FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
-UNICAMP-

VICENTE DE PAULO ARAGÃO SABOIA
Cirurgião-Dentista

EFEITO DA REMOÇÃO DO COLÁGENO NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE DOIS SISTEMAS ADESIVOS DE FRASCO ÚNICO

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANDRÉ FREIRE PIMENTA

Este exemplar foi devidamente corrigido de acordo com a resolução CCPG 036/83

19/08/98

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Clínica Odontológica, área de Dentística

PIRACICABA

1998

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE BC
N.º CHAMADA
UNICAMP
Sa13e
V. Ex.
TOMBO BC/35501
PROC. 395/98
C D X
PREÇO R$ 11,00
DATA 22/6/98
FORN

CM-00117478-7

Ficha Catalográfica Elaborada pela Biblioteca da FOP/UNICAMP

Sa13e

Saboia, Vicente de Paulo Aragão.
Efeito da remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único. / Vicente de Paulo Aragão Saboia. – Piracicaba, SP : [s.n.], 1998.
110f. : il.

Orientador : Luiz André Freire Pimenta.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Adesivos dentários. 2. Colágeno. I. Pimenta, Luiz André Freire. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 23 de Julho de 1998, considerou o candidato VICENTE DE PAULO ARAGÃO SABOIA aprovado.

1. LUIZ ANDRE FREIRE PIMENTA _____

2. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO _____

3. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI _____

Dedico este trabalho afetuosamente aos meus queridos pais, Luis Alberto e Gonçala, pelo exemplo de dignidade e perseverança em dar para os filhos o maior tesouro: a educação

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por tudo.

Se olharmos para trás, vamos ver que em todas as vitórias, ao longo de nossa existência, nunca estávamos sozinhos. Houve sempre pessoas que nos ajudaram e com quem pudemos contar. Gostaria de dividir com elas a minha felicidade e agradecer mais essa conquista.

Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta, mestre e amigo, pela orientação competente, sem a qual não teria sido possível a realização deste trabalho.

Aos professores da Área de Dentística da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Dra. Mônica Campos Serra, Dr. Luis Roberto Marcondes Martins, Dr. José Roberto Lovadino e Dr. Luis Alexandre M. S. Paulillo, pelo acolhimento e atenção a mim dispensados durante estes anos.

Aos amigos da república, agora verdadeiros irmãos, Alessandro e Ricardo, pela amizade e convívio fraterno.

Ao Prof. Dr. Eliott W. Kitajima, coordenador do NAP-ESALQ, exemplo vivo de humanismo, simplicidade e sabedoria, pela ajuda nos meus primeiros passos em microscopia eletrônica.

À Silvania Machado, bióloga do NAP-ESALQ, pela ajuda no processamento dos espécimes para microscopia eletrônica.

Ao Prof. Dr. Mário Fernando de Góes, Coordenador de Pós-graduação da FOP-UNICAMP e Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury, Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Clínica Odontológica.

Ao Prof. Antonio Luiz Rodrigues Jr., da Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP, pela consultoria estatística.

Aos colegas da Dentística, Nara, Inger, Carlota, Roberta, Paula, Priscila, Cláudia, Dorini, Briso, Helinho, Rodrigo, Adriano e Jorge, pela amizade sincera e convívio gostoso durante todo esse tempo.

À Camila e ao Bruno pela ajuda na formatação do trabalho.

À Gisele e Laila, pela amizade e ajuda na realização do experimento.

À Solange, pelo carinho, amizade sincera e pela ajuda inestimável em todas as fases desse trabalho.

À amiga Adeline, com quem sempre pude contar.

Aos amigos da Dentística da UFC, Haroldo, Heloisa, Emmanuel, Carlos, Serginho e Martinha que, com certeza, torceram sempre por mim.

Ao meu querido irmão Luis Alberto e minha sobrinha Marina, por vocês existirem.

"Para conhecer as coisas é preciso conhecer-lhes as minúcias e como estas são quase infinitas, nossos conhecimentos são sempre superficiais."

LA ROCHEFOUCAULD

SUMÁRIO

	pag.
Lista de abreviaturas	01
Lista de tabelas	03
Lista de ilustrações	03
Resumo	05
1- Introdução	07
2- Revisão de literatura	11
2.1. Metodologias para avaliar a adesão	12
2.2. Adesivos dentinários	18
2.3. Tratamentos da dentina com remoção do colágeno	42
3- Proposição	50
4- Materiais e métodos	52
4.1. Preparo, inclusão e polimento	53
4.2. Materiais utilizados e divisão dos grupos	54
4.3. Teste mecânico de cisalhamento	63
4.4. Avaliação dos padrões de fratura	65
4.5. Observação micromorfológica em MEV	65
4.6. Análise estatística	65
5- Resultados	67
6- Discussão	75

7- Conclusões..... 88

Anexos..... 90

Summary..... 99

Referências Bibliográficas..... 101

LISTA DE ABREVIATURAS

MO- Microscopia óptica

MEV- Microscopia eletrônica de varredura

MET- Microscopia eletrônica de transmissão

MPa- Mega Pascal (unidade de pressão)

μg- Micrograma (unidade de massa)

mm- Milímetro (unidade de comprimento)

mm^2- Milímetro quadrado (unidade de área)

μm- Micrometro (unidade de comprimento = 10^{-3} mm)

et al. - abreviatura de et alli (e outros)

mm/min- Milímetros por minuto (unidade de velocidade)

^{o}C- Graus Celsius (unidade de temperatura)

s- Segundo (unidade de tempo)

min- Minuto (unidade de tempo)

M- Molar (unidade de concentração)

NaOCl- Hipoclorito de sódio

HCl- Ácido clorídrico

SBMP- ScotchBond multi purpose

HEMA- 2 hidroxietil metacrilato

4-META MMA-TBB- 4 metacriloxietil trimelitato anidrido metil metacrilato tri-n-butil borano

H_3PO_4- Ácido fosfórico

kg – Quilograma (unidade de massa)

PENTA – Monofosfato de dipentaeritritol pentacrilato

APA - Ácido poli-acrílico

API - Ácido poli-itacônico

PBSH - Prime & Bond sem hipoclorito

PBCH - Prime & Bond com hipoclorito

SBSH - Single Bond sem hipoclorito

SBCH - Single Bond com hipoclorito

PVC - Policloreto vinil

% - Por cento

EDTA - Ácido etileno diamino tetracético

BIS-GMA – Bisfenol-A metacrilato de glicidila

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 1 - Composição química dos adesivos utilizados	57
Tabela 2 - Apresentação dos grupos, procedimentos e materiais utilizados	57
Tabela 3 - Apresentação dos resultados exploratórios e dos testes estatísticos	68

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	página
Gráfico 1 - Gráfico de Box-Plot de ilustração dos resultados obtidos para os diversos grupos	69
Figura 1 - Aspecto do corpo-de-prova após planificação da dentina	55
Figura 2 - Delimitação da área de dentina com plástico adesivo	55
Figura 3 - Matriz de teflon	56
Figura 4 - Aparato utilizado para a confecção dos corpos-de-prova	56
Figura 5 - MEV -Aspecto da dentina após condicionamento com H_3PO_4	59
Figura 6 - MEV -Aspecto da malha de colágeno exposta após condicionamento com H_3PO_4 em dentina planificada	59
Figura 7 - MEV - Aspecto da malha de colágeno em espécime fraturado de dentina	60
Figura 8 - MEV - Interface adesiva mostrando formação de camada híbrida	60
Figura 9 - Remoção da matriz	61
Figura 10 - Corpo-de-prova confeccionado	61
Figura 11 - MEV - Aspecto da dentina após condicionamento com H_3PO_4 e aplicação de NaOCl	62
Figura 12 - MEV - Aspecto da dentina intertubular após condicionamento com H_3PO_4 e aplicação de NaOCl	62

Figura 13 - Corpo-de-prova posicionado para o teste de cisalhamento (vista frontal)	64
Figura 14 - Corpo-de-prova posicionado para o teste de cisalhamento (vista lateral)	64
Figura 15 - MEV - Aspecto superficial da dentina após teste de cisalhamento (espécime não condicionado com NaOCl)	71
Figura 16 - MEV - Aspecto superficial da dentina após teste de cisalhamento (espécime condicionado com NaOCl)	71
Figura 17 - MEV - Aspecto de fratura adesiva (superfície da dentina)	72
Figura 18 - MEV - Aspecto de fratura adesiva em maior magnificação	72
Figura 19 - MEV - Aspecto de fratura coesiva da dentina (superfície da dentina)	73
Figura 20 - MEV - Aspecto de fratura coesiva da dentina em maior magnificação	73
Figura 21 - MEV - Interface adesiva com formação de camada híbrida	74
Figura 22 - MEV - Interface adesiva sem formação de camada híbrida	74

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos remoção do colágeno na resistência ao cisalhamento de dois sistemas adesivos de frasco único e examinar a micromorfologia da dentina, antes e após o teste de cisalhamento, em lupa estereoscópica e MEV. Foi usado como substrato dentina planificada de terceiros molares recém-extraídos e armazenados em formol a 10% (pH neutro). Foram usados os adesivos Prime & Bond 2.1(PB-Dentsply) e Single Bond (SB-3M). Nos grupos controle (1 e 3), após aplicação da ácido fosfórico a 37%, os adesivos foram aplicados de acordo com as instruções do fabricante, enquanto que nos grupos experimentais (2 e 4), após o condicionamento ácido, foi aplicada uma solução de hipoclorito de sódio a 10% (H), por 1 minuto, para remover o colágeno exposto pelo condicionamento ácido. Foram confeccionados cilindros de 3 mm de diâmetro por 5 mm de altura com resina composta Z-100 (3M). Após 24 horas em ambiente úmido a 37 ^{0}C, foi realizado o teste mecânico de cisalhamento com velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados exploratórios e do Teste de Kruskal-Wallis podem ser observados na tabela abaixo.

Grupo	n	mediana	média	variância	Soma das ordens
1-PBSH	15	15,02	17,59	39,20	481,5 ^{b}
2-PBCH	19	21,84	21,83	42,37	857,5 ^{a}
3-SBSH	17	15,99	15,85	18,48	484,0 ^{b}
4-SBCH	15	13,82	15,32	21,66	388,0 ^{c}

* letras iguais implicam em igualdade estatística e vice-versa ao nível de 5%

DMS(15,15) = 18,23 DMS(15,17) = 17,68

DMS(15,19) = 17,24 DMS(19,17) = 16,66

A remoção do colágeno resultou no aumento da resistência adesiva para o "primer" a base de acetona (PB), e diminuiu a resistência adesiva quando foi usado o "primer" a base de água (SB). A adesão feita sobre o colágeno resultou em valores iguais de adesão para os dois grupos. Houve predominância de falhas coesivas em dentina para os espécimes do grupo 2 (PBCH). A análise em MEV mostrou diferenças micromorfológicas marcantes entre os espécimes dos grupos tratados e não tratados com hipoclorito de sódio, com formação de camada híbrida somente nos espécimes onde a malha de colágeno permaneceu intacta.

Palavras-chave: adesivos dentinários; colágeno; hipoclorito de sódio.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um material restaurador com características físicas e estéticas semelhantes aos tecidos dentários e adesividade a estes, tem sido alvo de muitas pesquisas em odontologia[6,8,12,14,15,23,25,26,27,28,36,37,38,39,45,48,52,53,54,55,59,60,63]. Uma efetiva adesão na interface dente-material restaurador seria de fundamental importância, já que reduziria o desenvolvimento de cáries secundárias nessa região tão crítica do dente restaurado[4].

A técnica de condicionamento ácido do esmalte , descrita pela primeira vez por BUONOCORE[6] em 1955, é um procedimento clínico largamente difundido e deu origem a era da odontologia adesiva.

O sucesso dessa técnica motivou pesquisas em busca de uma adesão forte e estável à dentina[12,13,14,15,7,25,27,28,37,38,39,47,48,49,53,54,55,59,60] . Por se tratar de um tecido com alta complexidade morfo-funcional e grande conteúdo orgânico, se comparado ao esmalte, muitas dificuldades têm sido encontradas na tentativa de se conseguir uma união duradoura a este tecido [41].

Um grande avanço nesse campo foi conseguido por NAKABAYASHI, com a difusão da resina hidrófila 4-META para o interior da dentina parcialmente desmineralizada com ácido[36,39]. A desmineralização parcial da dentina resultava na exposição das fibras colágenas intactas que, posteriormente, eram encobertas pelo monômero resinoso, criando uma zona de dentina infiltrada por resina conhecida como camada híbrida[36,38,39].

A camada híbrida é composta de duas fases, a porção externa se constitui de uma densa rede de colágeno impregnada por resina e desprovida de conteúdo mineral. Abaixo desta, se apresenta uma camada mais estreita com dentina

parcialmente desmineralizada e composta de cristais de hidroxiapatita encapsulados pelo monômero resinoso[38].

A falha no processo de adesão pode se iniciar pela hidrólise das fibras colágenas, que não foram totalmente encobertas pelo adesivo, devido à pouca permeabilidade da dentina ou por deficiência de difusibilidade do monômero resinoso, ou seja, quando este não penetra totalmente na zona desmineralizada[36]. Tal fenômeno pode levar a uma degradação da interface de união, resultando em decréscimo da resistência adesiva e conseqüente aumento da microinfiltração[48]. É, portanto, imprescindível que o monômero resinoso preencha todos os espaços resultantes da desmineralização , para que se obtenha uma adesão efetiva e duradoura[36].

A remoção da camada de colágeno pode trazer benefícios para a difusão da resina, pelo aumento da permeabilidade dentinária e pela alteração da composição da dentina, deixando este tecido com a parte mineral exposta em sua superfície[59] . Uma adesão mais durável poderia ser conseguida diretamente com a hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada, através da remoção do colágeno[59].

Trabalhos recentes têm demonstrado que a camada de colágeno não oferece contribuição direta para o aumento da resistência adesiva[27,28,59]. No entanto, sua remoção parece ter implicação direta no aumento da formação de "gaps", devido a contração de polimerização da resina ao redor de restaurações, cujos preparos cavitários apresentam margens em dentina[53].

Resistências adesivas conseguidas com o uso de adesivos hidrófilos parecem ser suficientes sob o ponto de vista de retenção. O que se procura, no entanto, é impedir a degradação da interface adesiva, decorrente da hidrólise dos

peptídeos do colágeno quando expostos ao meio bucal, devido à deficiência de penetração do monômero resinoso. Sob este ponto de vista, a remoção do colágeno exposto poderia impedir tal situação. Na ausência deste, a permeabilidade tecidual estaria aumentada, minimizando problemas de penetração da resina e a adesão seria feita diretamente na hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. METODOLOGIAS PARA AVALIAR A ADESÃO

AQUILINO et al.[3], em 1987, avaliaram o efeito do meio de estocagem e material de inclusão na resistência adesiva resina/dentina. Os dentes foram montados em polimetil-metacrilato ou gesso especial e estocados em solução salina a 0,9%, timol a 0,05% ou água destilada. Após 3 meses foi realizado o teste de cisalhamento a uma velocidade de 0,5 cm/min. Os resultados obtidos não mostraram diferenças significativas nos valores de resistência ao cisalhamento entre os grupos estudados. Os autores concluíram que os materiais avaliados não afetam a resistência de união de materiais adesivos unidos à dentina.

RETIEF et al.[46] , em 1989, avaliaram os efeitos do meio e duração da estocagem na resistência ao cisalhamento de resinas aderidas à dentina de dentes humanos extraídos. Os dentes foram imersos em formalina tamponada, cloramina a 1%, etanol a 70% , solução fisiológica salina ou timol a 0,05%, por 2 dias ou 6 meses. Após esses períodos, os dentes foram preparados para o teste de cisalhamento. Os resultados mostraram que os valores obtidos, para os dentes estocados por 2 dias e 6 meses, não foram significativamente diferentes, quando se usou o mesmo meio de estocagem. Nos dois intervalos de armazenamento os valores, para os dentes estocados em timol a 0,05% e etanol a 70%, não foram estatisticamente diferentes entre si, mas foram significativamente mais baixos que os valores obtidos para os dentes estocados nos demais meios. Os autores concluíram que, embora exista uma tendência ao aumento da resistência ao cisalhamento com o prolongamento da estocagem, a resistência adesiva obtida nos dentes estocados por 2 dias e 6 meses

não foi significativamente diferente. A correlação entre resistência adesiva ao cisalhamento e percentual de falha no compósito não foi significativa.

VAN NOORT et al.[58], em 1989, avaliaram alguns testes mecânicos utilizados para medir resistência adesiva, concluindo que tanto a tração como o cisalhamento apresentam uma distribuição de carga não uniforme ao longo da interface adesiva. Os resultados obtidos variam de acordo com a geometria do aparato utilizado, da forma e tamanho da superfície aderida, bem como do seu módulo de elasticidade. Os testes de cisalhamento se apresentam ainda mais sensíveis ao desenho geométrico do aparato. A variação desses fatores foi, provavelmente, a causa principal de resultados não uniformes encontrados em diversos trabalhos. Nesse estudo a sensibilidade da resistência adesiva foi avaliada por análise do elemento finito, em função de mudanças nas condições do experimento. Isso mostrou a necessidade de uma padronização nos testes que medem a resistência adesiva dos agentes adesivos dentinários.

WATANABE & NAKABAYASHI[62], em 1994, em uma revisão dos métodos utilizados no Japão para avaliar a adesão, descreveram como mais utilizados os testes mecânicos e durabilidade. Dentre os testes mecânicos, a tração e o cisalhamento são os mais aceitos. No teste de tração ocorre inicialmente a fratura no ponto mais frágil do espécime, o que o torna muito útil na análise da resistência da interface adesiva. Por outro lado, o teste de tração necessita de um aparato especial de difícil confecção e nem sempre é possível produzir forças de tração perpendiculares à superfície da dentina. Nos testes de cisalhamento a fratura nem sempre ocorre no ponto mais frágil do espécime, porém, existe uma menor influência da variação na direção da força e o equipamento é de fácil construção, o que torna este teste mais difundido e aceitável

pelos pesquisadores que o teste de tração. Os testes de durabilidade avaliam a microinfiltração e a estabilidade da adesão entre a restauração e as paredes das cavidades. Os autores enfocaram também a possibilidade de utilização de dentes bovinos para testes laboratoriais de adesão, visto que estes apresentam composição similar ao dente humano, maior facilidade de padronizar áreas oclusais planas para adesão e são de fácil obtenção.

RETIEF et al[47] , em 1994, realizaram um estudo para determinar a relação entre resistência adesiva e microinfiltração usando 7 adesivos dentinários. Foram preparados 115 espécimes e estocados em água a 37 ^{o}C por 24 horas, antes do teste de cisalhamento que foi feito a uma velocidade de 0,5 mm/min. Para o teste de microinfiltração, 15 restaurações de classe V em dentina foram realizadas para cada adesivo, e após sofrerem 500 ciclos térmicos em azul de metileno a 2%, a microinfiltração foi determinada por espectrofotometria, sendo expressa em μg de corante por restauração. Os valores obtidos para o teste de cisalhamento variaram, em MPa, de 8,2(3,9) a 17,2(3,6), enquanto que a microinfiltração variou de 2,6(1,2) a 4,4(4,1) em μg de corante por restauração. Foi concluído que a resistência ao cisalhamento e a microinfiltração são fenômenos intimamente associados e os resultados sugeriram que valores de resistência ao cisalhamento em torno de 21 MPa podem praticamente eliminar a microinfiltração ou reduzi-la a níveis perto de zero.

FORTIN et al.[23], em 1994, avaliaram a resistência ao cisalhamento e microinfiltração de 7 adesivos dentinários, objetivando traçar uma correlação entre esses dois fenômenos. Para o teste mecânico foi usada uma velocidade de 5 mm/min e a microinfiltração foi obtida por imersão dos espécimes em nitrato de prata. Escores de

penetração do corante foram dados após observação em MO. Os resultados mostraram predominância de falhas adesivas nos espécimes submetidos ao teste mecânico e os maiores valores foram obtidos pelos adesivos com baixo módulo de elasticidade. Não foi observada correlação significativa entre microinfiltração e cisalhamento, apesar de existir uma forte indicação de que um material com maior resistência adesiva venha a apresentar menor microinfiltração.

PASHLEY et al.[42], em revisão publicada em 1995, descreveram os testes usados para mensurar a resistência adesiva e concluíram que as variações nos resultados eram provavelmente relacionadas a fatores como: complexidade do substrato dentinário, preparo do espécime e inclusão, reutilização de dentes, simulação da pressão intra-pulpar, bem como da dificuldade de interpretação dos dados obtidos. Os autores fizeram uma crítica aos testes de cisalhamento e tração devido a distribuição não uniforme de "stress", falta de padronização dos aparatos, geração de momentos fletores e grande área usada para adesão, o que, provavelmente, causaria mais fraturas coesivas. Foi ainda descrita a micro-tração como sendo uma alternativa mais confiável para testar a resistência da interface adesiva. Apesar de requerer um equipamento especial, esse teste apresentou resultados variando de 50 a 60 MPa com predominância de falhas adesivas, quando da análise em MEV. A utilização de áreas pequenas para realização do teste, aproximadamente 1 mm^2, evitou a inclusão de zonas de dentina com trincas, bem como diminuiu a possibilidade de distribuição não uniforme de "stress".

KITASAKO et al.[30], em 1995, compararam os testes de tração e cisalhamento para 1 cimento resinoso experimental e 4 comercialmente disponíveis.

Para isso, foram utilizados dentes bovinos onde cilindros de resina composta foram cimentados na superfície planificada do esmalte e dentina. A resistência adesiva foi obtida após 24 horas, usando-se, nos testes, uma velocidade de 1 mm/min. Foram encontradas diferenças significantes entre os dois testes para todos os materiais, quando cimentados em esmalte, e para 3 materiais, quando aderidos à dentina. O teste de cisalhamento apresentou sempre resultados mais altos que a tração. O tipo de fratura variou pouco na classificação visual, mas em MEV, diferenças consideráveis foram encontradas. No teste de tração, os "tags" se apresentaram fraturados perto da superfície da dentina, enquanto que no teste de cisalhamento os mesmos pareceram ter sido arrastados dos túbulos, o que resultou em uma superfície de dentina mais áspera. Apesar de ocorrerem grandes variações de resultados, entre os dois métodos e até dentro do mesmo teste, provavelmente devido a dificuldades técnicas e variações no substrato, os valores, quando comparados criteriosamente, podem fornecer boas informações para a avaliação inicial do material.

DELLA BONA & VAN NOORT[16], em 1995, analisaram a validade do teste de cisalhamento na análise da interface adesiva de resinas unidas à cerâmicas, variando-se a configuração do espécime. No grupo1, foi confeccionado uma base de cerâmica onde um cilindro de resina composta foi aderido, no grupo 2 a situação foi invertida e no grupo 3 base e cilindro foram confeccionados somente com resina composta. Os resultados mostraram que diferenças significantes de resistência ao cisalhamento foram obtidas para diferentes configurações do espécime, mesmo quando se utilizou espécimes com o mesmo desenho geométrico e mesmo material na interface adesiva. O uso de uma base de cerâmica produziu resistência ao

cisalhamento de quase metade daquela obtida para as bases de resina composta, mesmo quando as áreas de adesão eram idênticas. Os autores concluíram que o teste de cisalhamento é inadequado para avaliar resistência adesiva de resinas unidas à cerâmica, visto que as falhas ocorreram na base de cerâmica e não na interface adesiva. Foi assumido que o padrão de falha é devido à geração de alto "stress" na base do espécime, como conseqüência de uma distribuição de forças não uniformes geradas pelo teste de cisalhamento. Foi indicado o teste de tração como alternativa mais apropriada para avaliar a resistência da interface adesiva entre resinas e porcelanas..

SANO et al.[48], em 1995, estudaram a microinfiltração em cavidades de classe V, restauradas com resina composta e adesivos de hidrofílos, por meio de imersão em nitrato de prata. A análise em MEV revelou a presença de poros na base da camada híbrida para todos os adesivos usados, mesmo na ausência de fendas na interface dente-restauração, o que poderia permitir a penetração de água. Para distinguir esse tipo especial de microinfiltração, com formação de poros na base da camada híbrida e ausência de fendas marginais, os autores propuseram o termo "nanoinfiltração".

ALANI & TOH[1] , em 1997, em uma revisão nos estudos de microinfiltração, descreveram os métodos utilizados para este fim, bem como as implicações deste fenômeno. A detecção da microinfiltração pode ser feita por meio do uso de corantes, marcadores químicos, isótopos radioativos, ar pressurizado, bactérias, análise da ativação de neutrons, MEV, técnica de cáries artificiais e condutividade elétrica. Os autores ressaltaram a importância da influência de ciclagens térmica e mecânica, afim

de se reproduzir "in vitro" as condições intra-bucais. Foi concluído que nenhum dos métodos usados para detecção de microinfiltração é ideal, tendo os mesmos apresentado vantagens e desvantagens.

2. ADESIVOS DENTINÁRIOS

A primeira tentativa de aderir materiais resinosos à superfície dentária foi realizada por BUONOCORE[6], em 1955, através de tratamento superficial do esmalte, com o objetivo de aumentar a retenção. Foram usados o fosfomolibdato a 50% em união com o ácido oxálico a 10% e o ácido fosfórico a 85%. Os resultados mostraram um aumento de retenção para os dois materiais, em comparação com os dentes não tratados, sendo a maior retenção para os dentes tratados com ácido fosfórico. A formação de precipitado produzido pelo ácido oxálico pode ter sido a causa de menor retenção para esse grupo. O ácido fosfórico, além de maior retenção, apresentou técnica de uso bem mais simples.

BRANNSTROM & NORDENVALL[5], em 1977, avaliaram através de MEV, os efeitos do condicionamento dental com solução de ácido fosfórico a 37% no esmalte, dentina e superfície interna da resina restauradora. O ácido foi aplicado por 15 segundos e 2 minutos e o grupo controle não foi condicionado, sendo aplicado somente uma solução usada para limpeza de cavidades (Tubulicid). O condicionamento ácido por 15 segundos ou 2 minutos não mostrou diferenças consideráveis na aparência do esmalte e dentina. A superfície interna das restaurações, correspondendo às paredes das cavidades, geralmente se apresentou

como uma réplica da superfície condicionada. O grupo controle mostrou paredes mais lisas, com presença de debris obliterando os túbulos dentinários e com raras edentações. Em virtude da ausência de diferença entre os grupos estudados, os autores sugeriram tempos de condicionamento menores, variando de 1 a 2 minutos.

NAKABAYASHI et al [39], em 1982, avaliaram a efetividade da resina 4-META na adesão ao esmalte e à dentina. Foram usadas as soluções de ácido cítrico (1%) e cloreto férrico (1%) ou em concentrações de 1% e 3%, respectivamente, para condicionar a superfície dental. Após a cimentação de cilindros de resina e estocagem por 24 horas em água a 37 ^{0}C, os mesmos foram submetidos ao teste de tração à uma velocidade de 2 mm/min. A resistência adesiva foi de 18 MPa na dentina condicionada. A análise ao MEV sugeriu que o monômero apresentava afinidade pelo tecido duro. Foi concluído que monômeros com grupamentos hidrófilos e hidrófobos promoviam adesão por infiltração e polimerização no interior do substrato condicionado, e que a adesão não era devido a formação de "tags" nos túbulos dentinários, como havia sido descrita anteriormente.

ELIADES et al[19] , em 1985, avaliaram as relações entre composição, capacidade de umedecimento e resistência ao cisalhamento de 4 adesivos dentinários disponíveis comercialmente (Scotchbond, Dentine Bonding Agent, Dentin Adhesit e Dentin Mat), e 2 experimentais (NPG/PMDM e Gluma). A composição foi analisada por meio de espectrofotometria e a obtenção do ângulo de contato foi feita pelo método descrito por Jong et al. O teste mecânico foi realizado 24 horas ou 1 semana após os procedimentos restauradores. A estocagem por 1 semana foi acompanhada de 1300 ciclos térmicos entre 4 e 60 ^{o}C. A análise da composição química sugere ligações com

o cálcio, colágeno ou quelação superficial e copolimerização com a resina restauradora. Todos os adesivos apresentaram boa penetração na dentina, mas o tratamento com EDTA reduziu drasticamente o ângulo de contato. Não foram observadas diferenças significativas entre os materiais, exceto o Dentin Adhesit, que apresentou melhor difusibilidade. A resistência adesiva mais alta foi obtida pelo Gluma, após os dois períodos de estocagem. Após estocagem por 1 semana e ciclagem térmica, houve queda nos valores de cisalhamento e maior presença de falhas adesivas, indicando um provável enfraquecimento da interface dentina-resina.

TAO & PASHLEY[49], em 1988, avaliaram a resistência ao cisalhamento do Scotchbond/Silux, quando aderidos em diferentes profundidades e posições, antes e depois de diferentes tratamentos da dentina. No grupo controle a dentina foi tratada com água por 1 minuto e nos demais foi usado ultra-som, EDTA a 0,2%, ácido cítrico a 6% e ácido fosfórico a 37%. A "smear layer" foi criada com lixas ou brocas de baixa rotação sem refrigeração para este método. Os resultados mostraram que a "smear layer" criada com lixas produziu adesão ligeiramente superior ao grupo onde foi usada a broca. Isso provavelmente deveu-se ao calor gerado nesse último método que pode ter desnaturado o colágeno formando uma massa mais coesa juntamente com os debris de "smear layer". Os grupos que receberam algum tratamento na dentina apresentaram uma significante variação na resistência ao cisalhamento nas diferentes profundidades avaliadas. Uma redução drástica nos valores foi observada quando a dentina foi condicionada com ácido cítrico a 6% e fosfórico a 37%. Não houve diferença significante nos valores em função da profundidade quando a "smear layer" permaneceu intacta. Foi assumido que a adesão deste material ocorria por meio de

ligação com o cálcio. Com a remoção parcial deste, pelo condicionamento ácido, era esperada uma queda significativa nos valores de adesão. Quando a dentina não era condicionada, o conteúdo de cálcio permanecia constante e os valores de adesão não se alteravam significativamente em função da profundidade, já que a quantidade de cálcio disponível para ligações permanecia praticamente a mesma.

NAKABAYASHI et al[38], em 1992, investigaram, "in vivo", a adesão da resina 4-META à dentina humana. Dentes condenados por problemas periodontais foram tratados com solução 10:3 por 10 e 30 segundos, e imediatamente extraídos para análise em MET. O exame microscópico revelou a formação de camada híbrida, criada pela impregnação, mistura e envolvimento das fibras colágenas e aprisionamento dos cristais de hidroxiapatita pelo agente resinoso. A adesão foi considerada estável e duradoura, todavia, podendo apresentar falhas após longos períodos de imersão em água. Isso ocorreria pela hidrólise dos peptídeos do colágeno que não teriam sido recobertos totalmente pela resina. Uma desmineralização em pequenas proporções seria favorável, pois facilitaria a difusão da resina para toda a região do colágeno exposto, diminuindo a possibilidade de exposição dessas fibras aos fluidos bucais.

BARKEMEYER & COOLEY[4], em 1992, em uma revisão, avaliaram e classificaram os adesivos em gerações de acordo com suas diversas características. Os adesivos de primeira geração tentaram, sem sucesso, se ligar à dentina por quelação do cálcio pelo monômero resinoso N-fenilglicina glicidil metacrilato. Estudos revelaram adesão fraca à dentina, da ordem de 2,8(2,1) MPa e ausência de diminuição na infiltração marginal. A segunda geração dos adesivos usou um grupamento fosfato para promover a adesão com o cálcio das estruturas mineralizadas. Testes iniciais de

resistência adesiva revelaram valores baixos, da ordem de 1 a 3 MPa para esses materiais. Os adesivos de terceira geração se caracterizaram pelo condicionamento da dentina em adição à aplicação do agente adesivo. A química é bastante diferente da geração anterior, com agentes condicionantes que modificam ou removem a "smear layer" e, subseqüentemente, interagem com a dentina. Uma resina intermediária é geralmente usada após o condicionamento da dentina. Um aumento na resistência adesiva ao cisalhamento foi obtida para esses materiais. Os valores variaram de 8,8(3,4) a 18,6(5,3) MPa. Os sistemas mais novos de adesivos têm mostrado resistência adesiva aproximada ou excedente àquela obtida com o condicionamento ácido do esmalte bem como uma redução significativa na microinfiltração em margens de dentina e cemento.

NAKABAYASHI[36], em 1992, em uma revisão, descreveu os princípios de adesão da resina 4-META, quando aplicada sobre a dentina. Uma melhora na adesão é conseguida pelo aumento da penetração intertubular e impregnação da dentina, quando do uso da resina 4-META/MMA-TBB, após a aplicação da solução 10-3 (ácido cítrico a 10% + cloreto férrico a 3%). A adição do cloreto férrico ao ácido cítrico estabilizou o colágeno durante a remoção da apatita mineral, preservando a sua configuração tridimensional e facilitando a penetração do monômero resinoso. A polimerização deste se dá pela ação do iniciador tri-n-butil-borano (TBB) em conjunção com o oxigênio e a água como co-catalisadores. Essas duas substâncias estão disponíveis no substrato dentinário e seus túbulos. Uma vez polimerizada, a resina forma um emaranhado com as fibras colágenas e deixa encapsulados os cristais de hidroxiapatita, criando uma área ácido-resistente conhecida como zona híbrida.

VAN MEERBEEK et al.[57] , em 1992, em uma revisão, abordaram os diversos fatores envolvidos na adesão. Foi concluído que os aspectos físico-químicos da dentina e sua modificação proveniente do condicionamento ácido, estão diretamente ligados à adesão. As propriedades físicas dos adesivos como viscosidade, capacidade de umedecimento, contração de polimerização, módulo de elasticidade, expansão higroscópica, coeficiente de expansão térmica linear e condutibilidade térmica estão também envolvidos no processo de adesão, bem como na sua longevidade.

CAO et al[9] , em 1992, analisaram, através de MEV, os efeitos de dois tratamentos da dentina, em cavidades com lesão de cárie. Para isso, cavidades oclusais foram preparadas em molares humanos intactos e com cárie oclusal de 2 a 3 mm de profundidade. A dentina cariada foi removida com ajuda de evidenciador de cárie. O condicionamento da dentina foi feito com solução 10-3 ou EDTA a 10% e as restaurações foram realizadas com VLC Bond e Durafill. A análise ao MEV mostrou que ambas as soluções utilizadas removeram a "smear layer" nos dentes onde foi removida a cárie, proporcionando a obtenção de uma zona híbrida com densos feixes de "tags". Os autores sugeriram que o EDTA, por não degradar o colágeno e não se difundir através da dentina em direção à polpa, pode ser usado como um eficiente condicionador em cavidades onde foi removida a cárie.

PASHLEY et al.[43] , em 1993, avaliaram "in vivo" a resistência adesiva ao cisalhamento de quatro sistemas adesivos à dentina superficial, média e profunda de caninos e molares de cães. A maioria dos sistemas apresentou melhor adesão em dentina superficial e valores progressivamente mais baixos para dentina média e profunda. Os caninos apresentaram maiores valores de adesão que os molares, o que

pode ser explicado pela maior permeabilidade destes. Foi assumido que a diferença nos valores poderia estar relacionada à formação de camada híbrida, bem como à qualidade desta.

EICK et al.[17], em 1993, avaliaram a resistência ao cisalhamento de adesivos dentinários que apresentavam valores ao redor de 17 MPa. A resistência adesiva obtida para a maioria destes materiais foi suficiente para causar falha coesiva na dentina durante os testes. Este resultado foi atribuído a uma combinação de fatores que inclui umidade e penetração da resina na dentina preparada, bem como impregnação do colágeno intacto estruturalmente, resultando na formação da camada híbrida.

Procurando relacionar os parâmetros de formulação dos adesivos dentinários, sua importância clínica e avaliação dos testes "in vitro", ELIADES[18], em 1994, relatou o mecanismo de união, envolvendo tensão superficial, propriedades dos adesivos e substrato dentinário . O autor também descreveu os princípios de aplicação, propriedades mecânicas e polimerização destes materiais. Ensaios de resistências às forças de tração e cisalhamento foram descritos, procurando uma associação com as condições "in vivo". Seleção, preparo e armazenamento do substrato, simulação de pressão intrapulpar e circulação de fluidos dentinários, bem como a ciclagem térmica e mecânica dos corpos de prova, são aspectos importantes na aproximação desses testes com as condições bucais, o que, lhes tornariam mais confiáveis. A análise ultraestrutural da interface adesiva e das falhas após fratura, podem ser feitas por MEV, o que muitas vezes produz artefatos de técnica, os quais devem ser corretamente interpretados. Apesar de se dispor de ampla tecnologia aplicável no

estudo dos adesivos, o autor considera um desafio a obtenção de resultados clinicamente expressivos.

PERDIGÃO & SWIFT[45], em 1994, analisaram, através de MEV, os adesivos dentinários All Bond 2, Amalgambond, Gluma 2000, Optibond e SBMP. Com exceção do Gluma 2000, todos os sistemas testados mostraram boa infiltração na dentina, com formação de camada híbrida. O uso do ácido oxálico como um dos componentes do condicionador daquele sistema, resulta na formação de oxalato de cálcio sobre a dentina, promovendo ligações iônicas com o adesivo, o que poderia explicar uma menor difusão da resina na dentina quando do uso do Gluma 2000.

CHAPPELL & EICK[12] , em 1994, avaliaram a resistência adesiva ao cisalhamento de 6 adesivos dentinários comercialmente disponíveis e observaram, através de MEV, a morfologia da interface adesiva após a fratura dos espécimes. Foram usados os adesivos All Bond 2 (AB2) com e sem condicionamento, Syntac (SY), Prisma Universal Bond 3 (PUB3), Scotchbond Multi-Purpose (SBM), Tenure Solution (TS) e Adhesive By Choice (ABC). Para o procedimento adesivo foi utilizada a dentina oclusal de terceiros molares recém-extraídos, dispensando-se máximo cuidado em padronizar a profundidade da dentina, afim de evitar variáveis nos valores de adesão. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os valores obtidos, com exceção do SBM, o qual foi significativamente mais alto que os outros adesivos estudados. A análise ao MEV mostrou que a maioria das fraturas foi de natureza adesiva, com exceção do SBM que apresentou muitas falhas coesivas da dentina ou da resina composta. O SBM apresentou valores com variação entre 17 e 35 MPa e média de 25 MPa, o que resultou em predominância de falhas coesivas. Em

BIBLIOTECA CENTRAL

adição, o coeficiente de variação de 24% foi o mais baixo de todos os adesivos testados, demonstrando baixa dispersão dos valores de resistência adesiva para o SBM.

AMORY & YVON[2] , em 1994, avaliaram a existência de uma correlação entre as características da dentina e a resistência ao cisalhamento de resinas compostas aderidas àquele substrato. Para isto foram medidos, em várias profundidades, o número e diâmetro dos túbulos dentinários, a superfície real de dentina, a dureza Vickers e a concentração de cálcio e fósforo. Dois sistemas adesivos foram testados (All Bond 2 e Scotchbond 2) em 70 molares humanos propositalmente abrasionados e polidos. Durante o teste foi usada uma velocidade de 0,5 mm/min. Os resultados encontrados mostraram uma variação da média da resistência ao cisalhamento em MPa de 9,1(5,3) (All Bond 2) e 3,2(1,9) (Scotchbond 2). O número e diâmetro dos túbulos decresceu à medida que se distanciou da polpa e a superfície real de dentina aumentou, enquanto que a proporção de Ca/P permaneceu constante em qualquer ponto da dentina. Sob as condições desse experimento, a resistência ao cisalhamento se mostrou independente das características da dentina e da concentração de cálcio. Esse fato poderia, possivelmente, ser explicado pela aplicação do "primer", que resulta numa considerável melhora da adesão micromecânica com a dentina. A adesão parece ser regida por retenções micromecânicas sem ligação química aparente aos sítios de cálcio.

FERRARI[21], em 1994, avaliou, através de MEV, as diferenças na interface adesiva "in vivo" e "in vitro" , após a aplicação de Gluma 2000 e Scotchbond MP em cavidades classe V. Não foram encontradas diferenças entre os grupos estudados e a

dentina intertubular se mostrou bem infiltrada por resina em todas as situações. Foi observada grande quantidade de "tags" fraturados, provavelmente devido ao preparo das amostras para MEV.

FERRARI et al[22] , em 1994, avaliaram a relação micromorfológica entre dentina "in vivo" e "in vitro", depois da aplicação dos adesivos Gluma 2000 e Scotchbond MP em cavidades classe II. A morfologia dos "tags" formados pelos materiais testados foi similar nas duas situações. Pequenos "tags" foram detectados, especialmente nas paredes laterais da cavidade, enquanto que nas paredes de fundo algumas áreas apresentaram "tags" de até mais de 100 μm. Os diferentes comprimentos de "tags" observados "in vivo" podem estar relacionados com o sítio e tipo de dentina, o tipo de cavidade e localização, a idade do dente e a capacidade de difusão da resina

CHAPPEL et al[13] , em 1994, avaliaram, através de MEV, os efeitos do tratamento da superfície dentinária, quando da utilização de 6 adesivos comercialmente disponíveis. Foram usados os adesivos All Bond 2, Syntac, PUB 3, SBMP, Tenure e Choice. Nos sistemas que utilizaram um condicionamento ácido previamente à aplicação do "primer", houve uma remoção completa da "smear layer". As superfícies tratadas não apresentaram a mesma aparência. O adesivo Choice apresentou uma superfície bem plana, enquanto que rugosidade e túbulos fechados foram comuns ao Syntac, mostrando que para este adesivo não houve desmineralização da dentina peritubular. A aplicação do Tenure e SBMP resultou em abertura dos túbulos dentinários, enquanto que o PUB 3 não removeu a "smear layer", mostrando apenas depressões na superfície dentinária. O All Bond 2, quando usado após

condicionamento ácido, apresentou túbulos abertos e formação de "tags", enquanto que na ausência de condicionamento os túbulos permaneceram ocluídos.

TAY et al.[50], em 1995, avaliaram a interface adesiva após a utilização do ácido fosfórico a 10% por 20 segundos, seguido da aplicação do All Bond 2 e resina Z-100. Para isso, foram preparadas cavidades de classe V, com 0,5 mm de dentina remanescente na parede de fundo, em pré-molares com extração indicada por motivos ortodônticos. A observação ao microscópio de luz mostrou uma camada híbrida com até 8μm de profundidade. Ao MEV foi observada uma camada híbrida sólida e com pequenos espaços vazios, além de um íntimo contato entre esta e a resina restauradora subjacente. Em sua porção inicial, os "tags" de resina se apresentaram com formato afunilado e se aprofundaram até 50μm da polpa. Os autores ainda relataram a presença de processos odontoblásticos no terço mais profundo dos túbulos e a possibilidade de selamento de componentes celulares expostos nesses túbulos, por meio de materiais biologicamente compatíveis advindos de estudos futuros.

NERY et al.[40], em 1995, realizaram um estudo comparativo de 3 adesivos dentinários (All Bond 2, Scotchbond 2 e Panávia Ex), quando unidos à dentina de várias profundidades e também avaliaram sua adesão com ligas metálicas. Foram realizados testes de cisalhamento a uma velocidade de 1 mm/min. Os resultados mostraram uma redução nos valores, em função do aumento da profundidade da dentina para o Scotchbond 2 e Panavia Ex. Um aumento na umidade e menor quantidade de dentina intertubular poderiam explicar esse fato, já que o "primer" teria dificuldade em deslocar uma maior quantidade de água para promover a adesão. A resistência adesiva do All bond 2 não foi afetada pela profundidade da dentina. Os

autores concluíram ainda que a criação da camada híbrida é mais importante para a adesão do que a formação de "tags" nos túbulos dentinários.

BURKE & McCAUGHEY[7] , em 1995, em uma revisão sobre as quatro gerações de adesivos dentinários, descreveram as principais características e implicações clínicas desses materiais, e propuseram propriedades para um adesivo ideal. Os adesivos de primeira geração tentaram união entre os grupos fosfato e os íons cálcio da dentina, o que resultou em baixa resistência adesiva (2,7 a 5,7 MPa), após 5 meses de imersão em água. A segunda geração de adesivos se caracterizou pelo uso de ésteres halofosfóricos de Bis-GMA (Scotchbond, Bondlite e Prisma Universal Bond) ou poliuretanas (Dentin Adhesit), como base na composição destes materiais. Buscou-se novamente uma ligação química com o cálcio da dentina e embora a adesão tenha sido maior que a da geração anterior, esta apresentava grande variação ao teste de cisalhamento (0,7 a 15,3 Mpa) e as perdas de restaurações por falta de retenção podiam chegar a 100%, quando não eram feitas retenções adicionais. A terceira geração de adesivos se caracterizou pela aplicação de uma ou mais soluções na dentina, afim de modificá-la, antes da aplicação do adesivo (Gluma Tenure, Mirage, All Bond, Scotchbond 2). A infiltração na dentina condicionada, com conseqüente formação de zona híbrida, foi sugerida como principal mecanismo de retenção destes materiais, os quais apresentaram performance laboratorial e clínica bem melhor que seu antecessores. Três critérios foram propostos para caracterizar os adesivos de quarta geração: mínima sensibilidade técnica, resistências adesivas similares para esmalte e dentina e manutenção da resistência adesiva quando aplicados à superfícies úmidas. Estes materiais apresentam grande redução na

microinfiltração e alta resistência adesiva (em torno de 26 MPa para esmalte e dentina), e podem ser usados para diferentes propósitos, incluindo reparos de porcelanas e dessensibilização de lesões de erosão/abrasão.

CAMPS et al.[8], em 1995, investigaram os efeitos de diferentes concentrações e tempos de aplicação do ácido maléico, na permeabilidade da dentina. Foram usadas as concentrações de 0,1 , 0.25 e 0,5 M com os tempos de 15, 30 e 60 segundos. O ácido maléico a 10% (0,86 M) foi usado como controle. A condutividade hidráulica foi calculada usando-se discos de dentina de 0,7 mm, pré-condicionados. Após 60 segundos de exposição, todas as soluções aplicadas apresentaram a mesma efetividade. A máxima permeabilidade da dentina foi conseguida após condicionamento por 15 segundos com concentrações de 0,25 ou 0,5 M, após 30 segundos com concentração de 10% e após 60 segundos com solução a 0,1 M. Durante os 30 primeiros segundos, a solução a 0,1 M não aumentou a permeabilidade da dentina e não removeu totalmente a "smear layer".

HASEGAWA et al.[29], em 1995, determinaram a resistência ao cisalhamento do adesivo SBMP aderido à dentina e a quantidade de infiltração de corante, em restaurações de classe V realizadas "in vitro". De 90 espécimes preparados, 15 foram submetidos ao teste mecânico imediatamente após sua confecção e o restante foi estocado em solução salina a 37 ^{o}C por períodos de 24 horas, 1 ou 4 semanas. Dos espécimes estocados por 1 e 4 semanas, metade foi submetida a 500 ciclos térmicos entre 8 e 50 ^{o}C, formando então 4 grupos. O teste foi realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min. Para o teste de microinfiltração, os espécimes foram submetidos a 500 ciclos térmicos, em solução de azul de metileno, e os valores obtidos em μg de corante

por restauração, através de espectrofotometria. Valores mais altos e não diferentes entre si foram obtidos para os espécimes, quando se realizou o teste de cisalhamento 1 semana e 24 horas após sua confecção. Quando o teste foi realizado - após 24 horas ou 4 semanas com ciclagem térmica, após 4 semanas sem ciclagem térmica e após 1 semana com ciclagem térmica sem estocagem - os valores obtidos não foram significativamente diferentes. A menor resistência adesiva obtida pelos espécimes testados imediatamente após sua confecção, foi explicada pelo fato de que a polimerização desses materiais continua após a exposição à luz. A microinfiltração foi de 1,91(0,80) μg de corante por restauração.

FRANCHI & BRESCHI[24], em 1995, avaliaram os efeitos do condicionamento ácido na superfície do esmalte e dentina por meio de MEV. O ácido fosfórico a 37%, aplicado por 30 segundos na dentina, removeu a "smear layer" e abriu os túbulos dentinários. A aplicação, por 30 segundos, de ácido oxálico a 4,3% e uma solução de sais de alumínio a 2,6%, resultou em abertura e remoção de "smear layer" de aproximadamente 50% dos túbulos dentinários. Já o tratamento com ácido maléico a 10% por 15 segundos, resultou em abertura dos túbulos, permitindo a visualização de fibras colágenas dentro dos mesmos.

YOSHIYAMA et al.[63], em 1995, avaliaram a morfologia interfacial e resistência adesiva, por meio de micro-tração, de dois sistemas adesivos (All Bond 2 e Imperva Bond) em dentina superficial e profunda, com e sem condicionamento da dentina. Os resultados revelaram que o All Bond 2 e o Imperva Bond, quando aplicados após condicionamento ácido total, formaram uma camada de resina infiltrada mais espessa em dentina profunda (4-8μm) do que em dentina superficial (2-4μm) e

que os dois adesivos quando aplicados em dentina superficial e profunda sem o condicionamento ácido, produziram uma camada de resina infiltrada muito fina (menor que 0,5 μm). A maior espessura de infiltrado de resina, após condicionamento ácido, ocorreu em dentina profunda, provavelmente, pela maior quantidade de túbulos e menor quantidade de cálcio, o que resulta em maior permeabilidade tecidual. Quando não foi feito o condicionamento ácido, a pouca penetração da resina se deu pela pequena quantidade de ácido nos "primers". O teste de micro-tração não revelou diferenças estatisticamente significantes para dentina superficial, quando condicionada ou não, enquanto que em dentina profunda, o condicionamento ofereceu quase o dobro da resistência dos espécimes não condicionados. Isso foi explicado pelo fato de que, em dentina superficial, a aplicação apenas do "primer" (sem condicionamento) resultou em penetração de resina de até 0,5 μm, o que forneceu boa retenção devido à grande quantidade de dentina intertubular disponível para retenção mecânica. Já em substrato profundo, a escassez de dentina intertubular faz com que os "tags" passem a desempenhar papel preponderante para a retenção. Sem condicionamento ácido não temos a formação de "tags", motivo pelo qual a retenção em dentina profunda seria afetada pela ausência de condicionamento ácido.

CARVALHO et al.[11], em 1996, avaliaram os efeitos da desidratação no módulo de elasticidade da dentina humana desmineralizada. Barras retangulares de dentina foram obtidas e desmineralizadas em sua porção central, por imersão em EDTA, por 72 horas. Os espécimes foram desidratados em acetona, HEMA, ou expostos ao ar e em seguida, foram submetidos ao teste de tração. O módulo de elasticidade foi calculado e comparado para os espécimes desidratados ou imersos em

água. Todos os métodos de desidratação causaram um aumento significativo no módulo de elasticidade da dentina desmineralizada. Os maiores valores foram para a secagem em ar, seguidos pela desidratação em acetona e HEMA. Os autores concluíram que as mudanças nas propriedades mecânicas da dentina desmineralizada, causadas pelos solventes orgânicos testados, pode alterar a permeabilidade da dentina e influenciar no mecanismo de adesão.

CARVALHO et al.[10], em 1996, estudaram a ocorrência de alterações dimensionais na dentina humana desmineralizada, durante a preparação de espécimes para MEV, usando diferentes técnicas de desidratação. Os resultados mostraram que todas as formas de preparo causaram contração significativa nos espécimes. Tal efeito também ocorreu durante a visualização, devido ao alto vácuo a que o espécime é submetido, dentro da câmara do microscópio. Os autores concluíram que, quando dimensões de túbulos, "gaps", zona híbrida e profundidade de desmineralização forem determinados por MEV, cuidados devem ser tomados para incluir, nos cálculos, correções relativas à quantidade de contração ocorrida durante o preparo dos espécimes.

WALSAHAW & McCOMB[61] , em 1996, em uma revisão sobre adesão dentinária, descreveram os possíveis mecanismos que ocorrem durante este fenômeno, bem como os aspectos clínicos importantes para uma adesão favorável. O "primer", promotor de difusão da resina para o interior do substrato úmido, apresentou melhores resultados de penetração, quando aplicado em camadas múltiplas na dentina, mesmo para aqueles materiais que recomendam aplicação única. A prevenção do colapso das fibras colágenas, pela manutenção da umidade natural da dentina, foi

considerada essencial para o processo adesivo. Por outro lado, o excesso de umidade resultou em espaços vazios na interface adesiva. O condicionamento da dentina não deveria ultrapassar 15 segundos, o que poderia resultar em desmineralização excessiva e penetração incompleta da resina nos espaços criados. Embora os "tags" de resina possam penetrar na dentina vital cerca de 10 a 20 μm, seu embricamento mecânico efetivo com a dentina ocorre somente nos primeiros 2 ou 3 μm, correspondendo a porção inicial afunilada dos túbulos dentinários. Dessa forma, os "tags" parecem não contribuir para a adesão, ou seja, não existe benefício resultante do aumento no comprimento dos "tags", devido à ausência de hibridização na sua porção mais profunda. A camada híbrida, devido a sua flexibilidade, parece funcionar como absorvedora de "stress", prevenindo a formação de trincas durante a contração de polimerização das resinas compostas. Clinicamente, o uso de jato de ar deveria ser usado somente para auxiliar na evaporação do solvente e não para espalhar o filme de resina. O uso excessivo de ar para este fim resultou em decréscimo significativo nos valores de resistência ao cisalhamento do Scotchbond Multipurpose à dentina. A obtenção de uma camada uniforme de adesivo e a inserção da resina restauradora em incrementos, também auxiliam na manutenção da integridade da interface adesiva.

MACIEL et al.[31], em 1996, avaliaram os efeitos da desidratação com acetona, etanol, HEMA, glutaraldeído e ar na rigidez da matriz de dentina humana descalcificada. Para isso, pequenas vigas de dentina (8 X 1,7 X 0,9 mm) foram descalcificadas em EDTA a 0,5 M, e levadas ao teste do "cantilever" , após submetidas aos diversos tratamentos . Os resultados indicaram que a rigidez da matriz de dentina descalcificada é muito baixa (7 MPa) , se os espécimes são umedecidos com água.

Quando desidratados quimicamente, por meio de solventes orgânicos ou fisicamente pelo ar, a rigidez aumenta de 20 a 38 vezes frente a baixos impactos ou 3 a 6 vezes frente a altos impactos. Este aumento foi revertido por nova imersão em água. Exposição ao glutaraldeído também resultou em aumento da rigidez, que não foi revertida após imersão em água. O volume da matriz após a desidratação foi diferente para os grupos. O ar provocou uma redução de 67,5% no volume inicial da matriz, por desenvolvimento de forças de tensão de superfície, enquanto que os solventes orgânicos usados no estudo preservaram melhor os espaços entre as fibras colágenas, o que permite melhor infiltração da resina durante os procedimentos adesivos.

PATIERNO et al.[44], em 1996, avaliaram a resistência adesiva de resinas compostas aderidas à dentina cervical interna de dentes bovinos por meio de "push out". As restaurações foram feitas pelo método direto e indireto. Os resultados mostraram uma resistência adesiva de 8,5(2,7) MPa para as restaurações indiretas, que foi significativamente maior que o valor de 5,0(1,9) MPa, obtido para as restaurações diretas. O aumento da resistência ao "push out" para as restaurações indiretas pode ser devido à combinação de fatores, tais como: aumento no número, comprimento e diâmetro dos "tags", ausência de espaços e aumento na adaptação da resina composta, fatores estes, oriundos da pressão de cimentação envolvida nessa técnica e observados, neste estudo, através de MEV. A contração de polimerização, que ocorre em maior quantidade nas restaurações diretas, pode ter contribuído também para a redução da adesão nesta técnica.

TREVINO et al.[52], em 1996, avaliaram clinicamente 138 restaurações de lesões cervicais de erosão, onde foi utilizado ácido maléico a 10% por 15 segundos

como condicionador, e o sistema restaurador Silux plus. As restaurações foram realizadas em 3 grupos: A, sem preparo e com isolamento absoluto; B, com bisel de 45 graus no esmalte e isolamento absoluto; e C, com bisel e isolamento relativo. As restaurações foram avaliadas após 6 meses, 1, 2 e 3 anos, usando-se os critérios de retenção, alteração de cor, integridade marginal, descoloração marginal, forma anatômica, cárie secundária, sensibilidade pós-operatória e resposta gengival. Após 3 anos, 103 restaurações foram avaliadas. No critério retenção, o índice de sucesso foi de 97,8%, 88,7% e 100% para os grupos A, B e C, respectivamente. Todos os outros critérios avaliados apresentaram resultados excelentes. O SBMP também se mostrou menos sensível à umidade que os adesivos de gerações anteriores.

NAKABAYASHI & SAIMI[37], em 1996, avaliaram a adesão usando um "primer" auto-condicionante aplicado na dentina de dentes bovinos onde a "smear layer" foi removida por meio de polimento com pasta de hidroxiapatita, seguido de banho em ultra-som. Foram usados testes de tração e análises em MEV. No grupo 1 (controle), após a remoção da "smear layer", o adesivo foi imediatamente aplicado, sem o uso prévio da solução auto-condicionante. Nos grupos 2 e 3 a solução auto-condicionante foi aplicada por 30 e 60 segundos, respectivamente. Os grupos 2 e 3 mostraram resistências adesivas semelhantes e superiores ao grupo 1. Na análise em MEV, os resultados foram diferentes para os 3 grupos, onde o aumento do tempo de aplicação do "primer" resultou em formação de camada híbrida mais espessa. O "primer" em estudo criou canais de difusão para o interior da dentina intacta, que permitiu uma infiltração do monômero, resultando em formação de camada híbrida

resistente aos tratamentos com HCl e NaOCl. Foi sugerido então, que a camada híbrida não apresentava defeitos e que a adesão poderia ser considerada estável.

TAY et al[51] , em 1997, avaliaram por meio de MET, o efeito da umidade da dentina na infiltração do adesivo para a zona desmineralizada desse substrato. Foi usado nesse trabalho um adesivo de frasco único, contendo acetona em sua composição. Uma completa infiltração da resina, na zona dentinária desmineralizada, foi observada quando a dentina foi deixada úmida ou quando foi reumedecida com água destilada após secagem. Menor infiltração ocorreu quando a dentina foi secada com ar por 3 segundos, a uma distância de 5 cm, antes da aplicação do adesivo. A manutenção do arcabouço de colágeno, promovido pela água, favoreceu a difusão do adesivo melhorando as qualidades da interface adesiva. O reumedecimento se mostrou capaz de devolver às fibras sua configuração original, após o colapso por secagem excessiva.

PASHLEY & CARVALHO[41] , em 1997, escreveram uma revisão enfocando as relações entre permeabilidade dentinária e resistência adesiva. Foram também discutidos os possíveis mecanismos de adesão e o papel dos elementos presentes no substrato e adesivo. Foi relatado que uma adesão mais estável pode ser conseguida através de uma camada híbrida menos profunda e mais uniforme, onde não há poros decorrentes de deficiência de infiltração do adesivo. Devido à baixa resistência coesiva da "smear layer", um aumento na resistência adesiva só poderia ser conseguida com a remoção desta, ou com o desenvolvimento de materiais que possam atravessá-la e alcançar a matriz de dentina subjacente. Neste caso, a "smear layer" é incorporada na camada híbrida, o que ocorre com os adesivos "self-etching". Sob condições ideais, a

camada híbrida seria o principal mecanismo de adesão em dentina superficial com menor contribuição dos "tags" enquanto que, em dentina profunda, estes passariam a contribuir mais para a adesão, em virtude de sua maior quantidade e diminuição da dentina intertubular disponível para a adesão. Os "tags", no entanto , parecem só fornecer adesão em sua porção superior afunilada (2 a 3μm), onde há hibridização das paredes dos canalículos. Adesão química, se existe, parece contribuir muito pouco e pode ser mascarada pelos fatores mecânicos. A água também foi considerada importante no processo adesivo, pela sua capacidade de manter expandida a rede de colágeno, bem como de re-expandí-la em caso de colapso causado por secagem excessiva. A proporção água/monômero nos "primers" à base de água deve ser bem calculada, afim de não enfraquecer a união, em virtude de pouca quantidade de resina. Os autores concluíram que a presença ou não de umidade na dentina provoca profundas mudanças na permeabilidade desta aos monômeros resinosos, o que reflete diretamente na sua adesão com as resinas.

MAURO[34], em 1997, avaliou "in vitro" a resistência de união ao cisalhamento de 5 sistemas adesivos dentinários, quando aplicados em dentina condicionada ou não, com substâncias ácidas. Foram usados os sistemas adesivos Prisma Universal Bond 3, Scotchbond Multi-Uso, Multi-Bond Alpha, All Bond 2 e Pró-Bond. Os resultados mostraram que os tratamentos dentinários com ácido fosfórico a 10 e 37% determinaram um melhor desempenho dos sistemas adesivos, com uma supremacia do sistema Scotchbond Multi-Uso sobre os demais. Os adesivos All Bond 2, Prisma Universal Bond 3 e Pró-Bond apresentaram resultados semelhantes e o sistema Multi-Bond Alpha apresentou os piores resultados.

MAY JR. et al[35] ,em 1997, avaliaram, por meio de cisalhamento e tração, a resistência adesiva do EBS, um novo adesivo com "primer" diluído em água, quando comparado com SBMP e o Optibond FL. Oitenta dentes bovinos tiveram a dentina exposta para os procedimentos adesivos e posteriormente foram submetidos aos testes de tração e cisalhamento. Os resultados mostraram valores maiores para o SBMP em relação aos outros materiais, que tiveram comportamentos iguais frente aos teste de cisalhamento. Os valores obtidos no teste de tração foram 57%, 60% e 36% dos obtidos no teste de cisalhamento para o EBS, SBMP e Optibond FL, respectivamente.

MANDRAS et al.[32], em 1997, avaliaram a performance clínica do sistema Clearfil Liner Bond em restaurações classe V de erosão ou abrasão, sem preparo cavitário. Os procedimentos restauradores seguiram as instruções dos fabricantes e os pacientes foram observados ,por 2 examinadores, ao término da restauração, 6 meses, 1, 2 e 3 anos após sua realização. Na avaliação foram usados os seguintes parâmetros: cor, integridade marginal, presença de cárie recorrente, sensibilidade pré e pós-operatória, descoloração marginal e deslocamento da restauração. Ao fim de 3 anos, 5 das 55 restaurações realizadas falharam devido a ausência de retenção, o que correspondeu a um sucesso de 92,7%. A avaliação dos outros parâmetros clínicos demonstraram excelente performance desse sistema. Alguns componentes do primer desse material apresentam afinidade com o colágeno, e o 10-MDP (10 metacriloil-oxidecil-dihidrogênio fosfato), parece se unir com a dentina, através de ligações iônicas dos grupos fosfato com o cálcio da estrutura dental, o que pode resultar em ótimo selamento marginal. Os autores sugerem também, que a excelente taxa de retenção

desse sistema parece confirmar a efetividade de formação da zona híbrida, promovendo um uma adesão que se mantém estável no ambiente oral.

GORDAN et al.[26], em 1997, avaliaram a resistência de união de 2 sistemas adesivos "self-etching", por meio de teste de cisalhamento. Foram usados os sistemas Clearfil Liner Bond 2 (CLB2) e Denthesive II (DTII) com (ETCH) e sem condicionamento (NOET) da dentina (H_3PO_4 a 35%) e o SBMP foi utilizado como controle. Após 500 ciclos térmicos entre 5 e 55 ^{o}C, os espécimes foram testados a uma velocidade de 5 mm/min. Não houve diferença significativa entre o CLB2, quando usado com condicionamento prévio (20,4 MPa) e sem condicionamento (15,7 MPa). Esse adesivo, no entanto, apresentou valores superiores aos do SBMP (10,6 MPa), DTII-ETCH (10,6 MPa) e DTII-NOET (6,6MPa), os quais foram semelhantes entre si. Segundo os autores, os adesivos com primers ácidos, teoricamente, deveriam apresentar boas características de adesão, pois simultaneamente, descalcificam a dentina e se infiltram nela, o que poderia evitar a presença de espaços vazios na interface adesiva.

FERNANDES[20], em 1997, avaliou a resistência adesiva, através de ensaios de micro-tração, dos adesivos One Step e Clearfil liner Bond 2, empregando como substrato superfícies planas de dentina superficial e profunda, em faces oclusais de terceiros molares humanos extraídos. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas nos valores de resistência adesiva quando se variou a profundidade da dentina , no entanto, diferenças significativas foram observadas quando se variou o material, com o sistema adesivo One- Step fornecendo valores de resistência adesiva mais elevados.

MARSHALL et al.[33], em 1997, publicaram uma revisão sobre estrutura e propriedades do substrato dentinário e suas relações com a adesão. Foi enfatizado o papel do colágeno e seu reforço mineral, a distribuição desses componentes e sua organização microestrutural relacionados com as propriedades mecânicas em resposta à desmineralização. Os autores concluíram que as variações estruturais da dentina influenciam suas propriedades e, por conseguinte, os mecanismos de adesão. A necessidade de mais trabalhos para entender as diferenças entre dentina vital e não vital, e o papel dos processos odontoblásticos no interior dos túbulos dentinários foi relatada. Os autores também enfatizaram os recentes progressos nos métodos disponíveis para o estudo da dentina, o que, sem dúvida, levará a um maior entendimento das propriedades e estrutura deste tecido.

VAN MEERBEEK et al.[55], em 1998, analisaram através de MET, a interface dentina-resina produzida por dois adesivos a base de água, quando aderidos em dentina seca e úmida. Os resultados mostraram não haver grandes diferenças micromorfológicas entre as técnicas de adesão seca e úmida, o que foi comprovado pela presença de camada híbrida bem definida em ambos os casos. Quando a adesão foi feita em dentina seca não, foram observadas evidências microscópicas de colágeno colapsado ou deficiência de infiltração do adesivo. Os autores afirmaram que a água, contida nesses materiais, é capaz de reumedecer a dentina ressecada, promovendo um nova expansão da malha de colágeno, permitindo, dessa forma, uma adesão em condições favoráveis.

VAN MEERBEEK et al.[56], em 1998, em uma revisão sobre adesivos, abordam a evolução e indicações destes materiais bem como os parâmetros que

afetam sua performance clínica. A variação no substrato dentinário é o fator que mais influencia o comportamento dos adesivos. Outros aspectos como capacidade de umedecimento da dentina e elasticidade da interface dente-restauração, também podem influenciar na longevidade das restaurações adesivas. Os autores concluíram que a microinfiltração, bem mais que a retenção, pode diferenciar o desempenho clínico dos sistemas adesivos. Um melhor desempenho dos materiais adesivos pode estar diretamente ligado ao desenvolvimento de materiais restauradores sem contração de polimerização e com coeficiente de expansão térmica semelhante à estrutura dentária.

3. TRATAMENTOS DA DENTINA COM REMOÇÃO DO COLÁGENO

VAN DJIKEN & HORSTEDT[54], em 1987, avaliaram o efeito da aplicação de hipoclorito de sódio a 5%, por 30 segundos ou Tubulicid, por 60 segundos, na adaptação marginal de cavidades classe V com parede cervical em dentina. As restaurações foram feitas "in vivo", com ionômero convencional, ionômero reforçado com prata ou com 3 resinas compostas e seus respectivos adesivos. Os dentes foram extraídos após 1 mês por razões ortodônticas. A observação da interface adesiva e medição dos "gaps" foram realizadas com auxílio de MEV. Para as restaurações de ionômero de vidro, o tratamento com hipoclorito de sódio resultou na ausência de "gaps", enquanto que a aplicação de Tubulicid resultou no aparecimento de poucos "gaps". Considerável formação de "gaps" foi observada quando foram utilizados os dois tratamentos para os sistemas adesivos. A variação entre os materiais resinosos foi

considerada pequena. A absorção de água pode minimizar os efeitos da contração de polimerização, mas a expansão higroscópica resultante do período experimental de 1 mês , não foi suficiente para compensar aquele fenômeno. Além disso, outros fatores como forças mastigatórias e mudanças de temperatura na boca podem ter provocado a formação de "gaps". Foi concluído que o tratamento da dentina com hipoclorito de sódio a 5% melhora a adaptação dos cimentos de ionômero de vidro. Tal fato no entanto, não foi observado para as restauracões de resina composta. O tratamento da dentina com Tubulicid resultou no aparecimento de "gaps" para os dois grupos de materiais.

WAKABAYASHI et al.[60], em 1994, avaliaram o efeito da dissolução e remoção do colágeno na resistência adesiva inicial e na durabilidade da adesão em dentina, através de testes de cisalhamento. No grupo controle foi aplicado somente o ácido fosfórico a 37%, por 30 segundos. O grupo 2 utilizou o hipoclorito de sódio a 10%, por 60 segundos, após a remoção do ácido fosfórico. No grupo 3, o hipoclorito de sódio foi aplicado por 120 segundos e no grupo 4 ambos tratamentos foram feitos por 120 segundos. Um cilindro de metal de 4 mm de diâmetro foi cimentado na dentina usando-se o adesivo Clearfil New Bond e Panavia Ex. Os espécimes foram estocados em água à temperatura ambiente, e, após 24 horas, foi realizado o teste mecânico a uma velocidade de 2 mm/min. Os resultados mostraram um aumento da resistência adesiva para os espécimes onde foi usado o hipoclorito de sódio em relação ao tratamento somente com ácido fosfórico. Houve um aumento ainda mais significativo nos valores, quando o ácido fosfórico e o hipoclorito de sódio foram aplicados por 60 e 120 segundos, respectivamente. A resistência adesiva foi também examinada após

2500, 5000 e 10000 ciclos térmicos entre 4 e 60 ^{o}C. Os espécimes tratados com hipoclorito de sódio continuaram apresentando valores mais altos, embora tenha havido um decréscimo de valores com o aumento de ciclos térmicos para todos os grupos. Após 10000 ciclos, os espécimes tratados com hipoclorito de sódio apresentaram valores 1,5 vezes mais altos que os do grupo controle. Foi sugerida que a resistência adesiva poderia estar relacionada com a quantidade de colágeno existente na superfície da dentina

CIUCCHI et al[15] , em 1994, verificaram a hipótese de que a presença de colágeno após o condicionamento ácido poderia diminuir a permeabilidade dentinária, levando à redução da resistência adesiva. Para isso, a superfície dentinária de coroas de dentes humanos foi condicionada com ácido fosfórico a 35%, lavada e tratada com solução de hipoclorito de sódio a 10% variando-se o tempo de aplicação. No grupo controle (G1) não se aplicou o hipoclorito de sódio e nos demais grupos o tempo de aplicação foi de 5 s (G2), 30 s (G3), 1 min (G4) e 3 min (G5). Os dentes, em número de 8 por grupo, foram restaurados com resina Z-100. Após o seccionamento, os dentes foram submetidos ao teste de micro-tração. Os valores médios de resistência adesiva, obtidos em MPa, foram os seguintes: G1=25,03(5,94), G2=34,23(11,82), G3=18,89(5,37), G4= 26,18(8,51) e G5= 24,63(6,83). Os autores concluíram que a aplicação de hipoclorito de sódio a 10%, por 5 segundos, aumentou significativamente a resistência adesiva, provavelmente pela dissolução do topo da malha de colágeno exposta pelo condicionamento ácido. O tratamento por 30 segundos desorganizou a malha de colágeno, enquanto que 1 e 3 minutos de aplicação dissolveram

completamente a fase orgânica e deixaram uma superfície de dentina mineralizada irregular.

GWINNETT[27], em 1994, comparou a resistência adesiva de resinas unidas à dentina usando 3 adesivos de 4ª geração em combinação com 4 tratamentos ácidos. Foram usados os ácidos: maleico a 10% (15 s), fosfórico a 10% (20 s), nítrico a 2,5% (60 s) e fosfórico a 10% (20 s), seguido da aplicação de hipoclorito de sódio a 5% por 120 segundos. Após 24 horas em água a 37 ^{o}C, os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento a uma velocidade de 5 mm/min. Os resultados obtidos não foram estatisticamente diferentes entre si e a remoção da camada de colágeno não alterou os valores obtidos no teste. Foi concluído que o tipo de agente condicionador não foi um fator decisivo para a obtenção de maior resistência adesiva. A camada rica em colágeno parece não ter influência direta na resistência adesiva que, provavelmente, é derivada da completa difusão da resina para os poros da dentina parcialmente desmineralizada.

UNO & FINGER[53] , em 1995, investigaram o efeito da dissolução do colágeno na resistência adesiva e adaptação marginal de cavidades dentinárias, bem como sua influência na micromorfologia da interface adesiva. Para isso, 15 dentes humanos recém extraídos foram desgastados em sua porção vestibular ou proximal até expor a dentina, onde foi aplicado o sistema Gluma/Pekafill. O primeiro grupo serviu como controle, a dentina foi condicionada com gel de ácido fosfórico a 20% por 30 segundos, lavada com água deionizada por 15 segundos e secada levemente com ar. Os procedimentos, adesivo e restaurador, foram realizados de acordo com as instruções do fabricante. Para o grupo II, após o condicionamento ácido, foi aplicado

com pelota de algodão, uma solução de hipoclorito de sódio a 10% por 60 segundos. Os espécimes foram lavados por 15 segundos e os procedimentos adesivos e restauradores foram realizados como no grupo I. No grupo III, utilizou-se uma solução de ácido fosfórico a 20% para o condicionamento da dentina. O restante dos procedimentos foram iguais ao do grupo II. O objetivo dessa permuta foi evitar a precipitação e aderência do espessante do gel no substrato dentinário, que poderia influenciar na ação do hipoclorito de sódio. Os espécimes foram imediatamente imersos em água a 37 ^{o}C e o teste de cisalhamento foi realizado após 24 horas, a uma velocidade de 1 mm/min. Os resultados obtidos foram de 12,7(2,0) MPa para o grupo I, 16,6(3,2) MPa para o grupo II e 15,4(4,4) MPa para o grupo III. Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os três grupos após o teste estatístico ANOVA, houve uma tendência clara de aumento nos valores para os grupos onde o colágeno foi removido. Ao MEV, os espécimes do grupo I mostraram falha adesiva na camada híbrida ou entre esta e a resina , enquanto que os grupos onde o colágeno foi removido se caracterizaram, predominantemente, por falhas coesivas na resina, através de fratura na base dos "tags". A influência da dissolução do colágeno na adaptação marginal de restaurações em dentina foi também avaliada com a realização de 3 grupos, de 10 dentes cada, seguindo-se os tratamentos previamente descritos. As cavidades tinham 3 mm de diâmetro por 1,5 mm de profundidade e margem em 90 graus. Os espécimes foram imersos em água a 23 ^{o}C por 24 horas, quando os excessos foram removidos. Foi utilizado um microscópio óptico com magnificação de 800 vezes, para a visualização das fendas marginais e um tempo máximo de 10 minutos para a análise de cada espécime. Os resultados mostraram que os grupos

onde o colágeno foi removido não foram estatisticamente diferentes entre si , enquanto que o grupo controle apresentou performance significativamente melhor. Esse fato foi explicado pela presença do colágeno e, conseqüentemente, da camada híbrida que, pelo seu baixo módulo de elasticidade, funcionaria como uma área absorvedora das tensões ocorridas durante a contração de polimerização. Um material rígido na interface poderia fraturar frente à ação dessas forças.

FUJITA et al.[25], em 1996, avaliaram o efeito do tratamento da dentina com hipoclorito de sódio a 10% por 120 segundos, após o condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. Dentes bovinos foram desgastados para expor a dentina radicular, onde foram cimentados cilindros metálicos. Foram usados o adesivo Clearfil Liner Bond juntamente com o ED Primer e os cimentos resinosos Imperva Dual Cement (grupo A), Bistite Resin Cement (grupo B) e Panavia 21 (grupo C). Os espécimes foram estocados em água a 37 ^{o}C e após 24 horas foi realizado o teste de cisalhamento a uma velocidade de 2 mm/min. Três grupos usando apenas o condicionamento ácido também foram testados como controle. O grupo controle apresentou valores em MPa de 18,3(5,2) ; 16,2(4,6) e 21,0(7,8) para os grupos A, B e C, respectivamente. No grupo experimental os valores foram de 29,3(7,7); 33,7(10,7) e 39,2(8,6) MPa. Houve diferenças significativas entre os grupos experimental e controle, onde os autores concluíram que o tratamento com o hipoclorito de sódio aumenta a adesão entre a dentina radicular e cimentos adesivos, quando comparado com o condicionamento ácido convencional.

GWINNETT et al[28], em 1996, estudou a importância da rede de colágeno na resistência adesiva de restaurações em dentina. Foram criados 4 grupos de 10 dentes,

sendo 2 experimentais e 2 controle. Nos grupos experimentais, após o condicionamento ácido da dentina, a mesma foi tratada com uma colagenase tipo 2. Para a restauração foram usados os sistemas All Bond 2/Bisfil e Amalgambond/Epic. Após 24 horas imersos em água a 37 ^{o}C, os espécimes foram submetidos ao teste de cisalhamento a uma velocidade de 5 mm/min. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os espécimes tratados e não tratados com colagenase. MEV e MET mostraram a superfície da dentina com topografia irregular e presença de muitos poros, bem como ausência de zona híbrida nos espécimes dos grupos experimentais. O colágeno não ofereceu contribuição quantitativa para a resistência adesiva dos materiais testados. Por outro lado, sua remoção não foi necessária para se conseguir valores significativos de adesão, quando os materiais foram usados de acordo com as instruções do fabricante.

VARGAS et al[59] , em 1997, avaliaram o efeito da aplicação de hipoclorito de sódio a 5%, por 2 minutos, na resistência adesiva de restaurações em dentina. Foram usados os adesivos SBMP e All Bond 2, com e sem a utilização do hipoclorito de sódio. Após os procedimentos restauradores, os espécimes foram estocados por 24 horas em água a 37 ^{o}C e foram realizados 300 ciclos entre 5 e 55 ^{o}C. O teste de cisalhamento foi feito a uma velocidade de 5 mm/min. Os resultados mostraram que o uso do hipoclorito de sódio resultou em um aumento da resistência adesiva para o All Bond 2, enquanto que para o SBMP não houve diferenças significativas entre os grupos. Isso poderia indicar uma penetração mais eficiente do SBMP em comparação com o All Bond 2. A análise da interface adesiva em MEV revelou a presença de camada híbrida para o tratamento convencional com ácido fosfórico e sua ausência

quando o hipoclorito de sódio foi usado. Foi concluído que o uso do hipoclorito de sódio pode aumentar a resistência adesiva apenas para alguns materiais. Uma melhor adesão poderia ser conseguida pela remoção do colágeno que facilitaria a difusão da resina para o interior da dentina desmineralizada.

CHERSONI et al.[14], em 1998, avaliaram as diferenças morfológicas na interface adesiva e na resistência ao cisalhamento quando dois sistemas adesivos auto-condicionantes (Liner Bond 2 e KB 1300) foram usados após diferentes tratamentos da dentina. Dezesseis espécimes foram usados para a análise em MEV e 56 para o teste mecânico. Foram criados 2 grupos controle, onde foi feita a aplicação dos adesivos na "smear layer" intacta e 2 grupos experimentais. Nestes, a dentina foi tratada com hipoclorito de sódio a 10%, por 30 segundos, após condicionamento com ácido fosfórico a 37%, pelo mesmo tempo. A análise ao MEV mostrou a formação de camada híbrida com 1 a 3 μm de largura somente nos espécimes onde a "smear layer" foi deixada intacta e ausência de camada híbrida nos espécimes desproteinizados. Os resultados do teste mecânico não mostraram diferenças significativas entre os grupos avaliados (ANOVA), embora as médias tenham sido maiores para os grupos experimentais, mostrando uma leve tendência ao aumento da resistência adesiva decorrente da remoção do colágeno. Os autores concluíram que a formação de camada híbrida somente é possível com a presença do colágeno no topo da superfície de dentina e que a presença desta camada não é necessária para a obtenção de alta resistência adesiva.

3. PROPOSIÇÃO

Baseado na revisão da literatura e na hipótese de que o colágeno pode interferir na adesão em dentina, este trabalho se propõe a avaliar as forças de resistência ao cisalhamento quando a dentina, após condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, é submetida à aplicação de NaOCl a 10% por 1 minuto afim de remover o colágeno exposto. Paralelamente, avaliar o efeito deste tratamento quando são utilizados dois sistemas adesivos de frasco único, sendo um deles a base de acetona e outro a base de água. Após os testes de cisalhamento, observar os padrões de fratura em lupa estereoscópica e o aspecto morfológico dessas superfícies em MEV.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Preparo, inclusão e polimento

Para este trabalho foram utilizados um total de 40 dentes terceiros molares hígidos, recém-extraídos e armazenados em formol a 10%[+] (pH 7,0) à temperatura ambiente, imediatamente após a extração. Estes dentes foram raspados em sua porção radicular com curetas periodontais nº 13-14[*] para remoção de restos de ligamento periodontal, e posteriormente submetidos a uma profilaxia com jato de bicarbonato de sódio[▼], para limpeza das superfícies coronária e radicular. Os dentes tiveram a coroa separada da raiz 1 mm abaixo da junção esmalte-cemento por meio de corte com disco de diamante dupla face[#], em baixa rotação, sob abundante refrigeração ar/água. As coroas foram seccionadas no sentido mésio-distal, pelo mesmo processo, dando origem a 80 fragmentos, sendo 40 vestibulares e 40 linguais . Os fragmentos foram misturados e aleatoriamente escolhidos, um a um, para inclusão em um cilindro de resina de poliestireno[★] . Cada uma dessas superfícies dentárias teve a face em esmalte fixada em uma lamínula[✓], com auxílio de um adesivo[©]. Para a inclusão dos espécimes em resina de poliestireno[★], 80 cilindros de tubos de PVC[x], medindo 2,7 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, foram fixados em uma placa de vidro, usando-se cera número 7[⊛]. Os fragmentos dentais, fixados em lamínula, foram depositados na região central dos cilindros de PVC[x], e então a resina de poliestireno[★] foi vertida dentro destes. Após 3 horas, o cilindro de PVC[x] foi removido e obteve-se um um total de 80

[+] Farmácia de manipulação do Hospital dos Fornecedores de Cana de Piracicaba
[*] Duflex S.A.
[▼] Profi 2 – Dabi-Atlante
[#] KG Sorensen Ind. e Com. Ltda.
[★] Itap Cromex S.A.
[✓] Glass Técnica Import. Com.
[©] Loctite
[x] Tigre S.A.
[⊛] Polidental Ind. e Com. Ltda

superfícies vestibulares e/ou linguais incluídas em um cilindro de resina de poliestireno*. As superfíces dentárias foram desgastadas até a exposição da dentina. Esse conjunto cilindro/dente foi submetido à ação de lixas de óxido de alumínio" de granulações 320, 400 e 600, respectivamente, com o auxílio de uma politriz elétrica giratória] refrigerada à água , deixando as superfícies planas e padronizadas. Foram obtidos, dessa forma, superfícies de dentina com área exposta apresentando diâmetro maior que 3 mm (figura 1), o que foi observado visualmente, com ajuda de uma lupa estereoscópica▲ com um aumento de 20 vezes.

Os espécimes foram armazenados por 24 horas, em ambiente úmido a 37 ^{0}C■ , à espera dos procedimentos restauradores.

4.2. Materiais utilizados e divisão dos grupos

A superfícies dentinárias expostas foram isoladas com um plástico adesivo+ medindo 5mm por 5 mm, tendo sua porção central perfurada, formando um círculo de 3 mm de diâmetro (figura 2). Foi usada uma matriz de teflon bipartida com 5 mm de altura e perfuração central de 3 mm (figura 3), fixada em um suporte metálico (figura 4), para a confecção dos cilindros de resina composta na superfície dentinária. Foram utilizados dois sistemas adesivos de frasco único (Prime & Bond 2.1 e Single Bond) apresentados na tabela 1.

---

* Itap Cromex S.A.
" Norton Ind. Bras.
] Solotest - Maxigrind
▲ Meiji 2000
■ Estufa de cultura 002CB - Fanen
+ Com Tac - Vulcan

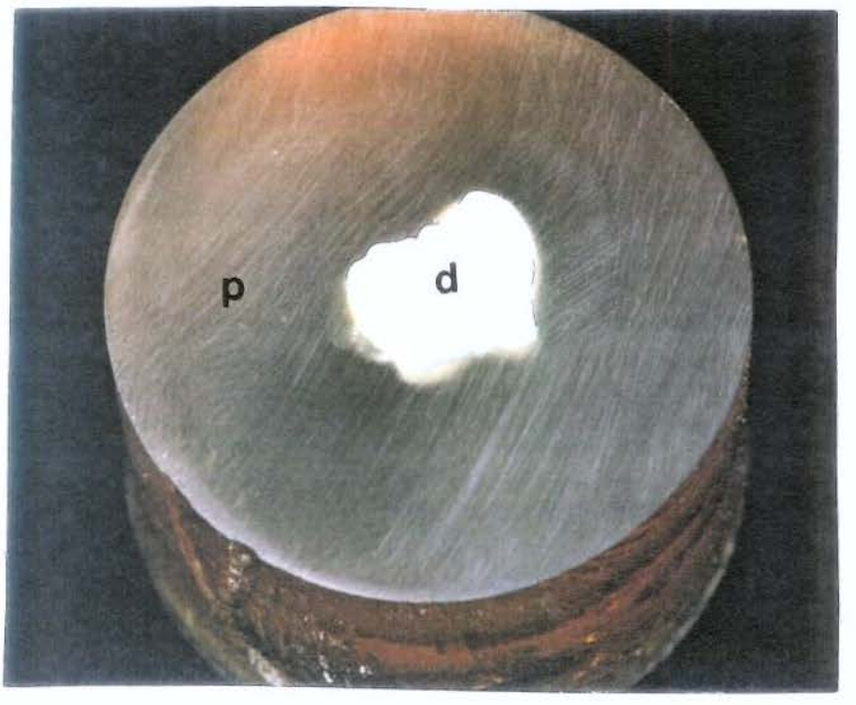


Figura 1: Aspecto do corpo-de-prova após a planificação da dentina (p-resina de poliestireno, d-dentina).

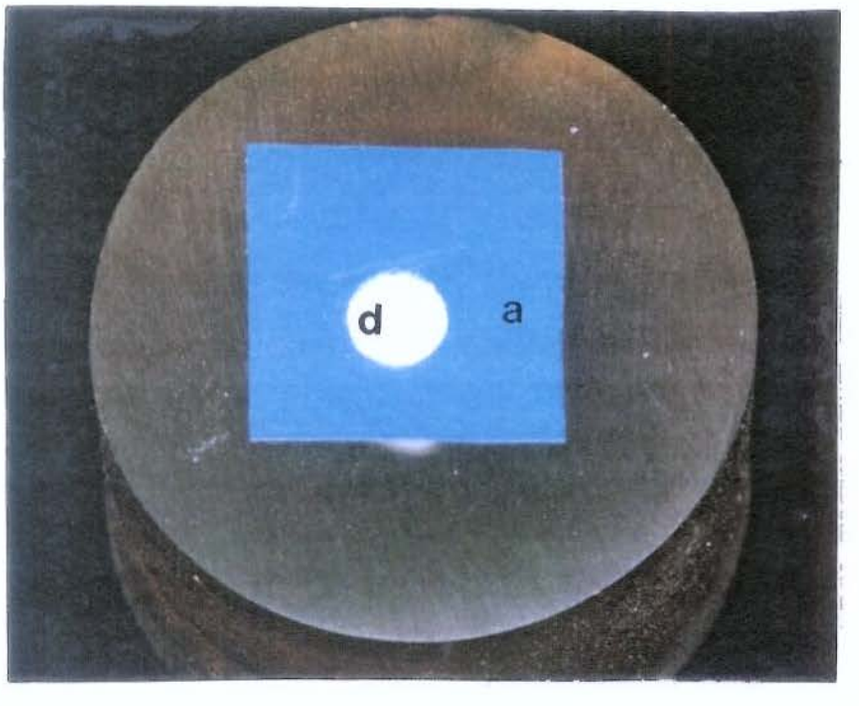


Figura 2: Delimitação da área de dentina para adesão (a-plástico adesivo, d-superfície de dentina)

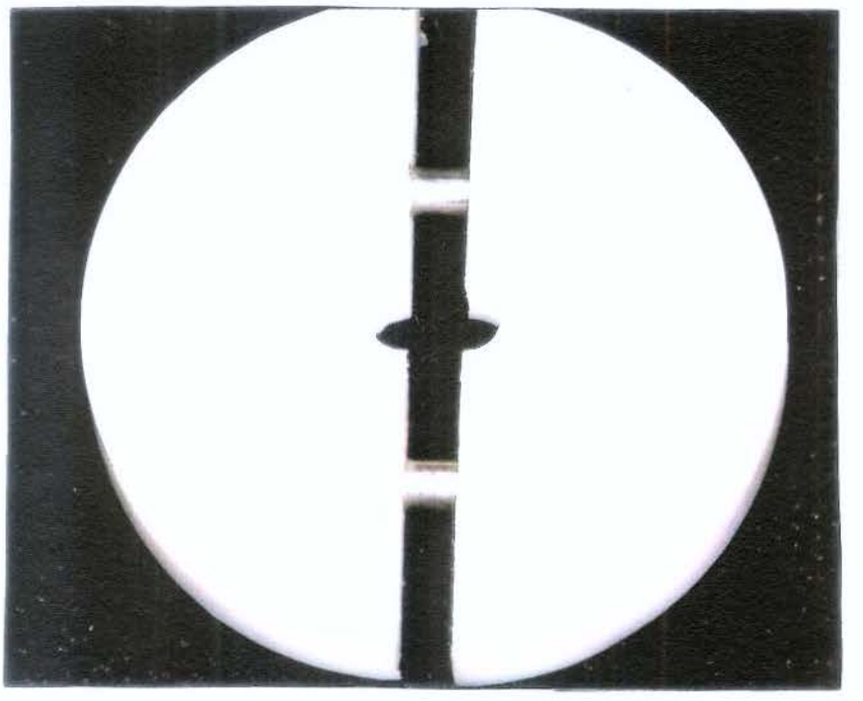


Figura 3: Matriz bipartida de teflon utilizada para a confecção do cilindro de resina composta.

Figura 4: Corpo-de-prova posicionado no suporte metálico para a realização da inserção da resina restauradora (m-matriz de teflon, s-suporte metálico).

Tabela 1- Sistemas adesivos utilizados e suas respectivas composições químicas*.

PRIME & BOND 2.1-Dentsply (PB)	*SINGLE BOND-3M (SB)*
PENTA	HEMA , BIS-GMA
Resina R-5-62-1	Dimetacrilatos
Resina U	Copolímeros do APA e API
Resina B	Água
Acetona	Álcool

Após a aplicação do sistema adesivo, cada espécime foi acoplado no suporte metálico que permitiu pressionar a resina composta sobre a superfície da dentina e ao encontro das paredes laterais da matriz de teflon. Os 80 corpos-de-prova foram aleatoriamente divididos em 4 grupos descritos a seguir e mostrados na tabela 2.

Tabela 2- Distribuição dos grupos avaliados conforme o tratamento da dentina

GRUPOS	CONDICIONAMENTO DA DENTINA	ADESIVO	REMOÇÃO DO COLÁGENO	RESINA
1 (PBSH)	H_3PO_4 a 37%	Prime & Bond 2.1	NÃO	Z-100
2 (PBCH)	H_3PO_4 a 37%	Prime & Bond 2.1	SIM	Z-100
3 (SBSH)	H_3PO_4 a 37%	Single Bond	NÃO	Z-100
4 (SBCH)	H_3PO_4 a 37%	Single Bond	SIM	Z-100

GRUPO 1 (PBSH) : Foi usado o sistema adesivo PRIME&BOND 2.1♦ e a dentina foi condicionada com ácido fosfórico a 37%♦ por 15 segundos e lavada por 15 segundos (figura 5). A secagem foi feita com papel absorvente♥, tendo-se o cuidado

* Manual técnico dos materiais – 3M e Dentsply
♦ Dentsply Indústria e Comércio Ltda
♥ Kleenex Ind. Bras.

de não esfregar nem comprimir a dentina, afim de não promover colapso na camada de colágeno (figuras 6 e 7). A aplicação do adesivo foi feita de acordo com as recomendações do fabricante objetivando a formação da camada híbrida (figura 8). Para a restauração usou-se a resina Z-100♣, cor C2, em dois incrementos que foram aplicados com espátula número 1[~] e acamados com condensadores de amálgama de Hollenback de números 1 e 2[~], respectivamente. Cada incremento foi polimerizado por 20 segundos, por meio de um fotopolimerizador dotado de radiômetro[**], onde foi observada a potência de 680 mW/cm^2. Após isso, a matriz foi aberta cuidadosamente com auxílio de uma lâmina de bisturí (figura 9), afim de não induzir tensões na área de união, e o plástico adesivo foi removido com sonda exploradora número 5[~]. Uma polimerização final foi feita, sendo 20 segundos em cada uma das três porções laterais da restauração, totalizando 60 segundos. Foram obtidos, dessa forma, cilindros de resina composta de 3 mm de diâmetro por 5 mm de altura sobre a superfície da dentina planificada (figura10).

GRUPO 2 (PBCH) : Foram realizados os mesmos procedimentos do grupo I, sendo adicionada a aplicação do hipoclorito de sódio a 10%❖ por 60 segundos e posterior lavagem por 30 segundos, após o condicionamento com ácido fosfórico♦ (figuras 11 e 12).

♣ 3M do Brasil Ltda
[~] Golgran Indústria e Comércio de Instrumental Odontológico Ltda
[**] Optilux 500 - Demetron
❖ Laboratório de manipulação do Hospital dos Fornecedores de Cana de Piracicaba
♦ Dentsply Indústria e Comércio Ltda

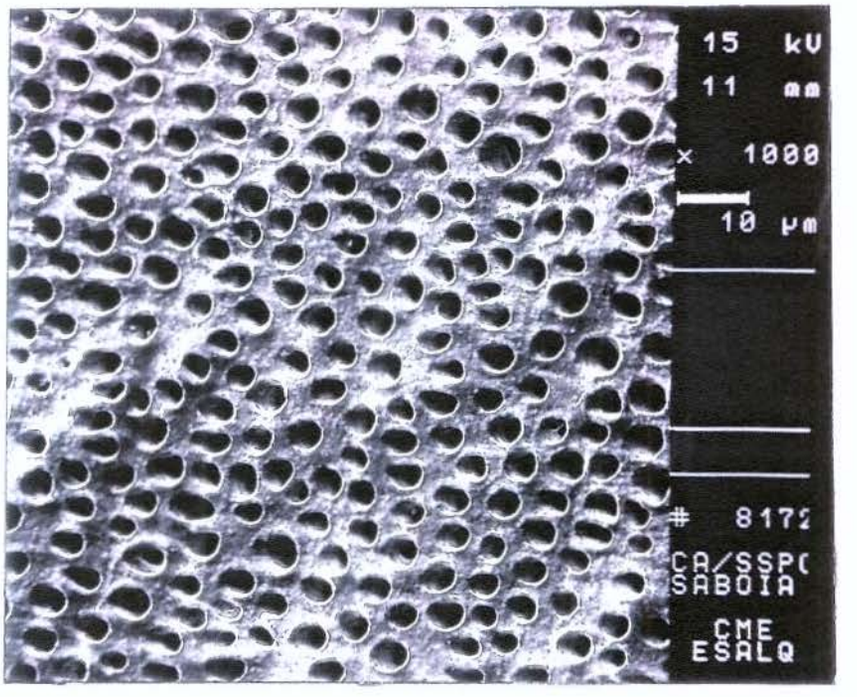


Figura 5: Aspecto em MEV da dentina após condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos

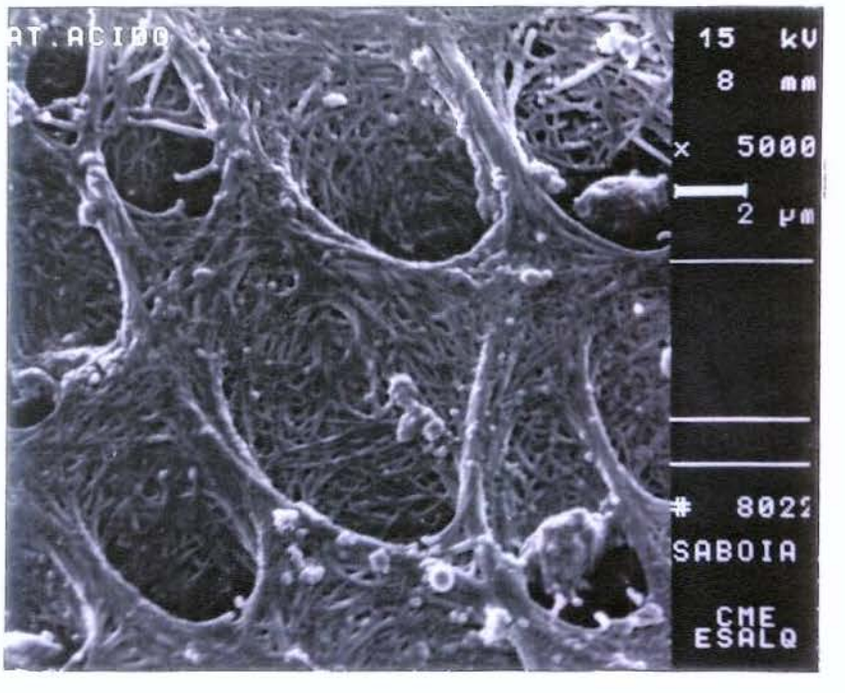


Figura 6: Aspecto em MEV da malha de colágeno exposta após condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos. O espécime foi submetido à secagem ao ponto crítico. Os grânulos observados são resquícios de sílica usada como espessante do gel do ácido.

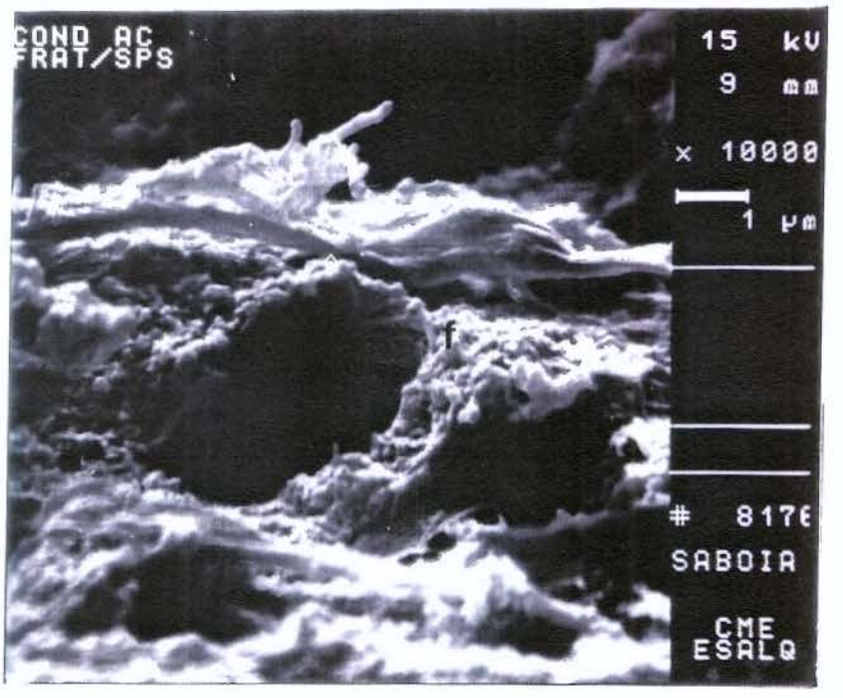


Figura 7: Aspecto em MEV da malha de colágeno em espécime de dentina fraturado. O espécime foi submetido ao processo de secagem ao ponto crítico. Notar a densa malha de fibras que devem ser encobertas pelo monômero resinoso (f).

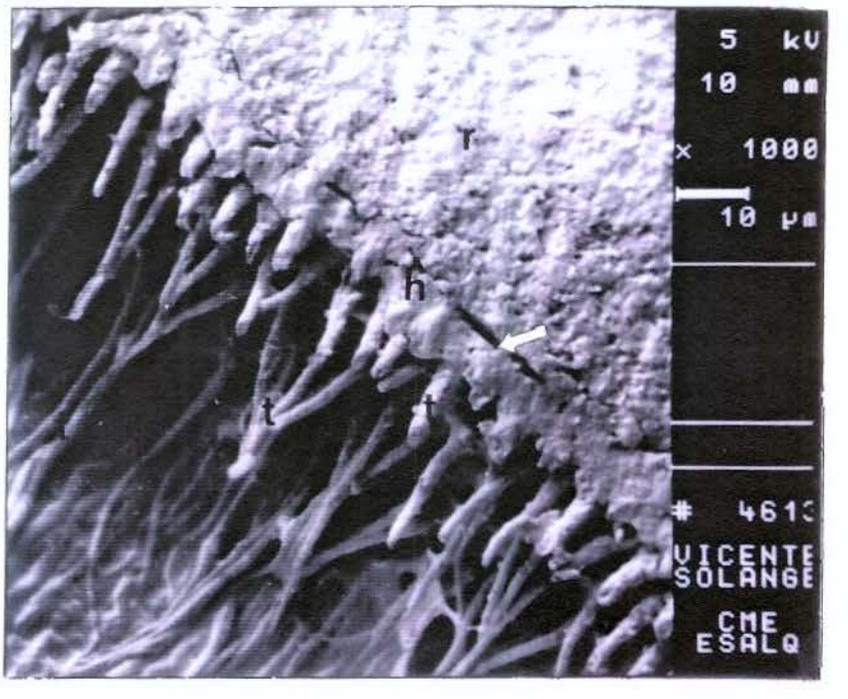


Figura 8: Aspecto em MEV da interface adesiva mostrando formação de camada híbrida (r-resina restauradora, h-camada híbrida, t-"tags" de resina). A fenda observada entre o adesivo e a resina restauradora é decorrente do alto vácuo nos procedimentos de metalização e visualização em MEV (seta).

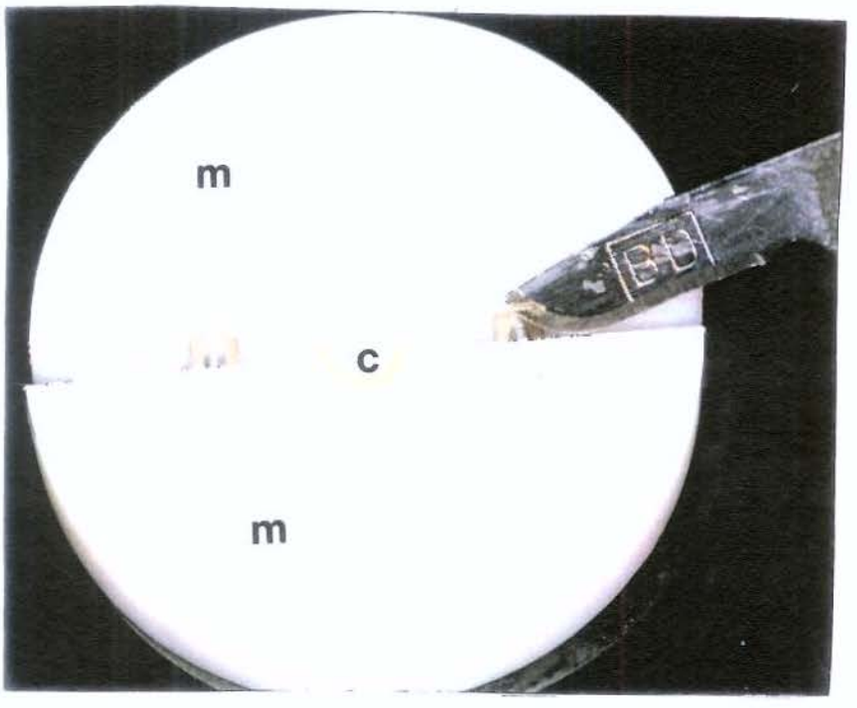


Figura 9: Abertura da matriz com lâmina de bisturí, após fotopolimerização da resina (m-matriz bipartida, c-cilindro de resina).

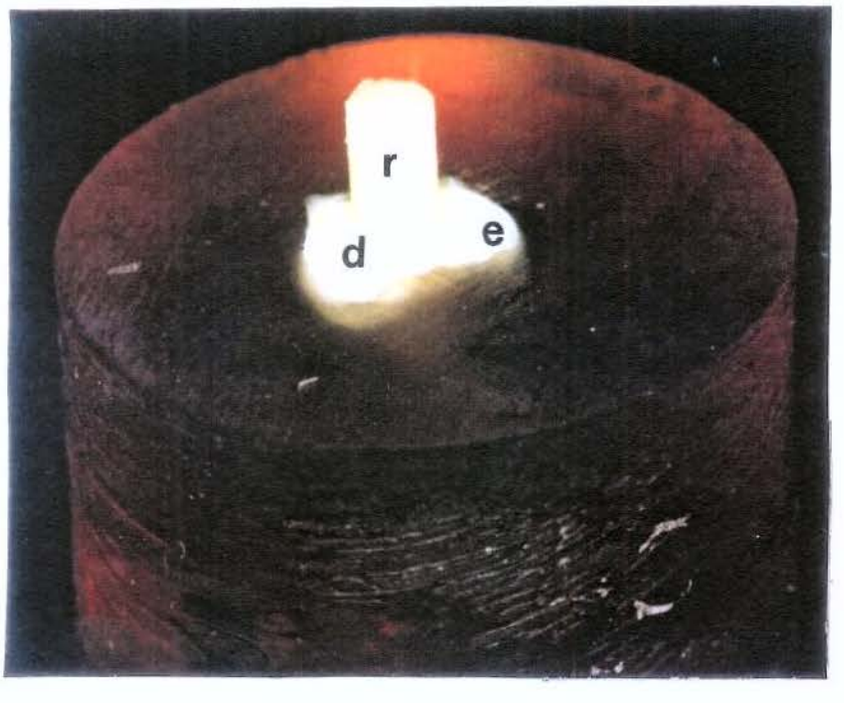


Figura 10: Corpo de prova confeccionado e pronto para o teste de cisalhamento (d-dentina, e-esmalte, r-resina composta).

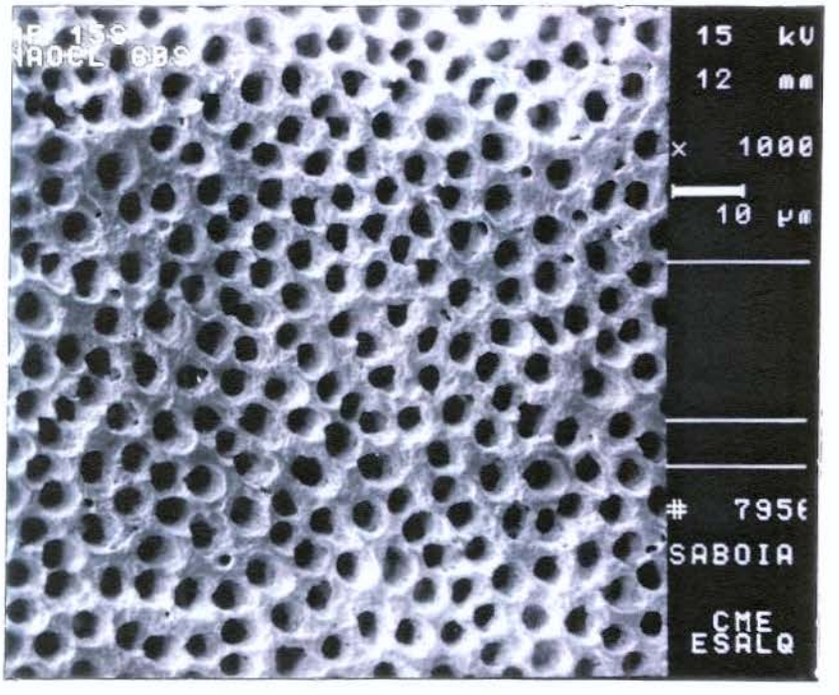


Figura 11: Aspecto em MEV da dentina após condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos e aplicação de NaOCl por 1 minuto.

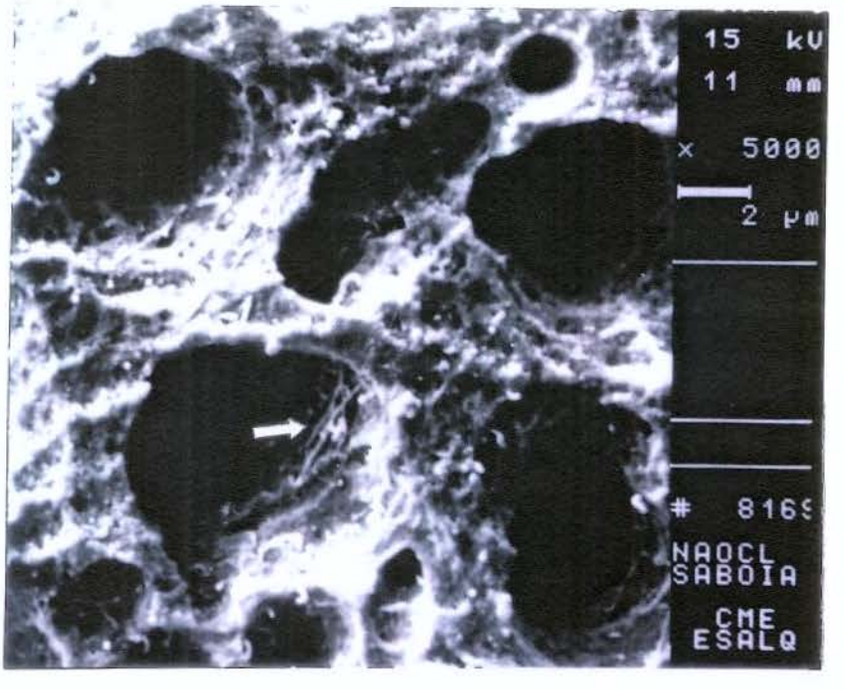


Figura 12: Aspecto em MEV da dentina intertubular após o tratamento com NaOCl. A dentina se apresenta porosa e com superfície bastante irregular. Fibras colágenas remanescentes indicam que a ação do NaOCl foi apenas superficial (seta).

GRUPO 3 (SBSH): Foi usado o sistema adesivo SINGLE BOND de acordo com as instruções do fabricante sendo o restante dos procedimentos iguais aos do grupo I.

GRUPO 4 (SBCH): Procedimentos iguais aos do grupo III, sendo adicionada a aplicação do hipoclorito de sódio a 10%*, como no grupo II.

Os espécimes foram estocados por 24 horas em ambiente úmido à 37 °C■, quando então foi realizado o teste mecânico de cisalhamento.

4.3. Teste Mecânico de Cisalhamento

Para o teste de cisalhamento foi utilizada a máquina de ensaio universal EMIC- DL500, com célula de carga de 100 Kg a uma velocidade de 0,5 mm/min. A aplicação da carga foi feita por meio de cinzel com ponta de 0,5 mm de largura posicionado na base do cilindro de compósito e o mais próximo possível da interface adesiva. (figuras 13 e 14).

A resistência de união ao cisalhamento foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

onde: τ, é a resistência ao cisalhamento; F, a força aplicada; e A*, a área de união.

Os dados foram anotados e posteriormente submetidos à análise estatística.

---

* Laboratório de manipulação do Hospital dos Fornecedores de Cana de Piracicaba
■ Estufa de cultura 002CB - Fanen
* Área da circunferência calculada pela fórmula $A=\pi R^2$

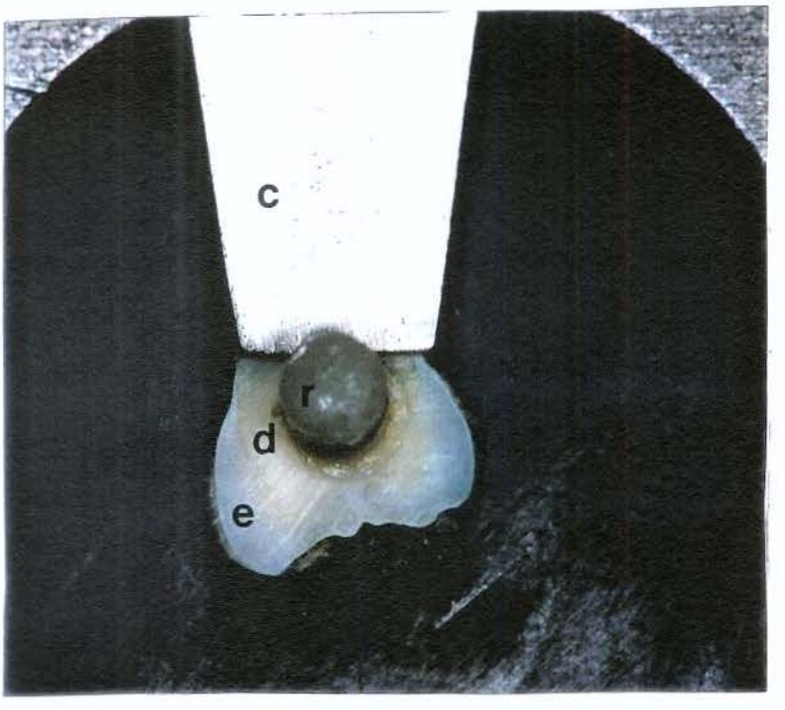


Figura 13: Vista frontal do corpo-de-prova posicionado para o teste de cisalhamento (c-cinzel, r-cilindro de resina composta, d-dentina, e-esmalte).

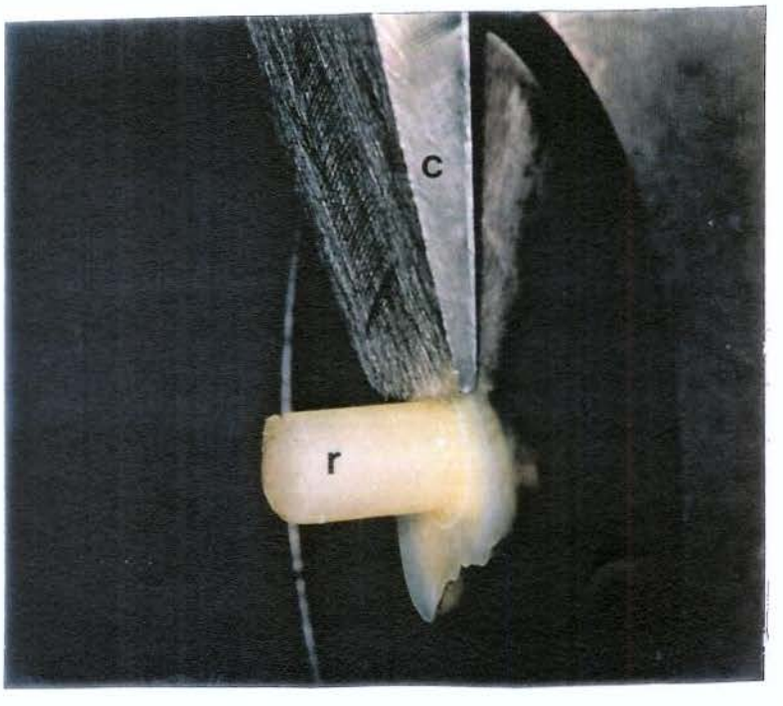


Figura 14: Vista lateral do corpo-de-prova posicionado para o teste de cisalhamento (c-cinzel, r-cilindro de resina composta).

4.4. Avaliação dos Padrões de Fratura

Após o teste de cisalhamento, as superfícies fraturadas foram submetidas à avaliação em lupa estereoscópica▲ com aumento de 45 vezes, para a observação do tipo de fratura. As mesmas foram classificadas em: adesiva (junção dentina-resina); coesiva em dentina (rompimento da dentina); coesiva em compósito (rompimento do compósito) e combinada ou mista (associação das fraturas adesiva e coesiva). Os resultados poderão ser observados nos anexos 1,2,3 e 4.

4.5. Observação micromorfológica em MEV

Após a classificação do tipo de fratura, os 5 espécimes considerados mais representativos em cada grupo foram selecionados para análise em MEV. O fragmento dental incluído foi removido da base de resina de poliestireno por meio de seccionamento com discos de diamante dupla face, afim de produzir dimensões apropriadas para exame em MEV. Após imersão em cuba de ultra-som[Ø] por 10 minutos, foi realizada a lavagem de cada espécime durante 30 segundos com água destilada e uma posterior secagem com jato de ar. Os espécimes foram montados em "stubs", metalizados por 150 segundos[⌂] e analisados em MEV[♀].

4.6. Análise estatística

A avaliação dos dados foi feita pelo método não paramétrico de Kruskal-Wallis, para a comparação dos grupos experimentais (G1-PBSH, G2-PBCH, G3-SBSH e G4-SBCH), empregando-se o Teste de Comparações Múltiplas para as

▲ Meiji 2000
Ø Thornton T14
⌂ Metalizador MED-010 Balzers
♀ Microscópio eletrônico de varredura ZEISS DSM-940A

verificações individuais. O gráfico de Box-plot foi usado para ilustrar os achados. Os cálculos foram realizados pelo pacote STATA.

5. RESULTADOS

Na avaliação dos resultados de resistência ao cisalhamento optou-se por um teste não paramétrico que, por apresentar maior sensibilidade, possibilitou detectar pequenas diferenças entre os grupos.

A aplicação do teste estatístico de Kruskal-Wallis demonstrou haver diferença significativa entre os grupos (H = 10,59 ; a = 0,0141). Em função disso foi necessário empregar o Teste de Comparações Múltiplas entre os grupos afim de identificar onde se encontravam as diferenças. Levou-se em consideração a Diferença Mínima Significativa (DMS), em função dos tamanhos de amostra dos pares comparados, como pode ser verificado na tabela 3. O gráfico 1 ilustra os resultados observados.

Tabela 3 - Apresentação dos resultados exploratórios e do Teste de Kruskal-Wallis.

Grupo	N	mediana	média	variância	soma das ordens
1-PBSH	15	15,02	17,59	39,20	481,5 [b]
2-PBCH	19	21,84	21,83	42,37	857,5 [a]
3-SBSH	17	15,99	15,85	18,48	484,0 [b]
4-SBCH	15	13,82	15,32	21,66	388,0 [c]

* letras iguais implicam em igualdade estatística e vice-versa ao nível de 5%

DMS(15,15) = 18,23 DMS(15,17) = 17,68

DMS(15,19) = 17,24 DMS(19,17) = 16,66

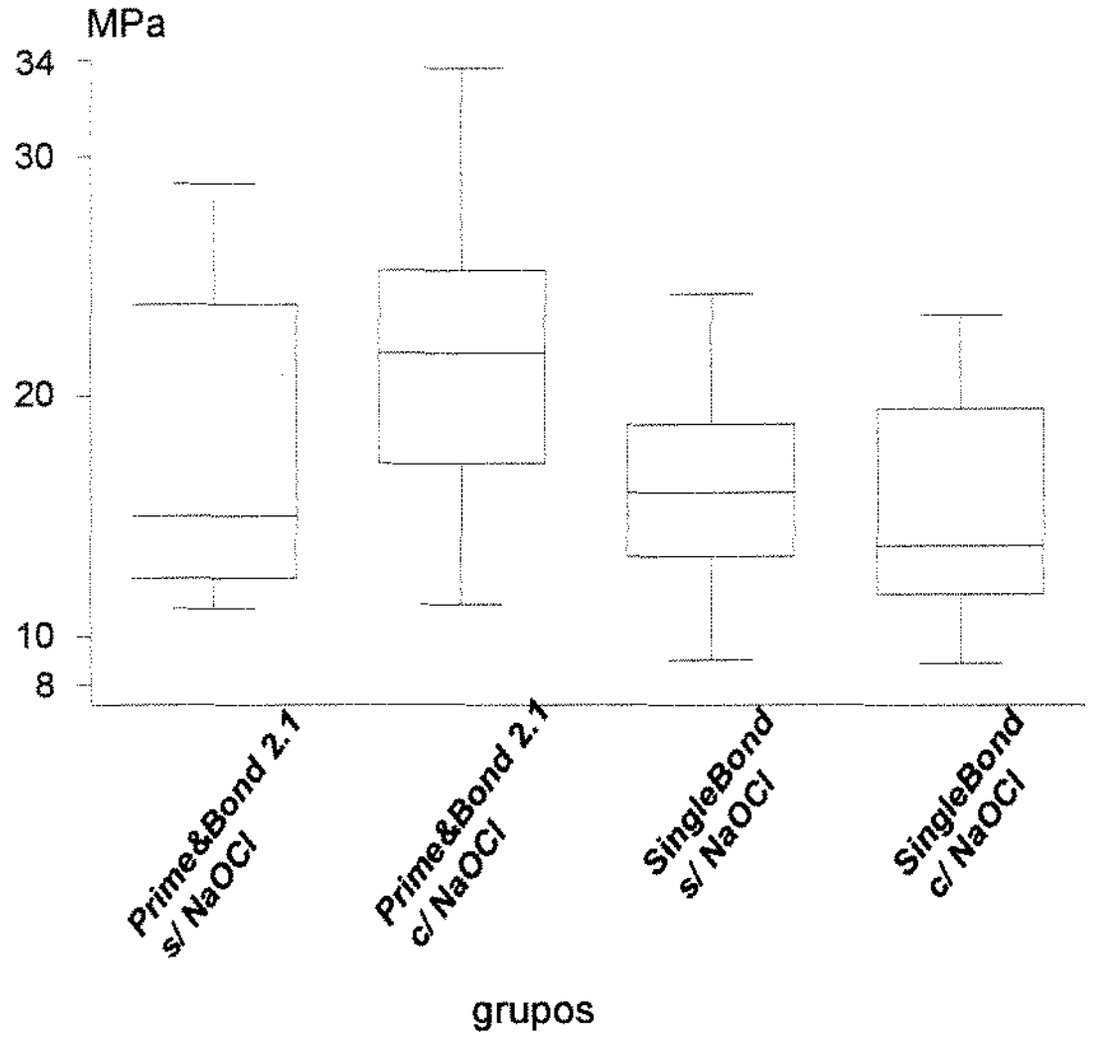


Gráfico 1 - Ilustração dos resultados observados

A análise dos resultados permitiu observar que o grupo 2 (PBCH) apresentou os maiores valores de resistência ao cisalhamento, diferindo estatisticamente dos demais grupos. Os grupos 1 (PBSH) e 3 (SBSH) foram semelhantes entre si e apresentaram resultados inferiores ao grupo 2 (PBCH), porém melhores que o grupo 4 (SBCH), que apresentou o pior resultado. A aplicação do adesivo Prime & Bond 2.1 (grupos 1 e 2) resultou em maiores variações de resultados. Alguns corpos de prova tiveram que ser eliminados devido ao fato de apresentarem indícios de falha durante a

execução do experimento (anexos 5, 6, 7 e 8). A observação dos corpos de prova em lupa estereoscópica, após o teste de cisalhamento, mostrou predominância de falhas coesivas em dentina para os espécimes do grupo 2 (PBCH) em comparação com os demais grupos (anexos 1, 2, 3 e 4).

A observação dos espécimes em MEV, após o teste mecânico de cisalhamento, revelou diferenças morfológicas entre os grupos experimentais e os controle. Os espécimes do grupo 1 (PBSH) e 3 (SBSH) apresentaram superfície de dentina relativamente plana, com túbulos preenchidos de adesivo, mostrando fratura dos "tags" na altura da embocadura destes (figura 15). Nos grupos onde foi aplicado o hipoclorito de sódio, a superfície da dentina se mostrou bastante irregular, com "tags" fraturados bem abaixo da embocadura dos túbulos (figura 16). As falhas classificadas como adesivas em microscopia ótica, quando analisadas em MEV, revelaram fratura dos "tags", permitindo que pudessem ser classificadas como fratura coesiva do adesivo. (figuras 17 e 18). Os espécimes do grupo 2, que foram examinados em MEV, apresentaram, após a fratura, exposição da intimidade da dentina mostrando falha coesiva deste tecido (figuras 19 e 20). A observação em grandes magnificações mostrou padronização e apenas pequenas variações morfológicas foram visualizadas entre espécimes de um mesmo grupo. A observação da interface adesiva mostrou que a formação de camada híbrida somente foi possível nos grupos onde o colágeno permaneceu intacto, ao passo que uma ausência total desta camada foi sempre observada nos espécimes onde a dentina foi desproteinizada (figuras 21 e 22).

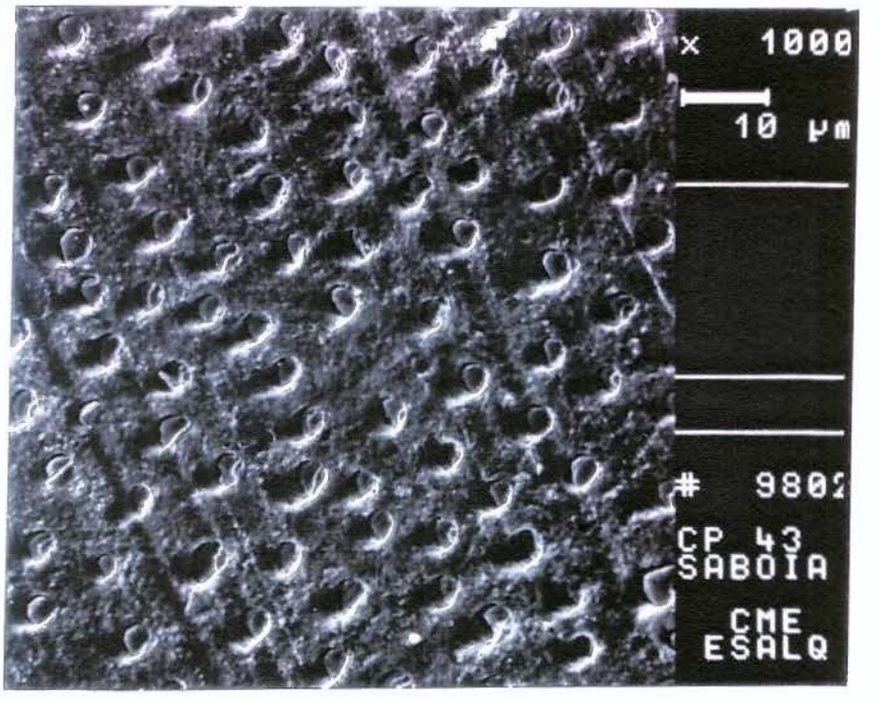


Figura 15: Aspecto em MEV da superfície da dentina após teste de cisalhamento em espécime onde o colágeno foi mantido intacto. Notar superfície plana e "tags" fraturados na embocadura dos túbulos dentinários.

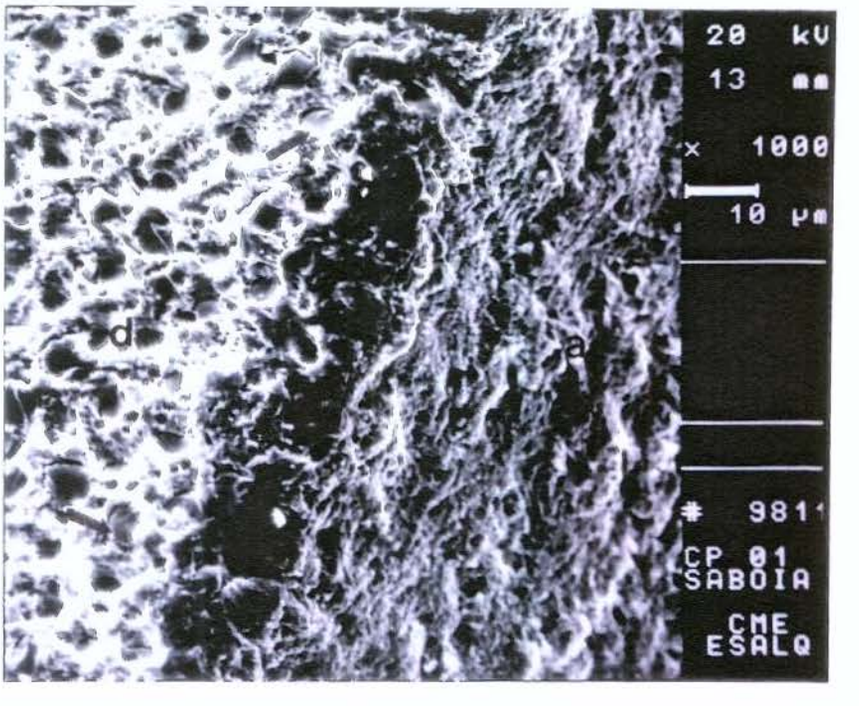


Figura 16: Aspecto em MEV da superfície de dentina após teste de cisalhamento em espécime onde o colágeno foi removido (a-adesivo, d-dentina). Notar superfície irregular e "tags" fraturados bem abaixo da embocadura dos túbulos dentinários (seta).

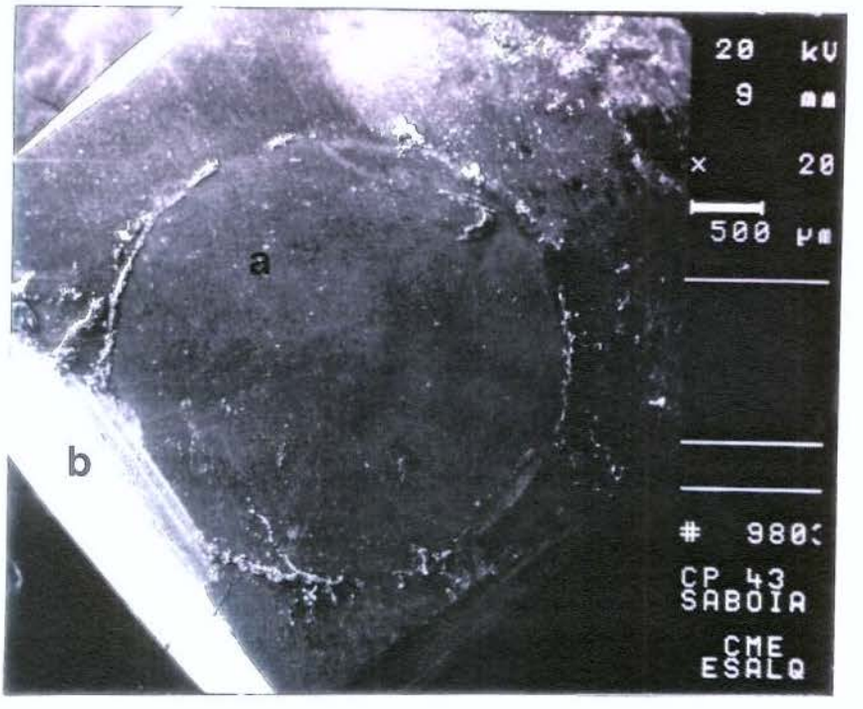


Figura 17: Aspecto em MEV de fratura adesiva (b-base de resina de poliestireno, a-área de adesão).

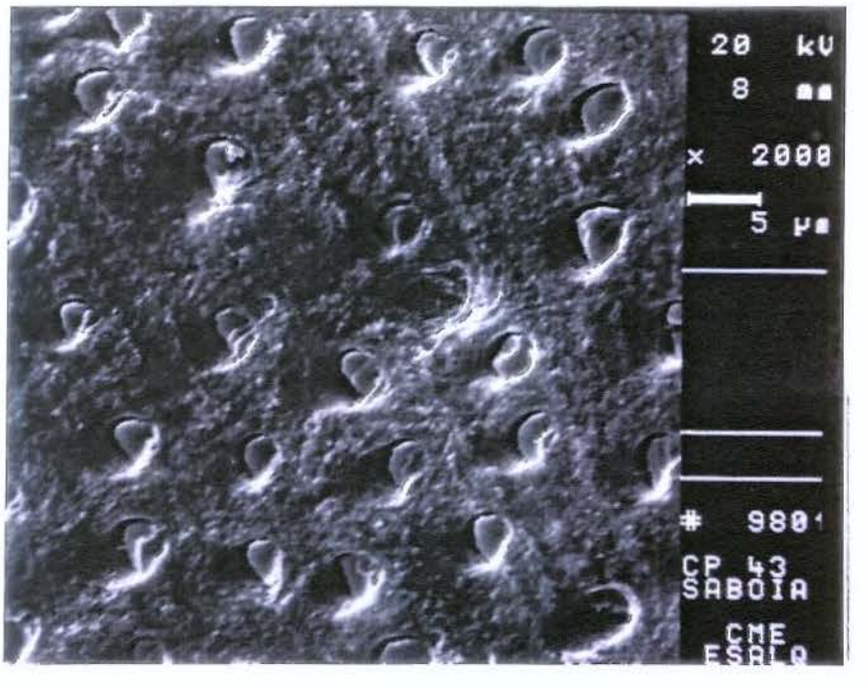


Figura 18: Aspecto de fratura adesiva em maior magnificação. Notar fratura coesiva dos "tags" de resina.

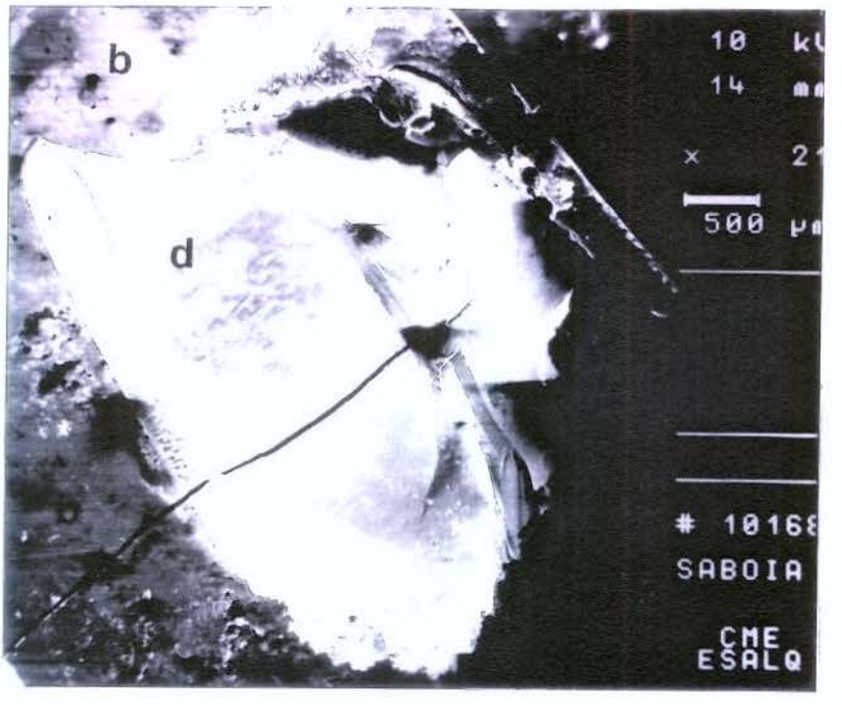


Figura 19: Aspecto em MEV de fratura coesiva da dentina (b-base de resina de poliestireno, d-dentina).

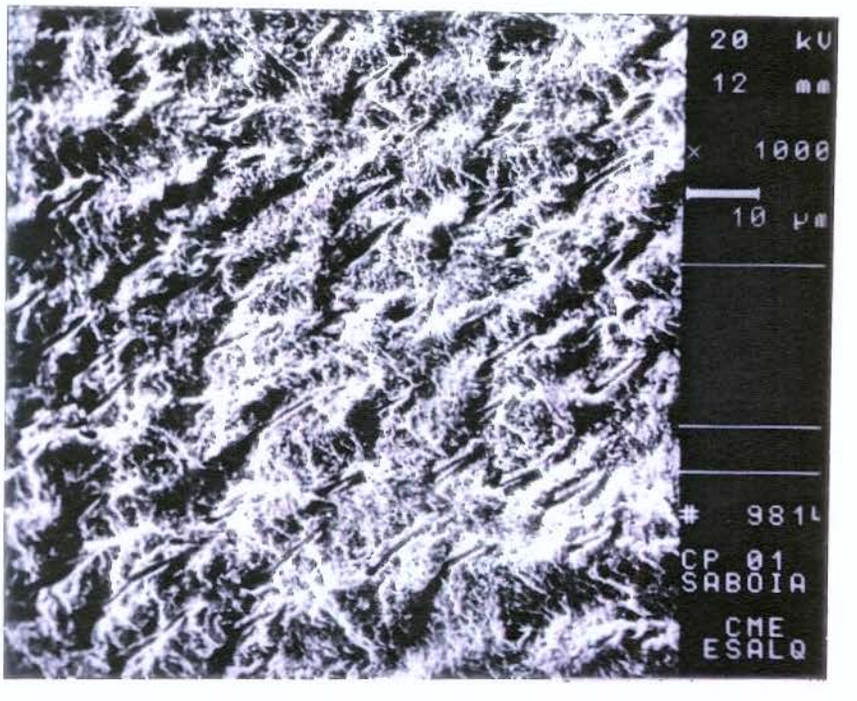


Figura 20: Aspecto em MEV de fratura coesiva da dentina (maior magnificação). Notar a exposição de túbulos dentinários não preenchidos com o monômero resinoso.

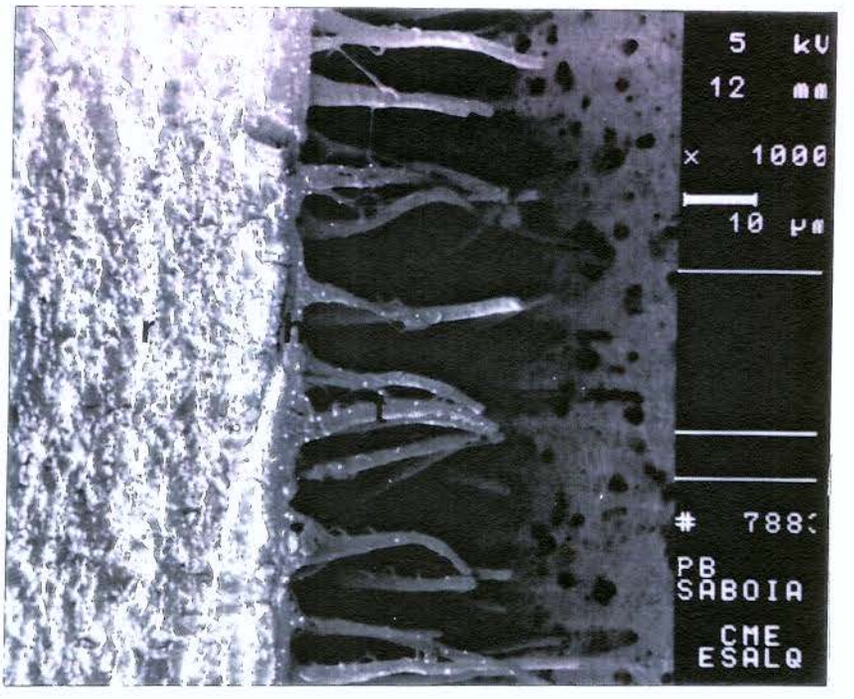


Figura 21: Aspecto em MEV de interface adesiva em espécime onde a dentina foi mantida intacta. Notar formação de camada híbrida (r-resina restauradora, h-camada híbrida, t-"tags").

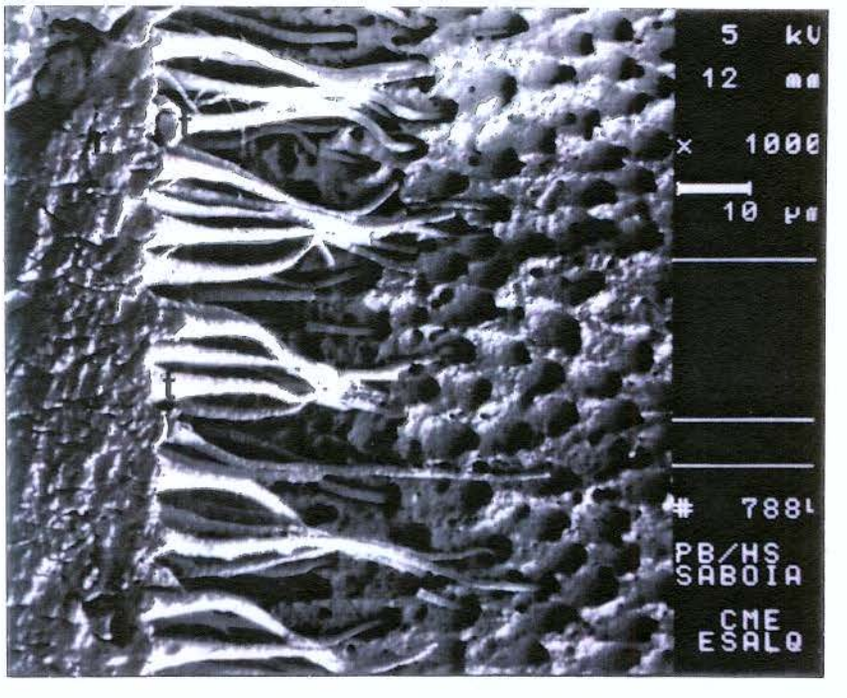


Figura 22: Aspecto em MEV de interface adesiva em espécime onde o colágeno foi removido. Notar a ausência de camada híbrida (r-resina restauradora, t-"tags"). Notar um maior alargamento da porção inicial dos "tags".

6. DISCUSSÃO

A experiência revolucionária e bem sucedida de reter restaurações na estrutura dental por meio de micro-retenções, após o tratamento superficial do esmalte com ácido[6], direcionou as pesquisas odontológicas para a possibilidade de aplicação dessa técnica também no tecido dentinário[5,8,17,24,26,36,37,49,61]. As características morfofisiológicas da dentina, bem como sua composição heterogênea, têm se constituído num problema para se conseguir uma adesão estável a este tecido[41,57].

A adesão à dentina tem sido estudada exaustivamente e existem várias maneiras de avaliá-la. Os testes mais usados para avaliar a adesão são os mecânicos e de durabilidade[62] . Dentre os testes que utilizam cargas para forçar a interface adesiva, os mais utilizados são a tração[15,60] e o cisalhamento[2,3,12,14,17,19,23,26,27,28,29,35,40,46,47,49,59]. No teste de tração pode ocorrer inicialmente a fratura no ponto mais frágil do espécime, o que o torna muito útil na análise da interface adesiva. Por outro lado, há a necessidade de um aparato especial, de difícil confecção, e nem sempre é possível produzir forças perpendiculares à superfície da dentina, as quais são necessárias para a obtenção de resultados mais precisos[62]. Neste trabalho, optou-se pelo teste de cisalhamento devido ao mesmo ser de fácil reprodução, não necessitar de aparatos especiais e ser bastante utilizado pelos pesquisadores[2,12,14,17,26,27,28,40,47,59], facilitando a comparação e discussão dos resultados[62]. Alguns trabalhos, no entanto, parecem concluir, através de estudos de análise do elemento finito, que os testes mecânicos apresentam uma distribuição de carga não uniforme, ao longo da interface adesiva, sendo os mesmos altamente dependentes da geometria do aparato utilizado e da forma e tamanho da superfície aderida, o que poderia explicar a grande variação de valores encontrada nos diversos trabalhos que usam estas metodologias[58]. A

necessidade de uma padronização desses testes é obvia e, sem dúvida, poderia levar a resultados mais coincidentes e confiáveis[30,42,58,62]. Existem ainda os teste de "push out"[44] e micro-tração [20,42,63]. Segundo alguns autores, na micro-tração, em virtude das dimensões do espécime e condições do aparato, obtém-se uma zona de "stress" distribuída ao longo da interface adesiva o que poderia refletir em resultados confiáveis de adesão[20,42,63], porém a provável indução de tensões no seccionamento dos espécimes, e o uso de diversos sítios de dentina, com diferentes características, poderia dificultar a interpretação dos resultados desse teste. Além disso, a existência de poucos trabalhos dificulta a comparação de resultados. Dessa forma, parece cedo para conclusões a respeito desse método, sendo necessárias mais pesquisas nesse campo. Apesar de não haver unanimidade com relação ao melhor teste, estes são de grande utilidade na avaliação inicial do comportamento dos materiais[30].

Com relação à seleção e estocagem dos dentes para a realização deste trabalho, terceiros molares recém-extraídos foram armazenados em formol a 10% (pH neutro), por um período máximo de 6 meses, o que não interfere nos valores de adesão[46]. O procedimento adesivo foi feito em dentina de profundidade média, em virtude de uma maior facilidade de padronização dos espécimes e por existirem trabalhos que apontam diferentes valores de adesão entre dentina superficial e profunda[43,49]. A velocidade usada no ensaio de cisalhamento foi de 0,5 mm/min coincidindo com outros trabalhos descritos na literatura[2,50], o que facilitou uma comparação de resultados. No presente estudo, foram selecionados dois sistemas adesivos hidrófilos de frasco único lançados recentemente no comércio. Os materiais escolhidos apresentam fases distintas de condicionamento ácido superficial da dentina , seguido de aplicação de uma solução única de monômeros

resinosos (primer mais adesivo). Além disso, foram escolhidos materiais com diferentes composições afim de avaliar a influência desses componenentes na adesão, sob as condições deste experimento. O monômero resinoso do Prime & Bond 2.1 (Dentsply) se encontra dissolvido em grande quantidade de acetona, enquanto o Single Bond (3M) tem como solvente principal a água.

O desenvolvimento de adesivos hidrófilos contribuiu sobremaneira para o aumento da resistência de união, em virtude de uma penetração e difusão mais efetiva desse material para o interior da dentina[4]. Além dessa característica, inerente ao material, a dentina deverá estar com sua permeabilidade aumentada para facilitar a difusão do monômero resinoso[4]. Devido a baixa resistência coesiva da "smear layer", resultante do preparo cavitário, técnicas que tentaram aderir nesse substrato não lograram êxito[4]. Um aumento da resistência adesiva só poderia ser conseguido com a remoção desta camada, resultando num aumento da permeabilidade dentinária e melhor difusão da resina, ou ainda com o desenvolvimento de materiais que pudessem atravessá-la e alcançar a matriz de dentina subjacente[41].

A remoção da "smear layer", por meio de condicionamento ácido com consequente desmineralização superficial da dentina, tem se tornado um procedimento usual no que diz respeito à adesão dentinária[4,12,13,24,61]. O condicionamento da superfície dentinária, com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, conforme usado neste trabalho, remove a "smear layer", abre os túbulos dentinários e descalcifica a dentina inter e peritubular, aumentando a permeabilidade dentinária e deixando exposta a malha de fibras colágenas, antes preenchida por hidroxiapatita[36,38,39,41,61](figuras 6 e 7). Nestas condições, a aplicação de "primers" hidrófilos facilita a subsequente penetração de adesivos de baixa

viscosidade para os espaços entre as fibras colágenas e para o interior dos túbulos dentinários[61]. Sua polimerização cria uma zona transicional de dentina reforçada por resina entre o substrato dentinário inalterado e a resina polimerizada, conhecida como camada híbrida[38,39] (figura 8). Esta camada ácido resistente é formada por uma mistura, a nível molecular, de componentes dentinários e resina polimerizada[38].

O mecanismo de adesão das resinas à dentina tem sido explicado por vários fatores como a formação de zona híbrida, a presença de "tags" no interior dos túbulos dentinários, difusão dos monômeros hidrófilos para a dentina intertubular ou ainda ligações químicas com os componentes orgânicos e inorgânicos do substrato[36]. Tal mecanismo também pode ser entendido como o somatório de todos esses fatores e sua contribuição para a retenção varia de acordo com as características do substrato em questão[9,41] . As conclusões dos estudos atuais apontam para a retenção micromecânica nas irregularidades superficiais da dentina intertubular como a principal fonte de adesão nesse processo[57]. As ligações químicas não estão bem esclarecidas e, se de fato existirem, parecem desempenhar um papel secundário na adesão, ficando seu entendimento na dependência de trabalhos futuros[57].

A manutenção da estrutura espacial da malha de colágeno durante o processo de hibridização, favorece a difusão do monômero resinoso[33,36,41]. Porém, seu colapso, decorrente da secagem excessiva da dentina, diminui a permeabilidade tecidual, resultando em decréscimo da resistência adesiva[41]. A difusão da resina em toda extensão da zona desmineralizada é primordial para a obtenção de uma camada híbrida íntegra e uniforme, o que poderia se traduzir em resultados clínicos de adesão e micronfiltração mais satisfatórios[38].

Resultados obtidos em trabalho de resistência adesiva e microinfiltração sugeriram que estes dois fenômenos estão intimamente associados[47]. Valores de resistência adesiva ao cisalhamento em torno de 21 Mpa levaram à redução da microinfiltração a níveis quase indetectáveis[47]. Entretanto, FORTIN et al.[23] não observaram a existência de uma correlação significativa entre esses dois fenômenos, apesar de existirem fortes indícios de que um material com maior resistência adesiva venha a apresentar menor microinfiltração.

Trabalhos clínicos usando adesivos hidrófilos pela técnica da hibridização, também mostraram bons resultados em reavaliações após 3 anos[32,52], embora tenha sido descrita a presença de poros na interface adesiva com posterior infiltração, mesmo na presença da camada híbrida[48]. Essa pequena quantidade de infiltração que ocorre nos espaços micrométricos da base da camada híbrida, provavelmente em sítios não preenchidos pelo monômero resinoso, pode dar origem ao processo de degradação da restauração[48].

Estudos de MEV têm sugerido que a deterioração da adesão e o resultante decréscimo da resistência adesiva, após longos períodos de imersão em água, ocorre nas fibras colágenas expostas que não foram impregnadas pelo monômero resinoso[38]. Essas fibras geralmente se encontram na base da camada híbrida[38,48]. A presença dessa zona "não híbrida"[38] pode ser explicada pela existência de uma diferença entre as profundidades de desmineralização e difusão do monômero resinoso[38] decorrente, provavelmente, de falta de permeabilidade tecidual ou pouca difusibilidade do material.

Apesar de necessário para a formação da camada híbrida, o colágeno parece não oferecer contribuição quantitativa direta para a obtenção de maiores valores de resistência adesiva[14,27,28]. Sua presença, mesmo nas condições naturais

de expansão da malha, pode impedir a difusão completa da resina para os espaços interfibrilares, ou mesmo para alcançar a dentina intertubular parcialmente desmineralizada[59].

A hipótese testada neste trabalho foi de que com a remoção do colágeno poderia se obter um substrato mais permeável, facilitando a difusão do monômero resinoso, reduzindo a formação de espaços vazios na interface adesiva e permitindo, dessa forma, que toda a superfície dentinária tratada fosse completamente alcançada pelo monômero resinoso. Esse procedimento poderia dar origem a uma interface adesiva mais homogênea e com espessura uniforme, ou seja, toda a faixa de dentina desmineralizada e posteriormente desproteinizada, seria impregnada pelo monômero resinoso.

A remoção do colágeno poderia resultar num aumento da longevidade das restaurações, já que o processo de degradação da interface hibridizada, decorrente da hidrólise dos peptídeos do colágeno[38], estaria teoricamente interrompido, caso essas fibras não estivessem presentes na interface. O colágeno exposto pelo condicionamento ácido pode ser encarado como um fator que afeta negativamente a durabilidade da interface adesiva[25]. Para certos tipos de agentes adesivos foram obtidos maiores valores de adesão, quando esse procedimento foi realizado diretamente na porção mineral da dentina[15,25,53,59,60].

Neste experimento foi utilizada uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, com tempo de aplicação de 1 minuto, para a remoção do colágeno exposto pelo condicionamento ácido prévio. Tanto esta concentração como o tempo de aplicação têm sido utilizados por alguns autores[15,25], embora outros trabalhos tenham utilizado concentrações de 5% por 2 minutos[27,59], 5% por 30 segundos[54], 10% por 30 segundos[14], e outros acabaram por comparar os resultados obtidos

combinando diferentes concentrações e tempos de aplicação[53,60]. GWINNETT[26], em um estudo acerca do assunto, realizou a remoção do colágeno por imersão dos espécimes em colagenase tipo 2 a 0,1% por achar que o hipoclorito de sódio não estaria limitado apenas à remoção da zona rica em colágeno, podendo remover certa quantidade de tecido mineral. Foi sugerido que a ação da enzima colagenase seria mais controlável, visto que seu efeito degradante cessa ao encontrar a barreira mineral rica em cálcio[28]. Entretanto, a grande maioria dos trabalhos realizados nesse campo assume que uma efetiva remoção do colágeno é conseguida após a aplicação de solução de hipoclorito de sódio na dentina condicionada, por um tempo mínimo de 30 segundos, em concentrações que variam entre 1 a 10%. GWINNETT[27], em outro trabalho, verificou a ausência de remanescente de fibras colágenas após o tratamento da dentina com hipoclorito de sódio a 5% durante 2 minutos, resultado considerado similar ao obtido pela aplicação da colagenase. Esse fato foi observado também neste trabalho, onde se verificou uma completa remoção da malha de colágeno, quando foi aplicada a solução de hipoclorito de sódio a 10%, por 1 minuto (figuras 11 e 12).

Foi possível observar também que a remoção do colágeno afetou a resistência adesiva para os dois tipos de materiais testados. O uso de um adesivo a base de acetona, como solvente e carreador (Prime & Bond 2.1), após a remoção do colágeno (grupo 2 – PBCH), resultou em aumento significativo da resistência ao cisalhamento, em comparação com a técnica que preservou o colágeno (tabela 3). Já para o adesivo a base de água (Single Bond), quando o colágeno foi removido (grupo 4 - SBCH) ocorreu uma queda significativa na resistência adesiva (tabela 3). Os resultados encontrados para o Prime & Bond 2.1 estão de acordo com os valores relatados por VARGAS et al.[59], e outros trabalhos[25,53,60], os quais verificaram

aumento da resistência adesiva para os "primers" a base de acetona. Porém, os mesmos autores não verificaram diferença significativa entre os espécimes, com e sem colágeno, quando foi aplicado um adesivo a base de água.

Utilizou-se no presente trabalho um teste estatístico não paramétrico (Kruskal-Wallis) por este ser mais indicado para detectar pequenas diferenças entre tratamentos, quando são avaliadas pequenas amostras*. Talvez o fato de não terem sido encontradas diferenças significativas nos trabalhos supra-citados[25,53,59,60] possa ter ocorrido em função do teste estatístico empregado.

CIUCCHI et al.[15] observaram um aumento da resistência adesiva à microtração com o uso do hipoclorito de sódio e aplicação de um adesivo a base de água. Este resultado difere do verificado neste trabalho e de outros descritos na literatura[27,59].

GWINNETT[27,28] não encontrou diferenças significativas de resistência ao cisalhamento entre espécimes, com e sem remoção do colágeno da dentina, usando adesivos a base de água ou a base de solventes orgânicos. Desta forma, o autor concluiu que a camada de colágeno não é fator crucial na determinação da resistência adesiva. Esta hipótese foi contestada em nosso trabalho, visto que houve diferenças significativas dos valores de resistência adesiva ditadas pela presença ou não do colágeno.

Os valores de resistência adesiva obtidos por UNO & FINGER[53], utilizando um adesivo com glutaraldeído, permitem afirmar que o colágeno interfere negativamente na adesão. Como foi usado um adesivo a base de solvente orgânico, esses resultados estão de acordo com os obtidos em nosso trabalho, considerando-se o adesivo Prime & Bond 2.1 (grupos 1-PBSH e 2-PBCH). No entanto, os autores

* Campos, H. Estatística Experimental não Paramétrica. 3ª Ed., Editora ESALQ-USP, Piracicaba-SP, 1983.

observaram maior formação de "gaps" e pior adaptação marginal nos grupos onde a dentina foi desproteinizada e não houve formação de camada híbrida. Foi assumido que o colágeno não funcionaria como fonte primordial de retenção mas, a sua presença resultaria em formação da camada híbrida que, por seu baixo módulo de elasticidade, funcionaria como uma zona absorvedora do "stress" decorrente da contração de polimerização[53]. A conclusão de que esse fato poderia preservar a resistência adesiva, após longos períodos de imersão em água, foi contestado por WAKABAYASHI et al.[60], após observar que interfaces adesivas desproteinizadas apresentaram maior resistência adesiva ao cisalhamento, mesmo após 10.000 ciclos térmicos entre 4 e 60 ^{o}C.

O verdadeiro papel do colágeno na resistência adesiva parece não ter sido ainda esclarecido[27,28,56]. A importância de uma interface adesiva elástica como preconizam UNO & FINGER[53], parece superestimada quando se compara com a adesão em esmalte. Este tecido tem uma quantidade desprezível de constituintes orgânicos, sua adesão não envolve a formação de camada híbrida e, no entanto, oferece boa adaptação marginal, mesmo sendo submetido aos efeitos deletérios da contração de polimerização. Baseado na hipótese desses autores, era de se esperar uma grande quantidade de "gaps" nas restaurações com margens em esmalte, decorrente da ausência de uma camada híbrida, o que não corresponde à realidade[5,24].

O aumento da resistência adesiva obtido neste experimento, decorrente do uso de um adesivo a base de acetona (tabela 3), pode ser explicado pela maior difusibilidade desse carreador, bem como sua maior capacidade de deslocar a água, favorecendo a penetração do monômero resinoso nas irregularidades superficiais microscópicas da dentina intertubular, expostas pelo hipoclorito de sódio

(figuras 11 e 12). A remoção do colágeno facilitaria a chegada do adesivo a esta região, permitindo um envolvimento completo dos cristais de hidroxiapatita parcialmente expostos. Na presença de fibras colágenas, independente do tipo de sistema adesivo (a base de água ou solvente orgânico), ocorre a formação da camada híbrida (figura 8), devido a difusão do monômero resinoso na malha de colágeno. Esse fato foi observado nos grupos 1 (PBSH) e 3 (SBSH), onde não se verificou diferença estatisticamente significativa. Uma possível explicação para isso é que, apesar dos adesivos a base de água apresentarem menor difusibilidade e menor capacidade de deslocar a água, estas propriedades foram suficientes para permitir o envolvimento das fibras colágenas, resultando na formação da camada híbrida e em altos valores de adesão. Sendo assim, ao se fazer o teste de cisalhamento dos espécimes desses grupos (1-PBSH e 3–SBSH), observou-se que os mesmos apresentaram resultados semelhantes, em virtude da formação da camada híbrida em ambos.

Os monômeros resinosos a base de água poderiam apresentar menor difusibilidade, o que dificultaria sua chegada à região mais profunda da dentina intertubular, exposta após a remoção do colágeno (figura 12). Desta forma, a interface adesiva poderia apresentar falhas em sua base, ou seja, espaços nanométricos desmineralizados e não preenchidos pelo monômero resinoso, o que poderia explicar os piores resultados obtidos pelo grupo 4 (SBCH). A presença de poros na dentina intertubular e anastomoses entre os túbulos dentinários, observadas após a aplicação do hipoclorito de sódio, podem também reforçar a hipótese de que a difusibilidade do monômero resinoso foi de primordial importância nos resultados obtidos para o grupo 2 (PBCH), onde a acetona pode ter favorecido a maior penetração do monômero resinoso nessas microporosidades.

A análise, em lupa estereoscópica, dos espécimes fraturados mostrou uma predominância de falhas coesivas na dentina para o grupo 2 (PBCH), revelando que falhas coesivas neste tecido tendem a aumentar com a elevação dos valores de resistência adesiva (anexos 1, 2, 3 e 4).

A formação de camada híbrida somente foi possível quando a malha de colágeno foi mantida intacta (figura 21) e sua remoção resultou na adesão direta sobre a hidroxiapatita da dentina parcialmente desmineralizada (figura 22). Estes achados estão de acordo com os descritos por VARGAS et al.[59], que verificaram através de MET, a ausência de formação de camada híbrida em espécimes onde a dentina foi desproteinizada.

Os resultados obtidos nesse trabalho reforçam a idéia de que a obtenção de camada híbrida fornece valores semelhantes de adesão, fato este confirmado pela igualdade estatística da resistência ao cisalhamento, verificada nos grupos 1 (PBSH) e 3 (SBSH). Desde que o colágeno não seja removido, a obtenção de boa resistência de adesão independe do tipo de adesivo utilizado (a base de água ou acetona). Essas observações podem ser confirmadas pelos valores aproximados de adesão obtidos em trabalhos que comparam diversos tipos de adesivos hidrófilos[27,30,35]. Um aumento ainda maior da resistência adesiva e seus prováveis benefícios, estariam na dependência da remoção do colágeno, desde que fosse aplicado um adesivo a base de acetona. Para essa situação, os adesivos a base de água não estariam indicados.

A indicação clínica do hipoclorito de sódio, para condicionar a dentina e remover o colágeno, está na dependência da realização de mais estudos, especialmente para a verificação de microinfiltração após envelhecimento das restaurações. Se for obtida uma redução significativa desse fenômeno, com

permanência de altos valores de adesão, após longos períodos de imersão em água, a hipótese de que a deterioração da interface adesiva começa no colágeno estaria válida e este tratamento poderia ser indicado, possibilitando a criação de uma linha de pesquisa clínica.

7. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos e de acordo com as condições em que este estudo foi desenvolvido, podemos concluir que:

1. O tratamento da dentina com NaOCl a 10% por 1 minuto interfere na resistência adesiva ao cisalhamento de resinas unidas à dentina.

2. O adesivo a base de acetona, quando aplicado sobre a dentina desproteinizada, apresenta um aumento significativo na força de adesão.

3. Uma redução significativa da força de adesão é observada quando o adesivo a base de água é aplicado na dentina desproteinizada.

4. A manutenção da camada de colágeno implica em comportamentos semelhantes dos adesivos testados.

5. A aplicação do adesivo a base de acetona em dentina desproteinizada resulta em maior número de falhas coesivas deste tecido.

6. A análise em MEV após o teste de cisalhamento demonstrou diferenças morfológicas marcantes entre os grupos com e sem aplicação de NaOCl.

ANEXOS

ANEXO 1

CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA APÓS VISUALIZAÇÃO EM LUPA ESTEREOSCÓPICA

PERCENTUAL DE FALHAS
ADESIVA (65%) ; MISTA CR+A (25%) ; MISTA CD+A (10%)

GRUPO 1 (PBSH)

CORPO DE PROVA	ADESIVA	COESIVA EM DENTINA	COESIVA EM RESINA	MISTA OU COMBINADA
41				CD+A
72	X			
27	X			
40	X			
09	X			
43	X			
11	X			
59				CR+A
19				CD+A
46	X			
63	X			
49				CR+A
78	X			
30	X			
08				CR+A
74				CR+A
61	X			
05	X			
52	X			
80				CR+A

Fraturas Mistas ou combinadas: CR+CD - coesiva em resina e coesiva em dentina

CR+A - coesiva em resina e adesiva

CD+A - coesiva em dentina e adesiva

ANEXO 2

CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA APÓS VISUALIZAÇÃO EM LUPA ESTEREOSCÓPICA

PERCENTUAL DE FALHAS
ADESIVA (15%) ; COESIVA EM DENTINA (55%)
MISTA CR+A (20%) ; MISTA CD+A (10%)

GRUPO 2 (PBCH)

CORPO DE PROVA	ADESIVA	COESIVA EM DENTINA	COESIVA EM RESINA	MISTA OU COMBINADA
32				CR+A
42				CD+A
44				CR+A
47				CD+A
51		X		
35				CR+A
01		X		
79		X		
48		X		
37		X		
62				CR+A
21	X			
06		X		
50		X		
55		X		
75		X		
58		X		
36	X			
25		X		
13	X			

Fraturas Mistas ou combinadas: CR+CD - coesiva em resina e coesiva em dentina

CR+A - coesiva em resina e adesiva

CD+A - coesiva em dentina e adesiva

ANEXO 3

CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA APÓS VISUALIZAÇÃO EM LUPA ESTEREOSCÓPICA

PERCENTUAL DE FALHAS
ADESIVA (55%) ; COESIVA EM RESINA (5%)
MISTA CD+A (5%) ; MISTA CR+A (35%)

GRUPO 3 (SBSH)

CORPO DE PROVA	ADESIVA	COESIVA EM DENTINA	COESIVA EM RESINA	MISTA OU COMBINADA
60	X			
31	X			
29	X			
57	X			
38	X			
66				CR+A
17	X			
10	X			
34	X			
77				CD+A
73	X			
28	X			
54				CR+A
23	X			
20				CR+A
14				CR+A
65				CR+A
64				CR+A
45			X	
26				CR+A

Fraturas Mistas ou combinadas: CR+CD - coesiva em resina e coesiva em dentina

CR+A - coesiva em resina e adesiva

CD+A - coesiva em dentina e adesiva

ANEXO 4

CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE FRATURA APÓS VISUALIZAÇÃO EM LUPA ESTEREOSCÓPICA

PERCENTUAL DE FALHAS
ADESIVA (40%) ; COESIVA EM DENTINA (15%)
MISTA CR+A (15%) ; MISTA CD+A (30%)

GRUPO 4 (SBCH)

CORPO DE PROVA	ADESIVA	COESIVA EM DENTINA	COESIVA EM RESINA	MISTA OU COMBINADA
68	X			
18	X			
76	X			
15				CR+A
03				CD+A
69				CD+A
24				CD+A
16	X			
71				CD+A
04	X			
33				CD+A
02	X			
53				CR+A
12	X			
22		X		
70	X			
39		X		
56				CR+A
07				CD+A
67		X		

Fraturas Mistas ou combinadas: CR+CD - coesiva em resina e coesiva em dentina

CR+A - coesiva em resina e adesiva

CD+A - coesiva em dentina e adesiva

ANEXO 5

Teste de cisalhamento de adesivos dentinários

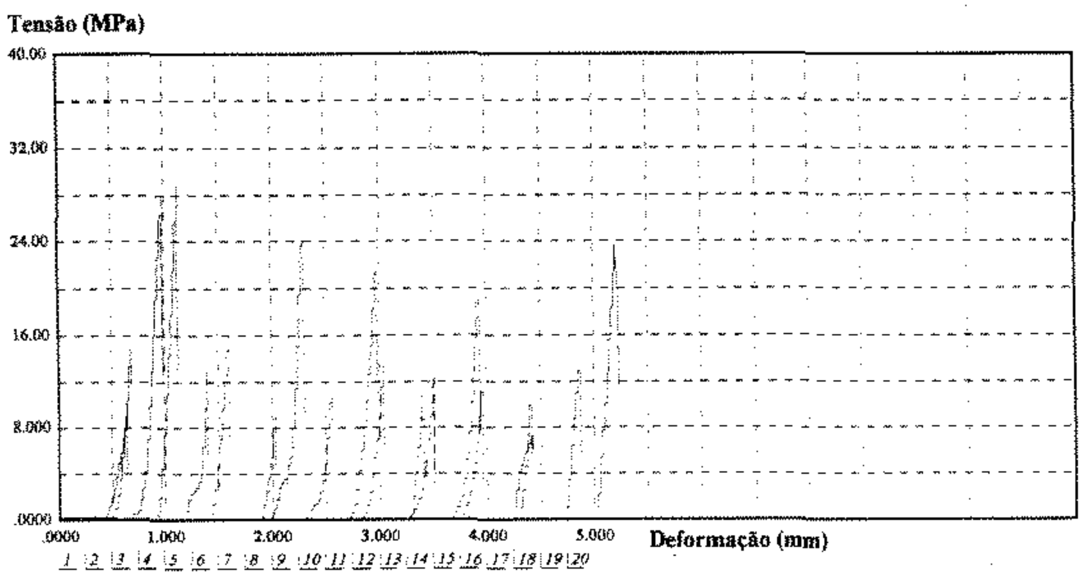
Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 22** Extensômetro: - Data: **13/12/97** Hora: **15:38:30** Trabalho nº **0014**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **cisal2**

Ident. Amostra: >> P&B2.1SH: **Prime & Bond 2.1 sem hipoclorito**

Parâmetro >>	Força	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.
Unidade >>	(kgf)	(MPa)
CP 1	10.83	15.02
CP 2 (R)	7.327	10.16
CP 3	20.00	27.74
CP 4	20.83	28.90
CP 5	9.388	13.02
CP 6	11.07	15.36
CP 7 (R)	6.812	9.451
CP 8	17.91	24.85
CP 9 (R)	2.935	4.071
CP 10	8.644	11.99
CP 11	15.68	21.75
CP 12	9.966	13.83
CP 13	8.206	11.39
CP 14	8.990	12.47
CP 15	14.14	19.61
CP 16	8.074	11.20
CP 17 (R)	7.177	9.957
CP 18 (R)	5.235	7.263
CP 19	9.335	12.95
CP 20	17.17	23.82
Número CPs	15	15
Média	12.68	17.59
Mediana	8.644	15.02
Desv.Padrão	4.513	6.262
Coef.Var.(%)	35.59	35.59
Mínimo	8.074	11.20
Máximo	20.83	28.90



Observacão: Resultados do trabalho de mestrado Vicente Sabóia Orientador: Luiz André F. Pimenta

ANEXO 6

Teste de cisalhamento de adesivos dentinários

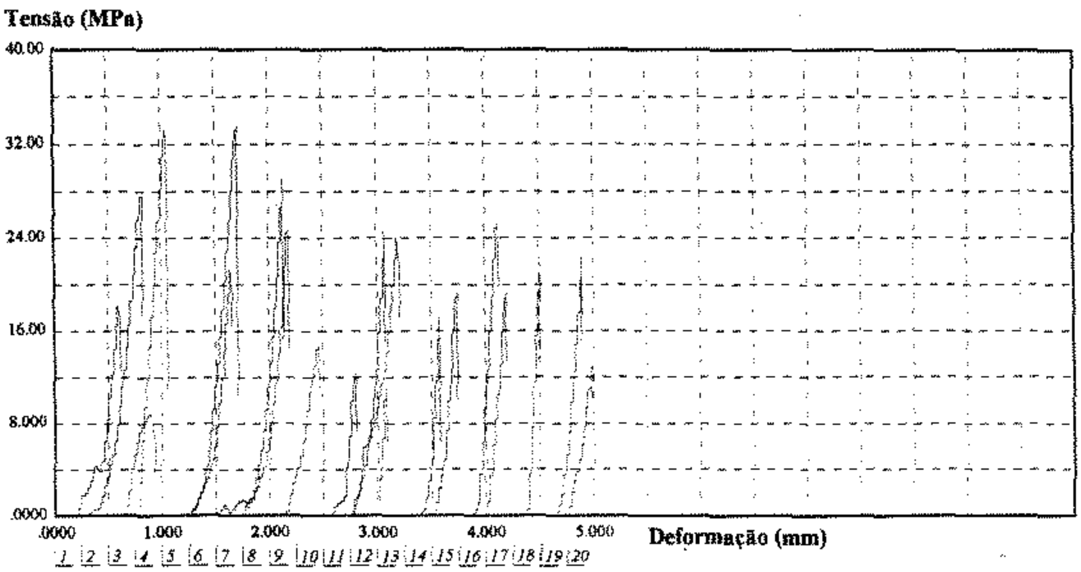
Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 22** Extensômetro: - Data: **13/12/97** Hora: **17:18:08** Trabalho nº **0015**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **cisal2**

Ident. Amostra: >>>P&B2.1CH: **Prime & Bond 2.1 com hipoclorito**

Parâmetro >>	Força	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.
Unidade >>	(kgf)	(MPa)
CP 1	**13.17**	**18.27**
CP 2	**19.98**	**27.73**
CP 3 (R)	**6.430**	**8.921**
CP 4	**24.03**	**33.34**
CP 5	**15.44**	**21.42**
CP 6	**24.29**	**33.69**
CP 7	**20.95**	**29.07**
CP 8	**17.85**	**24.77**
CP 9	**11.02**	**15.29**
CP 10	**8.923**	**12.38**
CP 11	**17.97**	**24.93**
CP 12	**17.39**	**24.13**
CP 13	**8.180**	**11.35**
CP 14	**12.42**	**17.22**
CP 15	**13.89**	**19.27**
CP 16	**18.21**	**25.26**
CP 17	**13.92**	**19.31**
CP 18	**15.75**	**21.84**
CP 19	**16.21**	**22.48**
CP 20	**9.388**	**13.02**
Número CPs	**19**	**19**
Média	**15.74**	**21.83**
Mediana	**15.44**	**21.84**
Desv.Padrão	**4.692**	**6.509**
Coef.Var.(%)	**29.82**	**29.82**
Mínimo	**8.180**	**11.35**
Máximo	**24.29**	**33.69**



Observação: Resultados do trabalho de mestrado Vicente Sabóia Orientador: Luiz André F. Pimenta

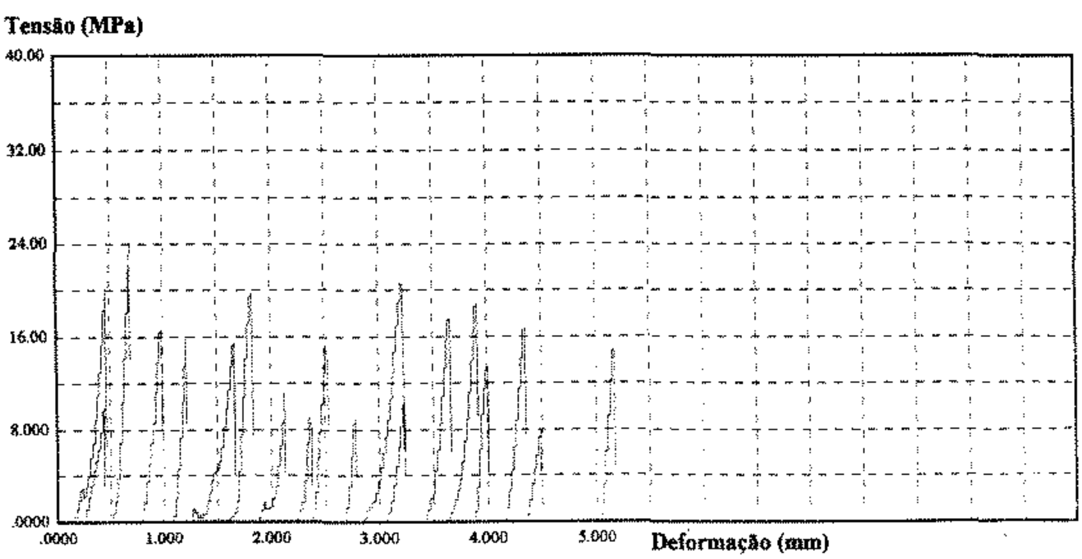
ANEXO 7

Teste de cisalhamento de adesivos dentinários

Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 22** Extensômetro: - Data: **13/12/97** Hora: **18:35:00** Trabalho nº **0017**
Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **cisal2**
Ident. Amostra: >>> S Bond SH: **Single Bond sem hipoclorito**

Parâmetro >>	Força	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.
Unidade >>	(kgf)	(MPa)
CP 1	14.32	19.86
CP 2	7.194	9.980
CP 3	17.51	24.30
CP 4	12.08	16.76
CP 5	11.53	15.99
CP 6	11.26	15.62
CP 7	14.34	19.90
CP 8	8.060	11.18
CP 9	6.566	9.110
CP 10	11.11	15.41
CP 11	6.527	9.055
CP 12	14.89	20.66
CP 13 (R)	7.499	10.40
CP 14	12.65	17.56
CP 15	13.58	18.84
CP 16	9.627	13.36
CP 17	12.12	16.82
CP 18 (R)	5.783	8.023
CP 19 (R)	4.067	5.642
CP 20 (R)	*	*
CP 21	10.86	15.07
Número CPs	17	17
Média	11.43	15.85
Mediana	9.627	15.07
Desv.Padrão	3.098	4.298
Coef.Var.(%)	27.11	27.11
Mínimo	6.527	9.055
Máximo	17.51	24.30



ANEXO 8

Teste de cisalhamento de adesivos dentinários

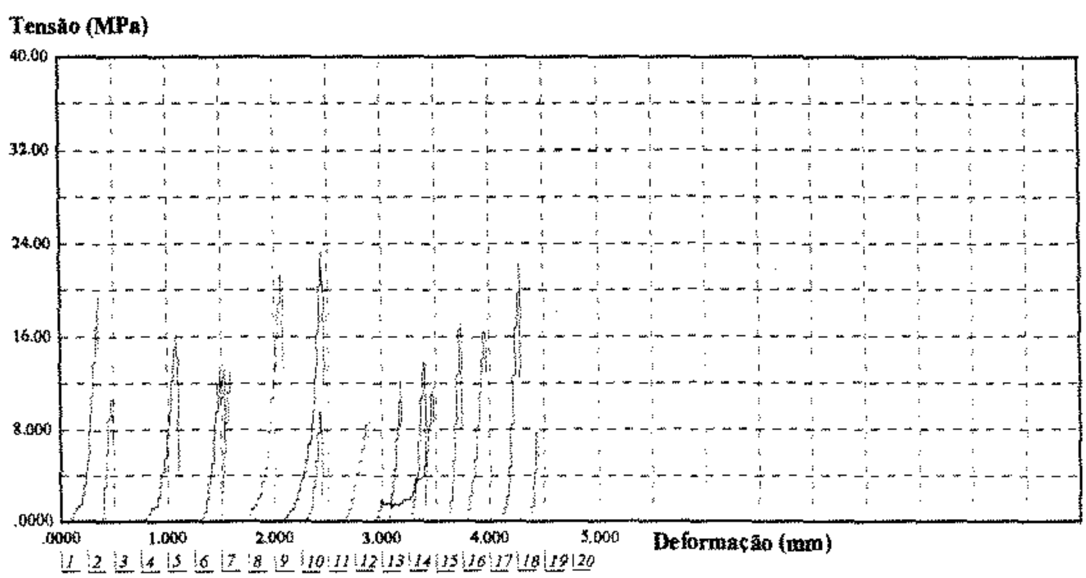
Relatório de Ensaio de Compressão

Máquina: **Emic DL500** Célula: **Trd 22** Extensômetro: - Data: **13/12/97** Hora: **19:41:09** Trabalho nº **0018**

Programa: **MTest versão 1.01** Método de Ensaio: **cisal2**

Ident. Amostra: >> S.bond CH: **Single bond com hipoclorito de sódio**

Parâmetro >>	Força	Tensão
Evento >>	Força Max.	Força Max.
Unidade >>	(kgf)	(MPa)
CP 1	**14.06**	**19.50**
CP 2	**7.662**	**10.63**
CP 3 (R)	**5.371**	**7.452**
CP 4	**11.72**	**16.26**
CP 5 (R)	**6.752**	**9.368**
CP 6	**9.508**	**13.19**
CP 7	**9.401**	**13.04**
CP 8	**15.46**	**21.44**
CP 9	**16.88**	**23.41**
CP 10	**6.955**	**9.649**
CP 11	**6.427**	**8.916**
CP 12	**8.485**	**11.77**
CP 13	**8.870**	**12.31**
CP 14	**9.962**	**13.82**
CP 15	**12.39**	**17.19**
CP 16	**11.86**	**16.46**
CP 17	**16.05**	**22.27**
CP 18 (R)	**5.677**	**7.876**
Número CPs	**15**	**15**
Média	**11.05**	**15.32**
Mediana	**8.870**	**13.82**
Desv.Padrão	**3.355**	**4.654**
Coef.Var.(%)	**30.37**	**30.37**
Mínimo	**6.427**	**8.916**
Máximo	**16.88**	**23.41**



Observação: Trabalho de Tese□□Vicente Sabóia□□Orientador: Luiz André F. Pimenta

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate the effect of removing collagen on the shear bond strength for two single-bottle adhesives systems and to examine the dentin surfaces after shear test. The buccal and lingual surfaces of 80 extracted human third molars were ground to expose dentin, then polished with 320, 400 and 600-grit aluminum oxide. Teeth were randomly assigned to four groups and received the following treatments: group 1, samples were conditioned with 37% phosphoric acid , rinsed and left moist, Prime & Bond 2.1-Dentsply (PB) adhesive was applied according to manufacturer's directions, and restorative Z100 (3M) composite resin was bonded to the dentin surface; group 2, the same procedures were followed as for group 1 except the surfaces were treated with 10% NaOCl for 1 minute, after acid conditioning; group 3, the same technique was followed as for group 1, using Single Bond-3M (SB) according to the manufacturer's recommendations; group 4, the same procedure was followed for group 2, using Single Bond. The specimens were stored in humidity at 37 ^{o}C for 24 hours and tested in a shear mode at a crosshead speed of 0,5 mm/minute. The median of results were: G2=21,84, G3=15,99, G1=15,02 and G4=13,82. The Kruskal-Wallis test and multiple comparisons were used for statistical analysis of the data. A 1-minute exposure of dentin to 10% NaOCl following acid conditioning resulted in significant increase on the dentin shear bond strength for Prime & Bond 2.1 (group 2). The same treatment for Single Bond (group 4) resulted in significant reduction on the values of adhesion. Groups 1 and 3 were not statistically different from each other. Group 2 showed more dentin-cohesive failures than the other groups. Under SEM observations, there were morphological differences between the groups treated with NaOCl and those that did not received this treatment.

Key-words: dentin adhesives, collagen, sodium hypochlorite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ALANI, A. H. & TOH, C.G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. **Dent. Mater.**, Washington, **22**(4): 173-85, July-Aug. 1997.

2. AMORY, C. & YVON J. Shear bond strength of a light-cured resin composite *vs.* dentin characteristics. **Dent. Mater.**, Washington, **10**(3): 203-09, May. 1994.

3. AQUILINO, S. A.; WILLIAMS, V. D.; SVARE, C. W. The effect of storage solutions and mounting media on the bond strenghts of a dentinal adhesive to dentin. **Dent. Mater.**, Washington, **3**(3): 131-35, June, 1987.

4. BARKMEIER, W. W. & COOLEY, R. L. Laboratory evaluation of adhesive systems. **Operative Dent.**, Seattle, **5**:50-61, 1992. [Supplement 5]

5. BRANNSTROM, M. & NORDENVALL, K. J. The effect of acid etching on enamel, dentin and the inner surface of resin restoration: a scanning electron microscopic investigation. **J. dent. Res.** , Washington, **56**(8): 917-23, Aug. 1977.

6. BUONOCORE, M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. **J. dent. Res.**, Washington, **34**(6): 849-53, Dec. 1955.

7. BURKE, F. J. T. & McCAUGHEY, A. D. The four generations of dentin bonding. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8**(2): 88-92, Apr. 1995.

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

8. CAMPS, J. et al. Influence of concentration and application time of maleic acid on dentin permeability. **Dent. Mater.**, Washington, **11**(3): 177-81, May, 1995.

9. CAO, Z.; HUANG, L.; JIANG, J. A scanning electron microscopic observation of inner carious dentin after cleansing and of the dentin-resin interface. **Quintessence int.**, Berlin, **23**(6): 439-44, June, 1992.

10. CARVALHO, R. M. et al. Dimensional changes of demineralized human dentine during preparation for scanning electron microscopy. **Archs oral Biol.**, Oxford, **41**(4): 379-86, Apr. 1996.

11. _____. et al. Effects of dehydration on the modulus of elasticity of demineralized human dentin. **Rev. FOB**, Baurú, **4**(1/2): 1-7, jan-jun. 1996.

12. CHAPPEL, R. P. & EICK, J. D. Shear bond strenght and scanning electron microscopic observation of six current dentinal adhesives. **Quintessence int.**, Berlin, **25**(5): 359-68, May, 1994.

13. _____.; SPENCER, P.; EICK, J. D. The effects of current dentinal adhesives on the dentinal surface. **Quintessence int.**, Berlin, **25**(12): 851-59, Dec.1994.

14. CHERSONI, S. et al. Effect of collagen layer on self-etching bonding systems adhesion. **J. dent. Res.**, Washington, **77**: 238, Mar. 1998. [Abstract 1062]

15. CIUCCHI, B.; SANO, H.; PASHLEY, D. H. Bonding to sodium hypoclorite treated dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **73**: 296, Mar. 1994. [Abstract 1556]

16. DELLA BONA, A. & VAN NOORT, S. Shear vs. Tensile bond strenght of resin composite bonded to ceramic. **J. dent. Res.**, Washington, **74**(9): 1591-96, Sept. 1995.

17. EICK, J. D. et al The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part III. **Quintessence int.**, Berlin, **24**(8): 571-82, Aug. 1993.

18. ELIADES, G. C. Clinical relevance of the formulation and testing of dentine bonding systems. **J. Dent.**, Oxford, **22**(2): 73-81, Apr. 1994.

19. _____.; CAPUTO, A. A.; VOUGIOUKLAKIS, G. J. Composition, wetting properties and bond strenght with dentin of 6 new dentin adhesives. **Dent. Mater.**, Washington, **1**(5): 170-76, Out. 1985.

20. FERNANDES, C. A. O. **Avaliação da influência da profundidade do substrato dentinário na resistência adesiva de dois novos sistemas adesivos.** Bauru, 1997. 100p. [Tese (Mestrado) - FOB-USP].

21. FERRARI, M. The micromorphologic relationship between resin and dentin in class V restorations: An in vivo and in vitro investigation. **Quintessence int.**, Berlin, **25**(9): 621-25, Sep. 1994.

22. FERRARI, M.; CAGIDIACO, M. C., MASON, P. N. Micromorphologic relationship between resin and dentin in class II restorations: An in vivo and in vitro investigation by scanning electron microscopy. **Quintessence int.**, Berlin, **25**(12): 861-66, Dec. 1994 .

23. FORTIN, D. et al. Bond strenght and microleakage of current dentin adhesives. **Dent. Mater.**, Washington, **10**(4): 253-58, July, 1994.

24. FRANCHI, M. & BRESCHI, L. Effects of acid-etching solutions on human enamel and dentin. **Quintessence int.**, Berlin, **26**(6): 431-35, June, 1995.

25. FUJITA, E. et al. Effect of NaOCl pre-conditioning to bovine root canal dentin. **J. dent. Res.**, Washington, **75**:391, Mar. 1996. [Abstract 2990].

26. GORDAN, V. V. et al. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **10**(5): 219-23, Oct. 1997.

27. GWINNETT, A. J. Altered tissue contribution to interface bond strength with acid condicioned dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **7**(5): 243-46, Oct. 1994.

28. _____ et al. Quantitative contribution of the collagen network in dentin hybridization. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **9**(4): 140-44, Aug. 1996.

29. HASEGAWA, T. et al. Shear bond strength and quantitative microleakage of a multipurpose dental adhesive system resin bonded to dentin. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, **73**(5): 432-38, May, 1995.

30. KITASAKO, Y. et al. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. **Dent. Mater.**, Washington, **11**(5): 298-304, Sept. 1995.

31. MACIEL, K. T. et al. The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. **J. dent. Res.**, Washington, **75**(11): 1851-58, Nov. 1996.

32. MANDRAS, R. S. et al. Three-year clinical evaluation of the clearfil liner bond system. **Operative Dent.**, Seattle, **22**(6): 266-70, Nov-Dec. 1997.

33. MARSHALL, G. W. et al. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J. Dent.**, Oxford, **25**(6): 441-58, Dec. 1997.

34. MAURO, S. J. **Estudo da resistência de união ao cisalhamento de diferentes sistemas adesivos à dentina. Efeito do condicionamento da dentina e concentrações ácidas**. Araraquara, 1997. 179p. [Tese (Doutoramento) FOAR-UNESP].

35. MAY, K. N., SWIFT Jr, E. J.; BAYNE, S. C. Bond strengths of a new dentin adhesive system. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **10**(4): 195-98, Aug. 1997.

36. NAKABAYASHI, N. Adhesive bonding with 4-META. **Oper. Dent.**, Seattle, **5**: 125-30, 1992. [Supplement 5].

37. _____. & SAIMI, Y. Bonding to intact dentin. **J. Dent. Res.**, Washington, **75**(9): 1706-15, Sept. 1996.

38. _____.; ASHIZAWA, M.; NAKAMURA, M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. **Quintessence int.**, Berlin, **23**(2): 135-41, Feb. 1992.

39. NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J. Biomed. mat. Res.**, New York, **16**(3): 265-73, May, 1982.

40. NERY, S.; McCABE, J. F.; WASSELL, R. W. A comparative study of three dental adhesives. **J. Dent.**, Oxford, **23**(1): 55-61, Feb. 1995.

41. PASHLEY, D. H. & CARVALHO, R.M. Dentine permeability and dentine adhesion. **J. Dent.**, Oxford, **25**(5): 355-72, Sept. 1997.

42. _____. et al. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent. Mater.**, Washington, **11**(2): 117-25, Mar. 1995.

43. PASHLEY, E. L. et al. Bond strenghts to superficial, intermediate and deep dentin in vivo with four dentin bonding systems. **Dent. Mater.**, Washington, **9**(1): 19-22, Jan. 1993.

44. PATIERNO, J. M. et al Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. **Endod. dent. Traumatol.**, Copenhagen, **12**(5): 227-36, Oct. 1996.

45. PERDIGÃO, J. & SWIFT, E. J. Analysis of dental adhesive systems using scanning electron microscopy. **Int. dent. J.**, Guildford, **44**(4): 349-59, Aug. 1994.

46. RETIEF, D. H. et al. The effect of storage media and duration of storage of extracted teeth on the shear bond strength of Scotchbond 2 / Silux to dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **2**(5): 269-73, Oct. 1989.

47. RETIEF, D. H.; MANDRAS, R. S.; RUSSELL C. M. Shear bond strength required to prevent microleakage at the dentin/restoration interface. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **7**(1): 43-6, Feb. 1994.

48. SANO, H. et al Nanoleakage: Leakage within the hybrid layer. **Oper. Dent.**, Seattle, **20**(1): 18-25, Jan-Feb. 1995.

49. TAO, L. & PASHLEY, D. Shear bond strenghts to dentin: effects of surface treatments, depth and position. **Dent. Mater.**, Washington, **4**(6): 371-78, Dec. 1988.

50. TAY, F. R. et al. Micromorphologic relationship of the resin-dentin interface following a total-etch technique in vivo using a dentinal bonding system. **Quintessence int.**, Berlin, **26**(1): 63-70, Jan. 1995.

51. TAY, F. R.; GWINNETT, A. J.; WEY, S. H. Y. Ultrastructure of the resin-dentin interface following reversible and irreversible rewetting. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **10**(2): 77-82, Apr. 1997.

52. TREVINO, D. F. et al. Clinical evaluation of Scotchbond Multi-Purpose adhesive system in cervical abrasions. **J. Dent. Res.**, Washington, **75**:397, Mar. 1996. [Abstract 3037]

53. UNO, S.; FINGER, W. J. Function of the hybrid zone as a stress-absorbing layer in resin-dentin bonding. **Quintessence int.**, Berlin, **26**(10): 733-8, Oct. 1995.

54. VAN DJIKEN, J. W. V. & HORSTEDT, P. Effect of 5% sodium hypoclorite or tubulicid pretreatment in vivo on the marginal adaptation of dental adhesives and glass ionomer cements. **Dent. Mater.**, Washington, **3**(6): 303-06, Nov. 1987.

55. VAN MEERBECK et al. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. **Operative Dent.**, Seattle, **5**: 50-61, July, 1992. [Supplement 5]

56. _____. et al. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. **J. Dent. Res.**, Washington, **77**(1): 50-9, Jan. 1998.

57. _____. et al. The clinical performance of adhesives. **J. Dent.**, Oxford, **26**(1): 1-20, Jan. 1998.

58. VAN NOORT, R. et al. A critique of bond strenght measurements. **J. Dent.**, Oxford, **17**(2): 61-67, Apr. 1989.

59. VARGAS, M. A.; COBB D. S.; ARMSTRONG S. R. Resin-dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without hybrid layer. **Oper. Dent.**, Seattle, **22**(5): 159-66, Sep-Oct. 1997.

60. WAKABAYASHI, Y. et al. Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. **Int. j. Prosthod.**, Carol Stream, **7**(4):302-06, July-Aug. 1994.

61. WALSHAW, P.R.; McCOMB, D. Clinical considerations for optimal dentinal bonding. **Quintessence int.**, Berlin, **27**(9): 619-25, Sept. 1996.

62. WATANABE, I. & NAKABAYASHI, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. **J. Dent.**, Oxford, **22**(2) :67-72, Apr. 1994.

63. YOSHIYAMA, M. et al. Interfacial morphology and strength of bonds made to superficial *versus* deep dentin. **Am. J. Dent.**, San Antonio, **8**(6): 297-302, Dec. 1995.