo OBF, uma única solução é responsável pela desmineralização de superfície e infiltração dos monômeros adesivos, ou seja, o *primer* acidificado é utilizado misturado ao monômero adesivo em uma única aplicação.

Para os sistemas autocondicionantes, a aplicação do *primer* acidificado sobre a *smear layer*, sem nenhum tratamento prévio

desmineralizante, elimina a necessidade de controle inicial da umidade de superfície, formando uma *camada híbrida* uniformemente infiltrada, porém de pequena espessura (SANO et al.¹⁰⁷, 1995), podendo ser observadas partículas da *smear layer* englobadas na *camada híbrida* (TANUMIHARJA et al.¹¹⁸, 2000). Se considerarmos exclusivamente os efeitos da umidade nesses sistemas, poderíamos esperar uma maior uniformidade de resultados, uma vez que as variações morfológicas regionais da dentina estariam encobertas pela *smear layer*. Nossos resultados demonstraram claramente uma uniformidade de valores de adesão para o sistema adesivo OBF, porém para o sistema adesivo CSEB foi observado justamente o contrário, com maior variância dos resultados. Talvez a aplicação separada do *primer* acidificado possa induzir uma profundidade de desmineralização diferente da profundidade de difusão, como nos sistemas adesivos convencionais, alterando o padrão de hibridização e a uniformidade dos resultados.

Pesquisas realizadas *in vivo* para avaliação do desempenho dos sistemas adesivos, são um parâmetro importante para fazermos a correlação dos resultados obtidos em testes laboratoriais e o real desempenho desses materiais quando aplicados em situação clínica. As avaliações *in vivo*, a longo prazo, tornam-se de extrema importância para avaliar esses materiais, Denehy et al.³² (2002) trabalharam *in vivo* com adesivos autocondicionantes e convencionais durante dois anos, não observaram diferenças no desempenho clínico e afirmaram que os sistemas autocondicionantes apresentam desempenho clínico igual aos sistemas adesivos convencionais, conclusão semelhante à de Kitasako et al.⁶⁵ (2000) e Boghosian¹⁵ (2002). Entretanto, Fritz & Finger³⁹ (1999), também compararam sistemas adesivos autocondicionantes e convencionais, observando maior quantidade de fendas com os adesivos autocondicionantes.

Outro fator importante na permeação dos monômeros resinosos é a velocidade de difusão. Os sistemas adesivos que possuem

o Bis-GMA e o TEGDMA não apresentam boa velocidade de difusão, pois esses monômeros são altamente hidrofóbicos, enquanto que os adesivos que possuem HEMA, que é hidrofílico e possui baixo peso molecular, apresentam difusão fácil e rápida (WATANABE & NAKABAYASHI¹³⁷, 1993; WATANABE et al.¹³⁸, 1994; ROSALES-LEAL et al.⁹⁵, 2001).

A substância na qual o monômero resinoso é diluído pode facilitar ou prejudicar o procedimento de difusão (ERICKSON³⁷, 1992). A água, por ser de difícil evaporação prejudica o processo de difusão e interfere na polimerização dos monômeros. As soluções à base de álcool e acetona, por apresentarem maior volatilidade, são mais indicadas para proporcionar um padrão de difusão adequado. Os monômeros adesivos são altamente solúveis em acetona (PASHLEY et al.⁸⁶, 1998); porém o álcool e a acetona não conseguem promover a re-expansão das fibras colágenas colapsadas com a mesma precisão que a água (TAY et al.¹²¹⁻², 1996).

Os resultados obtidos na presente pesquisa com a desproteinização da superfície dentinária com hipoclorito de sódio a 10%, utilizando o AD Gel (Kuraray), estão de acordo com os trabalhos de Gwinnett⁴⁸ (1994), Chersoni et al.²⁷⁻⁸ (1997 e 1998), Armstrong et al.⁹⁻¹⁰ (1998) e Aguilera et al.² (2000), que afirmaram que a desproteinização não interferia na resistência adesiva. Vargas et al.¹³⁵ (1997) trabalharam com o sistema SBMP, verificando a resistência adesiva ao cisalhamento. Relataram valores de 17,37MPa (SBMP) e 16,83MPa (NaClO + SBMP), resultados próximos ao da presente pesquisa (SBMP = 17,218MPa e SBMPH = 14,169). Para ambos os sistemas adesivos avaliados em nosso trabalho, os valores de resistência adesiva foram reduzidos, porém, sem significância estatística.

Prati et al.⁹² (1999) também trabalharam com os sistemas adesivos SB e SBMP, porém, verificaram que a desproteinização diminuiu a resistência adesiva para ambos os sistemas. Afirmaram que a aplicação do hipoclorito de sódio resulta na abertura dos túbulos dentinários,

facilitando as vias de acesso para o monômero resinoso. Denominaram de "camada híbrida reversa" a difusão do adesivo em canais extremamente reduzidos, formados por minerais dentinários, anteriormente ocupados pelo colágeno. Entretanto, alguns autores (MARSHALL et al.⁷⁰, 1997; CASTIGLIA et al.²⁴, 1999; CEDERLUND et al.²⁵, 2002; SALIM et al.¹⁰², 2002; SANTOS et al.¹⁰⁹, 2002), relataram a redução da resistência adesiva.

Ainda com relação à resistência adesiva, os trabalhos de Fujita et al.⁴⁰⁻¹ (1990 e 1996); Ciuchi et al.²⁹ (1994); Armstrong et al.⁸ (1996); Saboia & Pimenta⁹⁷⁻⁸ (1998 e 1999); Bedran de Castro et al.¹²⁻⁴ (1999, 2000 e 2002); Briso et al.¹⁸ (2000); Phrukkanon et al.⁸⁹ (2000); Saboia et al.^{99,100} (2000 e 2001) relataram um aumento significativo da resistência adesiva, utilizando sistemas adesivos na dentina ácido-condicionada e desproteinizada.

A camada de colágeno essencial para formação da *camada híbrida* pode não ser fundamental no mecanismo de adesão entre a resina e a dentina, podendo ser obtido altos valores de resistência adesiva na sua ausência (GWINNETT⁴⁸, 1994; UNO & FINGER¹²⁹, 1995; ARMSTRONG et al.^{8,10}, 1996 e 1998; GWINNETT et al.⁵⁰, 1996; CHERSONI et al.²⁷⁻⁸, 1997 e 1998; VARGAS et al.¹³⁵, 1997; KANCA III & SANDRIK⁶², 1998). Porém as divergências na literatura, no que se refere à resistência adesiva, podem estar relacionadas com as diferentes metodologias utilizadas nas pesquisas, ou seja, a falta de padronização em relação ao tempo de aplicação, concentração e viscosidade do hipoclorito de sódio.

A combinação do hipoclorito de sódio com a utilização prévia de diferentes ácidos pode resultar em uma remoção parcial ou total da rede de colágeno. A aplicação do hipoclorito de sódio após o ácido oxálico não remove totalmente as fibras de colágeno (GOBBI et al.⁴⁴, 2002). Dessa forma, é necessário o tratamento da superfície dentinária com um ácido forte, como o ácido fosfórico, para que a desproteinização

com hipoclorito remova completamente as fibras colágenas, permitindo o surgimento de uma superfície altamente mineralizada com características semelhantes ao esmalte (SAKAE et al.¹⁰¹, 1988). A aplicação do hipoclorito de sódio sobre a *smear layer* intacta não promove modificações significativas (PRATI et al.⁹², 1999).

Segundo Toledano et al.¹²⁵ (1999) o ácido aumenta a rugosidade e a molhabilidade dentinária. O posterior tratamento com hipoclorito de sódio também aumenta a molhabilidade dentinária e a abertura dos túbulos proporcionando a formação de *tags* mais volumosos que poderiam contribuir para melhorar a resistência adesiva (CHAPPELL et al.²⁶, 1994). A utilização do hipoclorito de sódio também ajuda na desinfecção do preparo cavitário (TANAKA & NAKAI¹¹⁷, 1993).

Piochi et al.⁹⁰ (1999) trabalhando com hipoclorito de sódio a 10% durante 60s, após o condicionamento com ácido fosfórico, verificaram a formação de uma camada de interpenetração do adesivo na dentina desproteinizada de 0,2µm, resultado semelhante ao obtido por Gwinnett et al.⁵⁰, 1996. Entretanto, essa profundidade de difusão difere da profundidade de desmineralização proporcionada pelo condicionamento ácido, de 2 a 7 µm (PASHLEY et al.⁸⁵, 1993), podendo ocorrer diferença entre a profundidade de desmineralização e a profundidade da camada de interdifusão do adesivo na dentina desproteinizada. Há necessidade de estudos mais aprofundados para elucidar a ocorrência desse fato.

A análise do tipo de fratura, em nosso estudo, está de acordo com os trabalhos de Phrukkanon et al.⁸⁹ (2000), Sanares et al.¹⁰³ (2001) e O'Keefe et al.⁸⁰ (2002), que demonstraram fraturas adesivas predominantes, embora também tenha ocorrido pequeno número de fraturas mistas. A utilização do hipoclorito de sódio não influenciou no padrão de fratura; o sistema adesivo CSEB apresentou o maior número de fraturas mistas e também a maior média de resistência adesiva, porém, o sistema OBF apresentou o maior número de fraturas adesivas, não demonstrando a menor resistência adesiva.

A utilização clínica de sistemas adesivos é uma técnica extremamente sensível, dependente de variáveis que exigem do cirurgião dentista cuidados que se estendem desde o preparo cavitário até o polimento final. Finger & Balkenhol³⁸(1999) verificaram as diferenças na utilização de sistemas adesivos entre cinco cirurgiões dentistas graduados de um a dez anos. Os resultados mostraram uma variação significativa entre os cirurgiões dentistas. Concluíram que a aplicação de sistemas adesivos é uma técnica delicada e que necessita de meticulosa atenção às instruções de uso. Alguns fatores são extremamente importantes no desempenho clínico dos sistemas adesivos, sendo que a observação correta dos mesmos induz a um padrão de hibridização correto.

A evaporação dos elementos constituintes dos sistemas adesivos durante a utilização clínica pode complicar o processo adesivo. Os frascos devem permanecer o mínimo tempo possível abertos, e a dispersão do adesivo deve ser feita o mais próximo possível do momento da utilização, pois existe a possibilidade de perda da massa dos sistemas adesivos por evaporação, alterando a proporção solvente/monômero, o que acarretaria problemas com a difusão no substrato dentinário. Esse fato ocorre com maior frequência nos adesivos à base de acetona (ABATE et al.¹, 2000).

O tipo de ponta utilizada no preparo cavitário (fina, super fina ou carbide) pode formar *smear layer* com diferentes espessuras, dificultando o processo adesivo, principalmente nos sistemas adesivos autocondicionantes (INOUE et al.⁵⁶, 2001; DIAS et al.³⁴, 2002).

Os fabricantes recomendam que a superfície dentinária seja mantida úmida para a utilização dos sistemas adesivos; entretanto, não especificam um método de secagem que permita uma padronização da umidade de superfície. A secagem com papel absorvente, utilizada neste estudo, é preferida à secagem com ar, pois evita "espalhamentos" e eventual acúmulo de água em ângulos internos da cavidade (TAY et al.¹²¹⁻², 1996). A umidade superficial influencia de forma mais expressiva os

adesivos convencionais e à base de acetona do que os adesivos autocondicionantes (IWAMI et al.⁵⁷, 1998; SCHULZE et al.¹¹⁰, 2002).

A contaminação com sangue e saliva também prejudica o padrão de adesão, dificultando a permeação do monômero resinoso no substrato dentinário, podendo induzir à redução da resistência adesiva e sensibilidade pós-operatória. Isso ocorre com maior evidência nos sistemas adesivos convencionais do que nos sistemas adesivos autocondicionantes (DEWET et al.³³, 2002; O'KEEFE et al.⁸⁰, 2002). A utilização do hipoclorito de sódio após o condicionamento ácido pode ajudar na desinfecção do preparo cavitário (TANAKA & NAKAI¹¹⁷, 1993).

A aplicação propriamente dita do sistema adesivo sobre o substrato dentinário deve ser acompanhada de cuidados específicos, para proporcionar uma adesão adequada. Em princípio, deve-se aplicar uma fina camada de adesivo, evitando o "empoçamento" do monômero resinoso, principalmente nos ângulos da cavidade. O ar, quando utilizado, deve ser aplicado à distância, apenas para facilitar a evaporação do solvente e não para proporcionar a incorporação de bolhas no procedimento adesivo. Deve-se também aguardar o tempo suficiente para a difusão ou permeação do adesivo no substrato. A fotopolimerização imediatamente após a aplicação é contra-indicada, pois prejudica a difusão, não permitindo a permeação completa no substrato dentinário (NAKABAYASHI & SAIMI⁷⁶, 1996; ROSALES-LEAL et al.⁹⁵, 2001). Durante o tempo de difusão, é indicado para os sistemas adesivos à base de água, uma aplicação ativa, ou seja, com movimentos para facilitar a evaporação, enquanto que para os sistemas adesivos à base de acetona, um leve jato de ar à distância, deve ser aplicado com cuidado para evitar o "empoçamento". A fotopolimerização deve ser feita pelo tempo indicado pelo fabricante para correta conversão dos monômeros em polímeros (KAGA et al.⁵⁸, 2002)

A contração de polimerização também pode facilitar a ocorrência de trincas na interface adesiva, e fatores como técnica

incremental, fotoativação modulada, uso de base cavitária e fator cavitário devem ser levados em consideração para proporcionar menor contração de polimerização.

Finalmente, a utilização de um selante de superfície é indicado para preenchimento de possíveis trincas provenientes da contração de polimerização ou acabamento e polimento.

Clinicamente, a presença da infiltração marginal ainda é a maior causa da substituição de restaurações. A obtenção de uma adesão efetiva e duradoura tem sido o objetivo e desafio da odontologia restauradora. Existe maior necessidade de estudos clínicos longitudinais sobre quais os fatores que seriam mais responsáveis pela degradação hidrolítica do processo adesivo, o colágeno, os monômeros resinosos ou a interação de ambos. Para que num futuro próximo tenhamos à disposição produtos e técnicas que nos permitam restaurar o elemento dentário com selamento efetivo e duradouro, aumentando a perspectiva de durabilidade dos trabalhos adesivos clínicos.

7 CONCLUSÃO

- a) o adesivo autocondicionante CSEB apresentou resistência adesiva significativamente maior que os adesivos OBF e SBMP;
- b) o adesivo autocondicionante com uso separado de *primer* acidificado apresentou resistência adesiva estatisticamente superior àquele em que o *primer* e adesivo são aplicados conjuntamente;
- c) a utilização do hipoclorito de sódio não melhorou significativamente a resistência adesiva nos sistemas adesivos convencionais.

REFERÊNCIAS *

- 01 ABATE, P.F.; RODRIGUEZ, V.I.; MACCHI, R.L. Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. *J Dent*, v.28, n.6, p.437-40, 2000.
- 02 AGUILERA, F.S.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M. Effect of deproteinization on shear bond strength and microleakage. *J Dent Res*, v.79, sp. iss., p.356, 2000. (Abstract 1701).
- 03 ALEXANDER, D.K.; PHILLIPS, S.; PUCKETT, A.D. Temperature effects on dentin bonding. *J Dent Res*, San Diego, v.81, sp. iss., p.328, 2002. (Abstract 2617).
- 04 AMENDOLA, A.B. **Avaliação "in vitro" da resistência de união de dois sistemas adesivos dentinários à dentina bovina antes e após a termociclagem: teste de cisalhamento e análise estereomicroscópica.** 1999. 124f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 1999.
- 05 ANIDO, A.A. **Dentina humana e bovina, estudo comparativo da resistência adesiva em três diferentes profundidades: teste de cisalhamento.** 2001. 160f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2001.
- 06 ARAÚJO, R.M. et al. Influência de diferentes meios de armazenamento de dentes extraídos na infiltração marginal. *J Bras de Clin*, v.3, n.14, p.31-5, 1999.

*Baseado em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. **Informação e documentação: referências, elaboração**, NBR 6023. Rio de Janeiro, 2002. 23 p.

- 07 ARIAS, V.G. et al. Efeito de diferentes concentrações de NaOCl e tempos de aplicação na resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos. **Pesq Odontol Bras**, São Paulo, v.15, supl., p.169, 2001. (Trabalho apresentado da 18ª Reunião Anual da SBPQO - Resumo B310).
- 08 ARMSTRONG, S.R.; BOYER, D.B.; KELLER, J.C. Fracture toughness of All-Bond 2 with and without hybrid layer. **J Dent Res**, v.75, sp. iss., p.177, 1996. (Abstract 1279).
- 09 ARMSTRONG, S.R.; BOYER, D.B.; KELLER, J.C. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. **Dent Mater**, v.14, p.44-50, Jan. 1998.
- 10 ARMSTRONG, S.R. et al. Effect of hybrid layer on fracture toughness of adhesively bonded dentin-resin composite joint. **Dent Mater**, v.14, p.91-8, Mar. 1998.
- 11 BARKMEIER, W.W.; LOS, S.A.; TRIOLO JUNIOR, P.T. Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. **Am J Dent**, v.8, n.6, p.289-93, Dec. 1995.
- 12 BEDRAN DE CASTRO, A.K.B.; GALLEGOS, V.A.; PIMENTA, L.A.F. Influência do hipoclorito de sódio na adesão de 4 sistemas adesivos de frasco único à dentina. **Pesq Odontol Bras**, v.14, supl., p.67, 2000. (Trabalho apresentado na 18ª Reunião Anual - Resumo A054).
- 13 BEDRAN DE CASTRO, A.K.B. et al. Influência da remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de adesivos de frasco único à dentina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro, **Anais...**São Paulo: SBPqO, 1999. p.64. (Resumo A235).
- 14 BEDRAN DE CASTRO, A.K.B. et al. Effect of dentin surface treatment and storage time on dentin bond strength. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.243, 2002. (Abstract 1861).

- 15 BOGHOSIAN, A. Clinical evaluation of a self-etching adhesive: 1 year results. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.52, 2002. (Abstract 0192).
- 16 BOUILLAGUET, S, et al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one step, and self-etching adhesive systems. **J Dent**, v.29, n.1, p.55-61, 2001.
- 17 BOWEN, R.L. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. **J Dent Res**, v. 44, n. 5, p.895-902, Sept./Oct. 1965.
- 18 BRISO, A.L.F. et al Efeito da aplicação do NaOCl gel, na resistência ao cisalhamento de diferentes sistemas adesivos. **Pesq Odontol Bras**, São Paulo, v.14, supl., p.114, 2000. (Trabalho apresentado na 17 Reunião Anual do SBPQO - Resumo B053).
- 19 BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v.34, n.6, p.849-53, Dec. 1955.
- 20 BURROW, M.F.; SATOH, M.; TAGAMI, J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. **Dent Mater**, v.12, p.302-7, Sept. 1996.
- 21 BURROW, M.F. et al. The influence of age and depth of dentin on bonding. **Den Mater**, v.10, n.4, p.241-46, July 1994.
- 22 CARDOSO, P.E.C.; BRAGA, R.R.; CARRILHO, M.R.O. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesives systems. **Dent Mater**, v.14, n.6, p.394-8, Nov. 1998.
- 23 CARVALHO, R.M. et al. *In vitro* study on the dimensional changes of human dentine after demineralization. **Archs Oral Biol**, v.41, n.4, p.369-77, Apr. 1996.

- 24 CASTIGLIA, C. et al. Influência do NaOCl na resistência à tração de adesivos hidrofílicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro, **Anais...**São Paulo: SBPqO, 1999. p.69. (Resumo A253).
- 25 CEDERLUND, A.; BLOMLOF, J.; JONSSON, B. Presence of intact collagen fibers and its effect on dentin bond strength. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.50, 2002. (Abstract 178).
- 26 CHAPPELL, R.P. et al. Dentinal tubule anastomosis: a potential factor in adhesive bonding? **J Prosthet Dent**, v.72, n.2, p.183-8, Aug. 1994.
- 27 CHERSONI, S. et al. Effect of dentin treatment on bond strength. **J Dent Res**, v.76, sp. iss., p.280, 1997. (Abstract 2135).
- 28 CHERSONI, S. et al. Effect of collagen layer on self-etching bonding systems adhesion. **J Dent Res**, v.77, sp. iss., p.238, 1998. (Abstract 1062).
- 29 CIUCHI, B.; SANO, H.; PASHLEY, D.H. Bonding to sodium Hypochlorite treated dentin. **J Dent Res**, v.73, sp. iss., p.296, 1994. (Abstract 1556).
- 30 COBB,D.; MACGREGOR, K. *In vitro* shear bond strength to dentin using self-etching primer/adhesives. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.307, 2002. (Abstract 2434).
- 31 DAGOSTIN, A.; FERRARI, M. *In vivo* bonding mechanism of an experimental dual-cure enamel-dentin bonding system. **Am J Dent**, v.14, n.2, p.105-8, Apr. 2001.
- 32 DENEHY, G. et al. Two-year clinical evaluation of a self-etching primer/adhesive in posterior composites. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.80, 2002. (Abstract 0434).
- 33 DEWET, F. et al. Single-component bonding systems: bonding to contaminated dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.76, 2002. (Abstract 0406).

- 34 DIAS, W.R.L.; PEREIRA, P.N.R.; SWIFT JUNIOR, E.J. Effect of bur type on bond strengths of adhesive systems to dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.35, 2002. (Abstract 0051).
- 35 EICK, J.D. et al. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. **J Dent Res**, v.49, n.6, suppl. p.1359-68, Nov./Dec. 1970.
- 36 EICK, J. D. et al. Scanning transmission electron microscopy/energy-dispersive spectroscopy analysis of the dentin adhesive interface using a labeled 2-hydroxyethylmethacrylate analogue. **J Dent Res**, v.74, n.6, p.1246-52, June 1995.
- 37 ERICKSON, R.L. Surface interactions of dentin adhesive materials. **Oper Dent**, v.5, suppl. p.81-94, 1992.
- 38 FINGER, W.J.; BALKENHOL, M. Practitioner variability effects on dentin bonding with an acetone-based one-bottle adhesive. **J Adhesive Dent**, v.1, n.4, p.311-1, Oct./Nov. 1999.
- 39 FRITZ, U.B.; FINGER, W.J. Bonding efficiency of single-bottle enamel/dentin adhesives. **Am J Dent**, v.12, n.6, p.277-82, Dec. 1999.
- 40 FUJITA, E. et al. Effect of dentin treatment on adhesion of adhesive composite resin to dentin dissolution of collagen. **Adhesive Dent**, v.8, n.3, p.277-35, 1990.
- 41 FUJITA, E. et al. Effect of NaOCl pre-conditioning to bovine root canal dentin. **J Dent Res**, v.75, sp. iss., p.391, 1996. (Abstract 2990).
- 42 FUSAYAMA, T. et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J Dent Res**, v.58, n.4, p. 1364-70, Apr. 1979.
- 43 GARBEROGLIO, R.; BRÄNNSTRÖM, M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. **Archs Oral Biol**, v.21, n.6, p.355-62, June 1976.

- 44 GOBBI, P. et al. Combined effect of acid and sodium hypochlorite treatment on dentin: a high resolution SEM study. *J Dent Res*, v.81, sp. iss., p.327, 2002. (Abstract 2603).
- 45 GONÇALVES, S.E.P. **Pré-tratamento dentinário - influência do condicionamento ácido, irradiação laser e hipermineralização na resistência ao cisalhamento de sistema adesivo multiuso.** 1997. 208f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora)-Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 1997.
- 46 GWINNETT, A.J. Moist vs. dry dentin: its effect on shear bond strength. *Am J Dent*, v.5, n.3, p.127-9, June 1992.
- 47 GWINNETT, A.J. Quantitative contribution of resin infiltration / hybridization to dentin bonding. *Am J Dent*, v.6, n.1, p.7-9, Feb. 1993.
- 48 GWINNETT, A.J. Dentin bond strength after air drying and rewetting. *Am J Dent*, v.7, n.3, p.144-8, June 1994.
- 49 GWINNETT, A.J.; YU, S. Effect of long-term water storage on dentin bonding. *Am J Dent*, v.8, n.2, p.109-11, Apr. 1995.
- 50 GWINNETT, A.J. et al. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. *Am J Dent*, v.9, n.4, p.140-4, Aug. 1996.
- 51 HARA, A.T.; PIMENTA, L.A.F.; RODRIGUES JUNIOR, A.L. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater*, v.17, n.2, p.165-69, 2001.
- 52 HASHIMOTO, M. et al. The Effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater*, v.16, n.6, p.406-11, 2000.
- 53 HASHIMOTO, M. et al. *In Vivo* degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res*, v.79, n.6, p.1385-91, 2000.

- 54 HASHIMOTO, M. et al. Resin-tooth adhesive interfaces after long-term function. **Am J Dent**, v.14, n.4, p.211-5, Aug. 2001.
- 55 HUHTALA, M. F. R. L. **Avaliação laboratorial de resistência ao cisalhamento de discos de porcelana e de um polímero de vidro cimentados à dentina bovina com o emprego de cimentos adesivos.** 1999. 216f. Tese (Doutorado em odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 1999.
- 56 INOUE, H. et al. Microtensile bond strength of two single-step adhesive systems to bur-prepared dentin. **J Adhesive Dent**, v.3, n.2, p.129-36, 2001.
- 57 IWAMI, Y. et al Effect of enamel and dentin surface wetness on shear bond strength of composites. **J Prosthet Dent** V.80, n.1, p.20-26, July 1998.
- 58 KAGA, M. et al. Cytotoxic effect of one-step adhesive systems. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.251, 2002. (Abstract 1932).
- 59 KANCA III, J. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. **J Am Dent Assoc**, v.123, n.9, p.35-43, Sept. 1992.
- 60 KANCA III, J. Wet bonding: effect of drying time and distance. **Am J Dent**, v.9, n.6, p.273-6, Dec. 1996.
- 61 KANCA III, J. Effect of primer dwell time on dentin bond strength. **General Dent**, v.46, n.6, p.608-12, Nov./Dec. 1998.
- 62 KANCA III, J.; SANDRIK, J. Bonding to dentin. Clues to the mechanism of adhesion. **Am J Dent**, v.11, n.4, p.154-9, Aug. 1998.
- 63 KASHIWADA , T. *In vivo* bond strength of a new dental adhesive to dentin **J Dent Res**, v.72 sp. iss., p.381, 1993. (Abstract 2222)

- 64 KATO, G.; NAKABAYASHI, N. The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. **Dent Mater**, v.14, n.5, p.347-52, Sept. 1998.
- 65 KITASAKO, Y. et al. Monkey pulpal response and microtensile bond strength beneath a one-application resin bonding system *in vivo*. **J Dent**, v.28, n.3, p.193-8, Mar. 2000.
- 66 KOIBUSHI, H.; YASUDA, N.; NAKABAYASHI, N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. **Dent Mater**, v.17, n.2, p.122-6, 2001.
- 67 KRAMER, I. R. H.; MCLEAN, J.W. Alterations in the staining reactions of dentine resulting from a constituent of a new self-polymerizing resin. **Br Dent J**, v.93, n.6, p.150-3, Sept. 1952.
- 68 LATTA, M.A.; HALD, T.S. Effect of conditioning time on bond strength to dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.242, 2002. (Abstract 1857).
- 69 LEAL, F.R. et al. Microtensile bond strength of carbide bur-cut dentin with a self-etch 1-step and (3) total etch 2-step adhesives. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.70, 2002. (Abstract 0354).
- 70 MARSHALL, S.J. et al. Surface preparation effects on shear bond strength of dentin adhesives. **J Dent Res**, v.76, p.188, 1997.(Abstract 1398).
- 71 Mc LEAN, W.J.; ROULET, J.F.; MICHEL, D. Historical overview: the pioneers of enamel and dentin bonding. In: ROULET, J.F.; DEGRANE, M. **Adhesion: the silent revolution in dentistry**. Illinois: Quintessence books, 2000. Chap. 1, p.13-7.
- 72 MIGUEZ, P.A.; PEREIRA, P.N.R.; YAMAUCHI, M. Collagen contribution to ultimate tensile strength in different dentin locations. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.50, 2002. (Abstract 0180).
- 73 MILIA, E.; LALLAI, M.R.; GARCIA-GODOI, F. *In vivo* effect of a self-etching primer on dentin. **Am J Dent**, v.12, n.4, p.167-71, Aug. 1999.

- 74 MITCHEM, J.C.; GRONAS, D.G. Effects of time after extraction and depth of dentin on resin dentin adhesives. **J Am Dent Assoc**, v.113, n.8, p.285-7, Aug. 1986.
- 75 NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. **Hybridization of dental hard tissues**. Tokyo: Quintessence, 1998.
- 76 NAKABAYASHI, N.; SAIMI, Y. Bonding to intact dentin. **J Dent Res**, v.75, n.9, p.1706-15, Sept. 1996.
- 77 NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, v.16, n.3, p.265-73, May 1982.
- 78 NAKAJIMA, M. et al. Effect of moist vs. dry bonding to normal vs. caries-affected dentin with Scotchbond Multi-purpose Plus. **J Dent Res**, v.78, n.7, p.1298-303, July 1999.
- 79 NISHITANI, Y. et al. Resin adhesion to caries-affected and caries-infected dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.70, 2002. (Abstract 0352).
- 80 O'KEEFE, K. et al. Adhesion of composite with self-etching primers to saliva-contaminated dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.70, 2002. (Abstract 0350).
- 81 OGATA, M. et al. Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge-shaped cavity walls. **Oper dent**, v.24, n.2, p.81-8, Mar./Apr. 1999.
- 82 OGATA, M. et al. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. **Oper Dent**, v.26, p.27-35, 2001.
- 83 OONSOMBAT, C.; DENEHY, G. Effect of surface contamination on shear bond strengths of self-etching bonding systems. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.161, 2002. (Abstract 1140).
- 84 PASHLEY, D.H.; CARVALHO, R.M. Dentine permeability and dentin adhesion. **J Dent**, v.25, n.5, p.355-72, Sept. 1997.
- 85 PASHLEY, D.H. et al. Permeability of dentin to adhesives agents. **Quintessence Int**, v.24, n.9, p.618-31, Sept. 1993.

- 86 PASHLEY, E.L. et al. Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. **Dent Mater**, v.14, n.6, p.6-10, Jan. 1998.
- 87 PERDIGÃO, J. et al. The effect of a re-wetting agent on dentin bonding. **Dent Mater**, v.15, n.4, p.282-95, July 1999.
- 88 PERDIGÃO, J. et al. An ultra-morphological characterization of collagen-depleted etched dentin. **Am J Dent**, v.12, n.5, p.250-5, Oct. 1999.
- 89 PHRUKKANON, S. et al. The influence of modification of etched bovine dentin on bond strengths. **Dent Mater**, v.16, p.255-65, 2000.
- 90 PIOCH, T. et al. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems after NaOCl treatment. **J Adhesive Dent**, v.1, n.2, p.135-42, 1999.
- 91 PRATI, C.; PASHLEY, D.H. Dentin wetness, permeability and thickness and bond strength of adhesive systems. **Am J Dent**, v.5, n.1, p.33-8, Feb. 1992.
- 92 PRATI, C.; CHERSONI, S.; PASHLEY, D.H. Effect of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding. **Dent Mater**, v.15, p.323-31, 1999.
- 93 PRATI, C. et al. Thickness and morphology of resin-infiltrated dentin layer in young, old, and sclerotic dentin. **Oper Dent**, v.24, n.2, p.66-72, Mar./Apr. 1999.
- 94 PRISCO, D. et al. Effect of sodium hypochlorite conditioning on dentine bond strength. **Int Dent J**, v.48, n.5, p.437, 1998. (Abstract).
- 95 ROSALES-LEAL, J.I. et al. Dentin wetting by four adhesive systems. **Dent Mater**, v.17, n. p.526-32, 2001.
- 96 RUBEN, J.; ARENDS, J. Shrinkage prevention of *in vitro* demineralized human dentine in transversal microradiography. **Caries Res**, v.27, n.4, p.262-5, July / Aug. 1993.

- 97 SABOIA, V.P.A.; PIMENTA, L.A.F. Efeito da remoção do colágeno na adesão à dentina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 15, 1998, Águas de São Pedro, **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1998. p.107. (Resumo B037).
- 98 SABOIA, V.P.A.; PIMENTA, L.A.F. Efeito do tempo de aplicação do adesivo na resistência de união à dentina sem colágeno. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro, **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1999. p.156. (Resumo B219).
- 99 SABOIA, V.P.A.; CARLINI JUNIOR, B.; PIMENTA, L.A.F. Efeito do tempo de aplicação do adesivo na resistência adesiva de união à dentina sem colágeno. **Pesq Odontol Bras**, São Paulo, v.14, supl., p.116, 2000. (Trabalho apresentado na 17º Reunião da SBPQO - Resumo BO68).
- 100 SABOIA, V.P.A.; SANTOS, P.H.; SINHORETI, M.A.C. Efeito da remoção do colágeno na resistência de união de adesivos à base de acetona. **Pesq Odontol Bras**, São Paulo, v.15, supl.2001, p.161, 2001. (trabalho apresentado na 18º Reunião Anual da SBPQO - Resumo B248).
- 101 SAKAE, T.; MISHIMA, H.; KOZAWA, Y. Changes in bovine dentin mineral with sodium hypochlorite treatment. **J Dent Res**, v.69, n.7, p.1229-34, Sept. 1988.
- 102 SALIM, D.A.; ANDIA-MERLIM, R.Y.; ARANA-CHAVEZ V.E. A SEM study of interface between a one-bottle adhesive and deproteinated deciduous dentin. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.327, 2002. (Abstract 2607).
- 103 SANARES, A.M.E. et al. Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. **Dent Mater**, v. 17, p.542-56, Nov. 2001.

- 104 SANO, H. et al. Microporous dentin zone beneath resin impregnated layer. **Oper Dent**, v.19, p.59-64, Mar./Apr. 1994.
- 105 SANO, H. et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength - evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent Mater**, v.10, n.6, p.236-40, July 1994.
- 106 SANO, H. et al. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. **Oper Dent**, v.20, n.1, p.18-25, Jan./Feb. 1995.
- 107 SANO, H. et al. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. **J Dent Res**, v.74, n.4, p.1093-102, Apr. 1995.
- 108 SANO, H. et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, *in vivo*. **J Dent Res**, v.78, n.4, p.906-11, Apr. 1999.
- 109 SANTOS, P.H. et al. Mechanical cycling influence on the shear bond strength of a dentin adhesive after collagen removal. **J Dent Res**, San Diego, v.81, sp. iss., p.326, 2002. (Abstract 2600).
- 110 SCHULZE, K.A. et al. Technique sensitivity of a self-etching versus an acid etching system. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.139, 2002. (Abstract 0947).
- 111 SHONO, Y. et al. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. **J Dent Res**, v.78, n.2, p.699-705, Feb. 1999.
- 112 STRUKOWSKA, A.; WANG, Y.; SHARP, L. Shear bond strength (SBS) of five self-etching adhesive systems on dentin and enamel. **J Dent Res**, v.81, sp. iss., p.74, 2002. (Abstract 0391).
- 113 SUDSANGIAM, S.; VAN NOORT, R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose?. **J Adhes Dent**, v.1, n.1, p.57-67, Feb. 1999.
- 114 SUZUKI, T.; FINGER, W.J. Dentin adhesives: site of dentin vs. bonding of composite resins. **Dent Mater**, v.4, n.6, p.379-83, Dec. 1988.

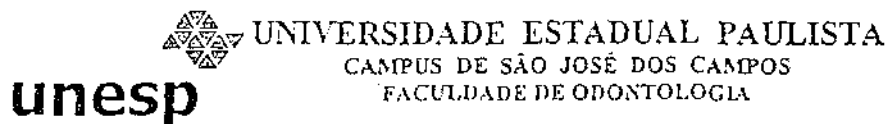
- 115 TAGAMI, J.; TAO, L.; PASHLEY, D.H. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. **Dent Mater**, v.6, n.1, p.45-50, Jan. 1990.
- 116 TAKEMORI, T. et al. Factors affecting tensile bond strength of composite to dentin. **Dent Mater**, v.8, p.136-8, Mar. 1993.
- 117 TANAKA, J.; NAKAI, H. Application of root canal cleaning agents having dissolving abilities of collagen to the surface treatment for enhanced bonding of resin to dentin. **Dent Mater J**, v.12, n.2, p.196-208, 1993.
- 118 TANUMIHARJA, M.; BURROW, M.F.; TYAS, M.J. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. **Dent Mater**, v.16, n.3, p.180-7, May 2000.
- 119 TAO, L.; PASHLEY, D.H. Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. **Dent Mater**, v.4, n.6, p.371-8, Dec. 1988.
- 120 TAY, F.R.; PASHLEY, D.H. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smears layers. **Dent Mater**, v.17, n.4, p.296-308, July 2001.
- 121 TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am J Dent**, v.9, n.1, p.43-8, Feb. 1996.
- 122 TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. The overwet phenomenon: a scanning electron microscopic study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. **Am J Dent**, v.9, n.3, p. 109-14, June 1996.
- 123 TAY, F.R.; GWINNETT, A.J.; WEI, S.H.Y. Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. **Am J Dent**, v.10, n.2, p.77-82, Apr. 1997.

- 124 TAY, F. R. et al. Mechanical disruption of dentin collagen fibrils during resin-dentin bond testing. **J Adhes Dent**, v.2, n.3, p.175-92, 2000.
- 125 TOLEDANO, M. et al. Effect of acid etching and collagen removal on dentin wettability and roughness. **J Biomed Mater Res**, v.47, p.198-203, 1999.
- 126 TOLEDANO, M. et al. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. **Am J Dent**, v.14, n.4, p.205-10, Aug. 2001.
- 127 TORRES, C.R.G. **Avaliação da microinfiltração marginal em restaurações de resina composta, quando o colágeno dentinário é mantido ou eliminado após o condicionamento ácido, alterando-se o período de armazenamento e a termociclagem.** 2002. 217f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2002.
- 128 UEMURA, E. S. **Estudo comparativo "in vitro" da resistência adesiva ao cisalhamento de discos metálicos de níquel-cromo, com ou sem tratamento de superfície, unidos à dentina bovina com quatro cimentos.** 1999. 136f. Tese (Doutorado em odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 1999.
- 129 UNO, S.; FINGER, W.J. Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. **Quintessence Int**, v.26, n.10, p.733-8, Oct. 1995.
- 130 VAN MEERBEEK, B. et al. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. **J Dent Res**, v.71, n.8, p.1530-40, Aug. 1992.

- 131 VAN MEERBEEK, B. et al. Correlative transmission electron microscopy examination of nondemineralized and demineralized resin-dentin interfaces formed by two dentin adhesive systems. **J Dent Res**, v.75, n.3, p.879-88, Mar. 1996.
- 132 VAN MEERBEEK, B. et al. The clinical performance of adhesives. **J Dent**, v.26, n.1, p.1-20, Jan. 1998.
- 133 VAN NOORT, R. Clinical relevance of laboratory studies on dental materials: strengths determination - a personal view. **J Dent**, v.22, n.1, suppl. 4-8, 1994.
- 134 VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strength measurements. **J Dent**, v.17, n.2, p.61-67, Apr. 1989.
- 135 VARGAS, M.A.; COBB, D.S.; ARMSTRONG, S.R. Resin-Dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer. **Oper Dent**, v.22, p.159-66, 1997.
- 136 WAKABAYASHI, Y. et al. Effect of dissolution of collagen and adhesion to dentin. **Int J Prosthodont**, v.7, n.4, p.302-6, 1994.
- 137 WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N. Bonding durability of photocured phenyl-P in TEGDMA to smear layer-retained bovine dentin. **Quintessence Int**, v.24, n.5, p.335-42, May 1993.
- 138 WATANABE, I.; NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. Bonding to ground dentin by a Phenyl-P self-etching primer. **J Dent Res**, v.73, n.6, p.1212-20, Jun. 1994.
- 139 WATANABE, L.G., MARSHALL JR, G.W.; MARSHALL, S.J. Dentin shear strength: effects of tubule orientation and intratooth location. **Dent Mater**, v.12, p.109-15, Mar. 1996.
- 140 YOSHIYAMA, M. et al. Interfacial morphology and strength of bonds made superficial versus deep dentin. **Am J Dent**, v.8, n.6, p.297-302, Dec. 1995.
- 141 YOSHIYAMA, M. et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. **J Dent Res**, v.75, n.6, p.1404-13, June 1996.

- 142 YOSHIYAMA, M. et al. Regional bond strengths of resins to human root dentine. **J Dent**, v.24, n.6, p.435-42, Nov. 1996.
- 143 YOSHIYAMA, M. et al. Regional bond strengths of self-etching / self-priming adhesive systems. **J Dent**, v.26, n.7, p.609-16, Sept. 1998.

Anexo A - Cópia do certificado de aprovação pelo Comitê de Ética



CERTIFICADO

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº 012/2002-PH/CEP, sobre "Estudo comparativo da resistência ao cisalhamento empregando diferentes sistemas adesivos e tratamentos dentinários: estudo "in vitro" ", sob a responsabilidade de César Rogério Pucci, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa, envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/93 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 19 de março de 2002.

Prof. Adj. Paulo Villela Santos Júnior
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa-Local

PUCCI, C.R. **In vitro comparative study of shear bond strength of adhesive systems in human dentin: use of sodium hypochlorite or acidificate primers.** 2002. 201 f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) - Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate comparatively in vitro the shear bond strength of conventional adhesive systems with and without collagen removal using 10 % sodium hypochlorite and self-etch adhesives. 48 human's molars were extracted for surgery and orthodontic reasons and after cleaning, they were stored in freezers (-18° C). The teeth were sectioned in an axial plan (mesio-distal), separated in two halves, vestibular and lingual. The teeth were mounted in self-cure resin and the labial and lingual surfaces were ground with sequential abrasive sandpaper to standardize the smear layer and expose the dentin with 2 mm of the thickness. The adhesion surface was delimited in 3 mm of diameter, the specimens were separated into six groups in accordance with adhesive system and dentin treatment: OBF - self-etch adhesive One-Up Bond F (Tokuyama); CSEB - self-etch primer Clearfil SE Bond (Kuraray); SB - Single Bond (3M); SBMP - Scotchbond Multi Uso Plus (3M); SBH - after acid etching was used at 10% sodium hypochlorite (AD Gel - Kuraray) during one minute and then Single Bond was used; SBMPH - after the acid etching sodium hypochlorite at 10 % was used (AD Gel - Kuraray) during one minute and then Scotchbond Multi Uso Plus was used. The composite resin Z-100 (3M) was inserted by incremental technique with a metallic matrix on a prepared surface. The shear test was realized in an Instron Universal machine at 0,5 mm/min speed. The fractured surfaces were classified in stereomicroscopic (Karl Zeiss). The data obtained was analyzed by ANOVA and Tukey tests. The data showed the following values (in MPa): CSEB - 24,362; SB - 20,956; SBH - 17,825; OBF - 17,355; SBMP - 17,218; SBMPH - 14,169. We concluded that self-etch adhesive CSEB showed bond strength significantly higher than OBF and SBMP adhesives; the self-etch adhesive with acidificate primer showed bond strength statistically higher than where primer and

adhesives were applied together; the sodium hypochlorite utilization didn't improve significantly the bond strength in the conventional adhesive systems.

KEY-WORDS: Shear bond strength, adhesion, adhesive, deproteinization.

Autorizo a reprodução deste trabalho.
São José Campos março de 2003.



Cesar Rogerio Pucci