

Veridiana Resende Novais

***Influência de diferentes
métodos de preparo e sistema
adesivo na resistência máxima
de adesão à dentina bovina e
humana***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Reabilitação Oral

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Quagliatto

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos José Soares

UBERLÂNDIA – MG

2007

Veridiana Resende Novais

***Influência de diferentes métodos de preparo e sistema adesivo
na resistência máxima de adesão à dentina bovina e humana***

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Reabilitação Oral

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Quagliatto
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos José Soares

Banca Examinadora:

Uberlândia, 15 de Março de 2007.

Prof. Dr. Paulo Sérgio Quagliatto – UFU

Prof. Dr. Carlos José Soares - UFU

Prof. Dr. Flávio Domingues das Neves

Prof. Dr. Rodrigo de Castro Albuquerque

UBERLÂNDIA

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- N935i Novais, Veridiana Resende, 1979-
 Influência de diferentes métodos de preparo e sistema adesivo na
 resistência máxima de adesão à dentina bovina e humana / Veridiana
 Resende Novais. - 2007.
 82 f. : il.
- Orientador: Paulo Sérgio Quagliatto.
 Co-orientador: Carlos José Soares.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pro-
 grama de Pós-Graduação em Odontologia.
 Inclui bibliografia.
1. Materiais dentários - Teses. I. Quagliatto, Paulo Sérgio. II. Soares,
 Carlos José. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
 Graduação em Odontologia. IV. Título.

CDU: 615.46

DEDICATÓRIA

À Deus

A quem entrego minha vida todos os dias. Obrigada por tantas bênçãos que o Senhor me proporciona.

Aos meus pais Edésio e Vânia

Ao meu pai Edésio, exemplo de responsabilidade, honestidade e bom caráter. Agradeço pai, pelos ensinamentos, carinho e amor dedicados a mim. E à minha mãe Vânia, a quem admiro pela alegria e solidariedade com as pessoas. Obrigada mãe, por ser sempre tão companheira. Eu dedico esta conquista a vocês, que sempre me apoiaram nos meus estudos, me incentivaram profissionalmente e me proporcionaram uma base familiar sólida, importante na minha formação enquanto pessoa. Deus não poderia ter me proporcionado presente melhor do que ter vocês como meus pais. Amo vocês.

Ao meu irmão Edelvan

Além de meu irmão é também meu melhor amigo, meu conselheiro e companheiro de todos os momentos. Tenho muito orgulho de ter um irmão como você, e só de você estar perto, já é suficiente para me sentir feliz. Eu te amo muito.

Às minhas avós Dolores e Conceição

Que estão sempre torcendo por mim, agradeço por serem tão carinhosas comigo. Amo as senhoras.

Ao meu amor Paulo Jr.

À qual admiro pela seriedade e compromisso que tem com tudo o que faz. Obrigada pelo apoio, incentivo, companheirismo, pelo carinho e zelo que tem comigo. Você é outro presente de Deus para mim. Te amo muito.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Quagliatto,

Meu orientador, admiro sua alegria e simplicidade. Obrigada por ter acreditado em mim e me concedido a oportunidade da realização deste sonho, agradeço também pelo carinho que sempre teve comigo, me aconselhando nos momentos necessários. Que Deus abençoe o seu caminho.

Ao Prof. Dr. Carlos José Soares,

Meu co-orientador, exemplo de determinação e grande percepção. Agradeço pelas oportunidades, a atenção dispensada a mim, e por ter me apoiado de forma segura e carinhosa sempre que precisei. Que Deus esteja sempre presente na sua vida guiando os seus passos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. Alfredo Júlio Fernandes Neto,

Admiro a forma com que dirige esta instituição de ensino, assim como a serenidade em suas condutas.

Ao Prof. Dr. Flávio Domingues Neves,

Agradeço pela oportunidade de compartilhar conhecimentos com uma pessoa sábia e extremamente dedicada, admiro a sua conduta enquanto profissional.

Ao Prof. Nelson Moreira Filho,

Obrigada pelo carinho e preocupação que teve comigo.

Aos Prof. Dr. Adérito Soares da Mota, Prof. Dr. Célio Jesus do Prado, Prof. Dr. Roberto Elias Campos,

Admiro a competência e profissionalismo de cada um. Agradeço por contribuírem com minha formação.

Aos colegas de mestrado Carol Assaf, Carol Guimarães, Ellyne, Gisele, Janaína, Natércia, Paulo Cezar e Priscilla,

Obrigada pela participação e força que me proporcionaram para a conclusão desta etapa de minha vida pessoal e profissional.

Aos colegas Adeliana, Clébio, Francielly, Letícia e Denise,

Agradeço pela maneira que me acolheram, e pelos momentos de aprendizado que passamos juntos.

Aos meus co-orientados Thales, Fabiane, Natália e Fabrícia,

Pessoas queridas e que me ensinaram muito mais do que eu a eles, estiveram presentes nesta etapa de minha vida contribuindo com o meu aprendizado.

Aos alunos da graduação, iniciação científica e demais colegas da área de Dentística,

Vocês foram importantes e contribuíram muito em todo o meu aprendizado e caminhada durante estes anos. Cada um de vocês teve uma participação especial nesse processo que se concretiza. Obrigado pela atenção e carinho.

À Abigail,

Exemplo de competência e dedicação. Agradeço o carinho a mim prestado.

Ao Sr. Advaldo,

Obrigada pelo auxílio e disposição em todos os momentos que precisei de auxílio.

Tavares e Flaviane,

Agradeço as boas palavras e o cuidado que tiveram comigo.

Ao Nelson,

Pelo empenho dedicado aos alunos de pós-graduação, facilitando sempre que possível a execução dos trabalhos.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia,

Pela minha qualificada formação durante a graduação e pós-graduação.

Orgulho-me de receber o título de mestre nesta instituição.

Aos fabricantes de produtos odontológicos (CVDVale, KG Sorensen, 3M-Espe),

Que disponibilizaram seus materiais que foram de suma importância para realização deste trabalho, obrigada pela confiança.

À FAPEMIG,

Pelo apoio parcial para realização deste trabalho de pesquisa.

EPÍGRAFE

“A pequena e passageira aflição que sofrermos vai nos trazer uma glória enorme e eterna, muito maior do que o sofrimento. Porque nós não prestamos atenção nas coisas que se vêem. Pois o que pode ser visto dura apenas um pouco, mas o que não pode ser visto dura para sempre”.

(2Cor 4, 17-18)

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3. PROPOSIÇÃO.....	48
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	50
5. RESULTADOS.....	59
6. DISCUSSÃO.....	67
7. CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm - Unidade de comprimento (milímetro)

mm² - Unidade de área (milímetro quadrado)

mW/cm² - Unidade de densidade de energia (miliwatts por centímetro quadrado)

mm/min - Unidade de velocidade (milímetro por minuto)

Nº - Número

N - Unidade de pressão - carga aplicada (Newton)

± - Mais ou menos

α - Nível de confiabilidade

% - Porcentagem

μm - Unidade de comprimento (micrômetro)

°C - Unidade de temperatura (graus Celsius)

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MET – Microscopia Eletrônica de Transmissão

μTBS – Resistência adesiva por microtração

CB – Broca cilíndrica carbide (#56)

PD – Ponta cilíndrica diamantada (#1092)

CVD – Ponta cilíndrica CVDentus (#8.2137)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar resistência adesiva, por meio de ensaio de microtração (μ TBS), de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina preparada com broca carbide, ponta diamantada e ponta CVDentus; e avaliar resistência adesiva, por meio de ensaio de microtração, de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina e dentina humana preparadas com broca carbide e ponta diamantada. Para a primeira avaliação, quarenta e dois incisivos bovinos com idade semelhante foram aleatoriamente divididos em 3 grupos de acordo com o método de preparo: broca carbide - CB, ponta diamantada - PD e ponta CVDentus - CVD. Para a segunda avaliação, 28 incisivos bovinos e 28 terceiros molares humanos hígidos foram aleatoriamente divididos em 2 grupos de acordo com método de preparo: broca carbide - BC e ponta diamantada - PD. Em cada grupo foi usado dois sistemas adesivos ($n= 7$): convencional (Scotch Bond Multi Purpose) - SBMP e auto-condicionante (Clearfil SE Bond) - CfSE. As cavidades foram incrementalmente restauradas com resina composta nanoparticulada Z350 (3M-ESPE) e fotoativadas. Os dentes foram seccionados em palitos com sessão de área adesiva de $0,8 \text{ mm}^2$, e submetidos a ensaio de microtração à velocidade de $0,5 \text{ mm/min}$ em máquina de ensaio mecânico. Os dados foram estatisticamente analisados pela análise de variância fatorial e teste de Tukey ($p<0,05$). Os resultados da primeira análise mostraram que os valores de μ TBS do grupo PD e CVD foram semelhantes e superiores ao grupo CB. Enquanto que os valores de μ TBS para o adesivo CfSE foram sempre estatisticamente superiores aos do adesivo SBMP. Para a segunda análise, os resultados mostraram que não houve diferença estatística para interação tripla entre os fatores substrato, adesivo e instrumento de corte ($p=0,495$). Porém, houve diferença na interação dupla entre substrato dentinário e adesivo ($p=0,000$), e substrato dentinário e instrumento de corte ($p=0,000$). Valores de μ TBS para SBMP na dentina humana foi similar aos valores de CfSE, e na dentina bovina, μ TBS do SBMP foi inferior ao CfSE, independente do tipo de instrumento rotatório empregado. Os dentes humanos apresentaram valores de μ TBS

maiores que dentes bovinos. Portanto, para a dentina bovina, valores significativamente maiores de μ TBS foram obtidos com PD em relação a CB, e esses instrumentos rotatórios apresentaram influência apenas para a dentina bovina, não sendo fator de influência para a dentina humana. A dentina bovina apresentou valores de adesão significativamente maiores quando associado a adesivo CfSE, enquanto na dentina humana os dois adesivos CfSE e SBMP apresentaram valores semelhantes independente do instrumento rotatório empregado. Sendo assim, o tipo de instrumento de corte e tipo de sistema adesivo afeta os valores de adesão de maneira diferente entre substrato bovino e humano.

Palavras-chave: adesão, instrumento de corte, microtração, microscopia.

ABSTRACT

The aim of this study was: determine the microtensile bond strength (μ TBS) of two adhesives, one total-etch and one self-etching primer, to bovine dentin prepared with a carbide bur, a diamond rotary instrument and CVD bur; and evaluated the microtensile bond strength (μ TBS) of two adhesives, one etch-and-rinse and one self-etching, to bovine and human dentin prepared with a carbide bur and diamond rotary instrument. For the first evaluation, forty-two bovine incisors with similar age were randomly divided into three groups according to surface preparation: carbide bur – CB, diamond rotary instrument – PD and CVD bur. For the second evaluation, twenty-eight bovine incisors and twenty-eight human molars were randomly divided into two groups according to surface preparation: carbide bur – CB and diamond rotary instrument – PD. Each group ($n=7$) was bonded using a total-etch adhesive (Scotch Bond Multi Purpose) - SBMP and one self-etching primer (Clearfil SE Bond) - CfSE. The cavities were incrementally restored with composite resin. The teeth were sectioned into 0.8 mm^2 beam, and loaded to failure at a crosshead speed of 0.5 mm/min using mechanical machine. Microtensile bond strength data were analyzed using analysis of variance and Tukey test ($p<0.05$). The results of first evaluation showed that μ TBS values of PD and CVD were similar and higher than CB. And μ TBS values of CfSE were always higher than SBMP. For the second evaluation, the data do not show statistically difference between substrate, adhesive and rotary instrument ($p=0.495$). But have difference between substrate and adhesive ($p=0.000$), and substrate and rotary instrument ($p=0.000$). A μ TBS value of SBMP in human dentin was similar to CfSE, and in bovine dentin, the μ TBS values was smaller invariable of rotary instrument used. And human teeth show higher μ TBS values than bovine teeth. Hence, for bovine dentin, μ TBS values of PD were significantly than CB, and show difference only to bovine dentin, not been influence for human dentin. The bovine dentin show μ TBS values significantly higher when to CfSE, while in human dentin, both adhesive system show similar μ TBS values. Ten, the type of rotary instrument and adhesive system influence the μ TBS values differently between bovine and human substrate.

Key-words: adhesion, cutting instrument, microtensile, micrograph.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Vários são os instrumentos utilizados para o preparo da estrutura dentinária, entre eles instrumentos rotatórios e ultra-sônicos que atuam diferentemente no substrato (Lima *et al.*, 2006). Brocas carbide são compostas por carbeto de tungstênio e aço inoxidável, e desgastam a estrutura dental por meio da ação de suas lâminas de corte (Dias *et al.*, 2004b). Enquanto que as pontas diamantadas são formadas por grãos de diamante unidos à matriz metálica pelo processo de galvanização (May, 2004), desgastando o dente pelo processo de abrasão (Dias *et al.*, 2004b). Entretanto, processos de esterilização podem alterar sua estrutura pela corrosão da matriz metálica (Borges *et al.*, 1999), liberando os grãos de diamante durante o processo de desgaste da estrutura dentária (Pereira *et al.*, 1999; Sein *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2002). Recentemente, novas pontas de diamante artificial foram desenvolvidas pelo método de deposição química na fase vapor no interior de reator (Chemical Vapor Deposition, CVD), conferindo morfologia de superfície com arestas completamente coalescentes (Silva *et al.*, 2002). Estas pontas desgastam a estrutura dental por meio da ação ultra-sônica.

Após preparos cavitários com brocas, camada amorfa de “debris” orgânicos e inorgânicos é depositada na superfície dentinária preparada (Ayad, 2001). A lama dentinária formada durante o ato operatório varia qualitativamente e quantitativamente conforme o instrumento utilizado (Eick *et al.*, 1970; Heymann, Bayne, 1993; Matos *et al.*, 1995; Marshall *et al.*, 1997; Ogata *et al.*, 2001; Yazici *et al.*, 2002). Portanto, o desgaste da dentina com pontas diamantadas de diferentes granulações produz padrões de esfregaço que variam em relação à espessura (Koase *et al.*, 2004). Assim, diferentes instrumentos afetam de forma variada os tecidos mineralizados, e isto pode influenciar a interação entre a estrutura dental e o material restaurador pela alteração no processo de impregnação e polimerização de monômeros na superfície dentinária (Dias *et al.*, 2004a).

O mecanismo do processo de adesão ocorre, essencialmente, por meio da substituição dos minerais removidos dos tecidos dentais, por

monômeros resinosos, que interagem micro-mecanicamente com as porosidades criadas nos tecidos dentais (De Munck *et al.*, 2005). Desta forma, o sistema adesivo que se destine a promover união efetiva com esse substrato, deverá obter somatório da retenção obtida pela formação de tags de resina no interior de túbulos, pela formação da camada híbrida na dentina intertubular e adesão de superfície formada pelo íntimo contato do adesivo com a estrutura sólida da dentina (Pashley, 1995a).

Adesivos de condicionamento total que envolvem a remoção completa da lama dentinária por meio do ácido fosfórico, alteram morfológicamente a superfície da dentina devido à dissolução dos cristais de hidroxiapatita, abrindo os túbulos dentinários e expondo as fibrilas colágenas (Van Meerbeek *et al.*, 2001). Enquanto que os adesivos auto-condicionantes contém monômeros ácidos que dissolvem a lama dentinária ou a incorporam na zona de interdifusão (Costa *et al.*, 2000; Jacques, Hebling, 2005). A interação do tipo de sistema adesivo com substrato que apresenta maior quantidade de componente orgânico e menor área de dentina intertubular resulta em variabilidade da resistência de união (Giannini *et al.*, 2001).

Para análise laboratorial de materiais e protocolos de aplicações, diversos modelos de substrato têm sido testados, empregando dentes de diferentes origens (Pashley, 1991; Reis *et al.*, 2004). Contudo, o progresso da odontologia preventiva e conservadora tem dificultado a obtenção de dentes humanos para utilização em pesquisas laboratoriais (Nakamichi *et al.*, 1983). Desta forma, dentes bovinos têm sido utilizados em diversos trabalhos como substitutos aos dentes humanos, sendo considerados por alguns como viáveis aos testes de adesão (Oliveira *et al.*, 2003), apesar de outros trabalhos julgarem o uso de dentes humanos preferíveis (Retief *et al.*, 1990).

Diante deste contexto, geram-se quatro hipóteses: primeiro que o tipo de instrumento de corte empregado no preparo do substrato dentinário afeta a resistência adesiva à dentina bovina; segundo que adesivo auto-condicionante resulta em menores valores de adesão que adesivo convencional ao substrato bovino; terceiro, que o tipo de instrumento empregado no preparo do substrato dentinário afeta a resistência adesiva de

maneira diferente entre dentina bovina e humana; e quarto, que adesivo convencional e auto-condicionante agem de maneira distinta modulada pelo tipo de substrato dentinário.

REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

Eick *et al.*, em 1970, avaliou as diferenças na topografia das superfícies dos dentes preparados com instrumentos diamantados e carbide, identificando os “debris” depositados sobre as mesmas, estabelecendo a diferença quando o mesmo instrumento foi utilizado com e sem refrigeração com água. Desta forma, evidenciou que as superfícies preparadas com instrumento diamantado apresentaram maior rugosidade do que as superfícies preparadas com broca carbide. Partículas de diversos tamanhos apresentaram-se sobre as superfícies dos dentes desgastados, porém, nenhum “debris” dos instrumentos de corte foi encontrado. E ainda, a quantidade de “debris” não se diferenciou entre as superfícies desgastadas com broca carbide e instrumentos diamantados com e sem refrigeração com água.

Em 1983, Nakamichi *et al.* compararam a resistência adesiva de dentes bovinos aos dentes humanos usando cinco cimentos e duas resinas compostas. A adesão ao esmalte e camada superficial da dentina não apresentou diferença estatística significativa entre dentes humanos e bovinos, embora a média dos valores fosse sempre menores para os dentes bovinos. Entretanto, a adesão em dentes bovinos diminuiu consideravelmente à medida que aprofundou a dentina.

No ano de 1990, Retief *et al.* determinaram a resistência adesiva ao cisalhamento e a microinfiltração do sistema adesivo Scotchbond 2/Silux à dentina, avaliando diferença da penetração no interior dos túbulos dentinários entre dentes humanos e bovinos. A resistência adesiva ao cisalhamento (SBS) foi avaliada na dentina oclusal de 25 molares humanos permanentes (H) e na dentina vestibular de 25 incisivos inferiores bovinos (B). As amostras foram estocadas em solução salina à 37°C por 24 horas previamente à aplicação da força cisalhante na máquina de ensaio mecânico à velocidade de 0,5 mm/min. A microinfiltração (ML) das restaurações nas superfícies vestibulares das raízes de 15 caninos humanos (H) e 15 incisivos bovinos (B) foram analisadas e determinadas quantitativamente. Os dentes restaurados foram termociclados

em solução azul de metileno 2% e secos em HNO₃ à 50%. A penetração da resina nos túbulos dentinários foi avaliada por MEV e os dados foram analisados pelo teste t. Os seguintes resultados foram obtidos: SBS (MPa): H- 6,2±3,2; B- 4,4±1,2; e ML: H- 4,7; B- 15,9. A resistência ao cisalhamento do Scotchbond 2/Silux à dentina humana foi significativamente maior (p=0,0096) e a microinfiltração significativamente menor (p=0,0004) do que a dentina bovina apesar do fato de o sistema adesivo ter penetrado mais densamente na dentina bovina. Portanto, o uso de dentes bovinos como substitutos aos dentes humanos neste tipo de teste não são indicados.

No ano de 1991, Pashley descreveu a importância da estrutura dentinária como tecido mineralizado constituído por inúmeros canalículos, preenchidos por fluidos pulpares. O esmalte e o cimento são responsáveis pelo vedamento dos túbulos dentinários e uma vez removidos, permitem a difusão bidirecional de substâncias endógenas e exógenas. Em regiões próximas a polpa dental, a umidade intrínseca da dentina pode interferir na resistência adesiva permitindo a formação de “gaps”, microinfiltração, sensibilidade pós-operatória e irritação pulpar. Todos esses problemas clínicos, segundo o autor, apresentam um denominador comum: a estrutura e função do substrato dentinário.

Van Meerbeek *et al.*, em 1992, avaliaram a influência da “smear layer” no procedimento adesivo em consequência da preocupação com a profundidade de desmineralização da dentina causada pelo condicionamento com ácido ou agente de quelação, formando uma rede rica de colágeno, além do fato de monômeros hidrofílicos poderem alterar este colágeno de modo a facilitar a penetração da resina adesiva, resultando em ligação mecânica entre os mesmos. Concluiu que a aplicação dos recentes sistemas adesivos induz à mudanças estruturais na morfologia da superfície da dentina, criando interface retentiva, chamada de zona de interdifusão, entre as camadas de dentina profunda e não condicionada, e o material resinoso. Esta zona de interdifusão

resina-dentina oferece adesão para copolimerização com a resina composta e pode ter potencial de proteção para os tecidos pulpare.

Heymann & Bayne, em 1993, fizeram uma revisão sobre os diversos fatores que interferem na adesão, como fatores dentinários, relacionados ao paciente, dentários e dos materiais. Alguns aspectos são levantados, como as diferenças estruturais da dentina e do esmalte em relação a um mesmo dente, a presença da lama dentinária, de esclerose dentinária, a localização do dente, o tamanho e a forma das lesões, a idade do paciente e aspectos relacionados ao adesivo utilizado, bem como ao material restaurador colocado sobre ele. Concluíram que a pesquisa convencional sobre adesão dentinária foca sua atenção nos fatores do material, em detrimento de outras variáveis clínicas importantes. Fica claro então, que muitos outros fatores são tão importantes quanto o sistema adesivo em si.

No ano de 1994, Sano *et al.* estudaram a relação existente entre a área de superfície para adesão e a resistência à tração. Superfícies planas de dentina foram preparadas na superfície oclusal de 20 molares humanos extraídos, e foram tratadas separadamente com os agentes adesivos Scotchbond Multi-Purpose (SBMP), Clearfil Liner Bond 2 (CLB2) e Vitremer Primer (VP), de acordo com as instruções dos fabricantes. Uma coroa de resina composta, para os grupos tratados com os adesivos, ou de cimento de ionômero de vidro, para o grupo tratado com o VP, foi construída. Os espécimes foram armazenados em água destilada, a 37°C por 24h. Fatias de aproximadamente 0,5 mm a 3,0 mm de espessura foram cortadas na direção do longo eixo do dente, para em seguida serem desgastadas, com auxílio de pontas diamantadas de granulação ultra-fina, formando uma curva suave na interface adesiva. A área de adesão foi calculada antes e após o teste, medindo-se a largura e a espessura de cada espécime, que variou de aproximadamente 0,5 x 0,5 mm a 3,0 x 3,0 mm. A quantidade de dentina remanescente entre a interface adesiva e o corno pulpar mais próximo de cada espécime foi medida usando um micrômetro digital. Os espécimes foram então

fixados a um aparato de teste (Bencor Multi- T) com cola a base de cianocrilato e submetidos a força de tração, com velocidade de 1 mm/min. Após os testes, o tipo de fratura de cada espécime foi determinado com auxílio de microscópio de luz. Os resultados deste estudo demonstraram relação inversa entre resistência à tração e área de superfície aderida para os três sistemas adesivos. A maior resistência à tração obtida foi com o adesivo CLB2, seguido pelo SBMP e pelo VP. Foram encontradas fraturas coesivas em todos os espécimes do adesivo CLB 2 com área maior que 7,17mm². Espécimes com área de adesão entre 2,31 e 7,17 mm² exibiram tanto falhas coesivas em dentina quanto falhas adesivas, enquanto que para áreas menores do 2,31 mm² as falhas foram adesivas. Segundo os autores, os resultados deste estudo demonstraram a utilidade do novo teste de tração, que usa áreas de superfície pequenas, evidenciando grande porcentagem de falhas adesivas na interface.

Preocupados com as controvérsias em relação ao tipo de tratamento a ser realizado na dentina recém preparada, Matos *et al.* (1995), avaliaram em seu trabalho qual seria a substância mais efetiva na limpeza da superfície dentinária recoberta pela camada de esfregaço. Vinte discos de dentina humana hígida foram divididos em 2 grupos: 10 foram preparados com pontas diamantadas e o outros 10, com broca carbide, ambos em alta rotação com constante refrigeração. Um espécime de cada grupo foi mantido sem tratamento, para compor o grupo controle. As outras 9 amostras restantes de cada grupo foram tratadas com: peróxido de hidrogênio 3%, líquido de Dakin, solução de lauril sulfato de sódio (Tergentec), flúor acidulado, flúor neutro, ácido fosfórico 10 e 32% e ácido maléico 10%. Os espécimes foram observados em MEV com aumento de 200 e 1000 vezes. As amostras tratadas com substâncias não desmineralizantes sofreram algum tipo de alteração na camada superficial do esfregaço, sem, entretanto, expor a abertura dos túbulos dentinários. Nas amostras tratadas com soluções ácidas, houve remoção total, em maior ou menor grau, do esfregaço, havendo exposição da abertura dos túbulos dentinários. Concluiu-se que a escolha de um ou outro tratamento a ser feito previamente à restauração está diretamente relacionado com o tipo de

procedimento restaurador a ser realizado. Quando do uso de sistemas adesivos, que preconizam remoção total do esfregaço, deve-se empregar soluções ácidas. Do contrário, a escolha entre substâncias não desmineralizantes fica a encargo do profissional.

Em estudo realizado por Pashley *et al.* (1995a), os autores avaliaram se a resistência total de união adesiva seria o resultado do somatório das resistências obtidas tanto pela camada híbrida, “tags” e adesão de superfície. Dentinas superficiais, médias e profundas foram analisadas, devido à área ocupada pelos túbulos dentinários e dentina intertubular variar de acordo com a profundidade, consequentemente, a quantidade de “tags”, seus respectivos calibres e a área disponível para formação da camada híbrida também variam. Considerando estes aspectos, foi calculado que em dentina superficial a camada híbrida contribuiria com 55,7% da adesão total, a adesão de superfície com 37,2% e os “tags” com apenas 7,1%. Em dentina profunda, os “tags” de resina contribuiriam de forma mais significativa (40,3%), restando 35,8% para formação da camada híbrida e 23,9% para adesão de superfície. Os cálculos foram baseados em condições ideais, considerando que os “tags” estariam perfeitamente aderidos às paredes internas dos túbulos dentinários.

Os testes para mensurar a resistência adesiva à dentina foram revisados por Pashley *et al.* em 1995b, onde a importância da padronização destes ensaios e suas variáveis foram amplamente discutidas. Inicialmente os autores comentaram a variabilidade do substrato dentinário seguido das diferenças no condicionamento ácido, aplicação do sistema adesivo, armazenamento dos dentes e finalmente os ensaios adesivos. As recentes vantagens no desenvolvimento dos adesivos dentinários tem resultado em valores de adesão na ordem de 20 a 30 MPa. Esses altos valores têm sido mensurados, nos testes convencionais, através de fraturas coesivas em dentina. Desta forma, não se pode medir a verdadeira resistência de união produzida na interface dentina/resina. O método de microtração possui a

vantagem de estudar a resistência adesiva em diferentes e pequenas localidades dentinárias, produzindo em quase sua totalidade fraturas adesivas.

Em 1997, Marshall *et al.* revisaram e discutiram as propriedades mecânicas e características estruturais dos tipos de dentina, assim como sua desmineralização no processo de adesão, em estudos focando microscopia eletrônica de varredura, microscopia de força atômica e tomografia radiográfica. A ênfase no trabalho foi em relação principalmente aos componentes estruturais dos tecidos, incluindo matriz orgânica e seu reforço mineral, a distribuição de seus componentes e sua organização micro-estrutural relacionadas às propriedades mecânicas e respostas da desmineralização. Com relação ao fato de que a complexidade da dentina impede uma revisão abrangente, está claro que a variação estrutural local influencia as propriedades e o impacto do tratamento preventivo e restaurador. Mais trabalhos são necessários para compreender as diferenças entre dentina vital e não vital, e dentina de dentes extraídos.

A importância da permeabilidade dentinária na qualidade adesiva, foi objetivo do estudo de Pashley & Carvalho, em 1997. A permeabilidade intertubular, da dentina condicionada, foi considerada fator indispensável para penetração da resina no interior dos túbulos e na rede de fibrilas colágenas expostas. A infiltração do monômero resinoso na dentina intertubular é altamente dependente das porosidades obtidas após o condicionamento ácido. Os autores ressaltaram que o procedimento de secagem após condicionamento pode levar a uma diminuição nas dimensões dos espaços entre as fibrilas colágenas, que por contração, podem ocasionar o colapso das mesmas, sendo que a perda da conformação espacial das fibrilas colágenas diminui a permeabilidade comprometendo a formação da camada híbrida. A densidade tubular tem importância na difusão do monômero através da luz do túbulo dentinário. Assim, em dentina profunda que possui maior quantidade de túbulos, ocorre uma maior difusão do monômero em relação as dentina superficial. A utilização de adesivos auto-condicionantes aplicados diretamente

sobre a “smear layer” relativamente seca, evitam problemas associados com a umidade dentinária após o condicionamento, facilitando dessa maneira o uso clínico. Estes adesivos aumentam simultaneamente a permeabilidade dentinária, pela sua acidez intrínseca, e a infiltração de resina nas porosidades da dentina. O substrato dentinário que promove um processo dinâmico em relação ao procedimento adesivo poderá apresentar resistências adesivas não uniformes em função de diferenças regionais na densidade de túbulos dentinários, permeabilidade dentinária, concentração de cálcio, presença de dentina esclerótica e variação de espessura da “smear layer”. Esta variabilidade regional resulta em uma não uniformidade no condicionamento ácido, conseqüentemente, em uma não uniformidade na infiltração de dentina e distribuição das tensões.

Van Meerbeek *et al.*, em 1998, fizeram uma análise do desempenho clínico dos sistemas adesivos. O objetivo do estudo é fazer uma revisão e discutir os principais problemas da rápida evolução dos sistemas adesivos, assim como dos parâmetros de relevância clínica e aplicações clínicas. Concluem que a evolução dos sistemas adesivos sofreu uma significativa melhora, como a capacidade de vedamento, o impedimento de descoloração, a capacidade adesiva, a resistência aos testes mecânicos e recentemente uma diminuição da sensibilidade, pela presença de substância biocompatíveis.

Segundo Borges *et al.* (1999), as pontas diamantadas convencionais apresentam algumas limitações quando comparadas com as pontas diamantadas CVD, que são pontas de diamante artificial confeccionadas pelo processo de deposição química na fase vapor dentro de um reator. As primeiras possuem partículas de diamantes que são unidas por uma matriz metálica, podendo, essas partículas, serem perdidas durante o corte, assim como os íons metálicos podem ser soltos da matriz contaminando o substrato, enquanto que as pontas CVD possuem uma superfície coberta uniformemente por cristais diamantados, sem a presença de matriz metálica. Sendo assim, investigaram o novo instrumento diamantado feito de um filme contínuo de

diamante obtido por meio da deposição química na fase vapor (CVD), comparando-a com as pontas diamantadas convencionais. Os testes de desgaste foram seguidos por análise em MEV para investigação dos resíduos metálicos tanto na superfície das brocas como nos substratos. Concluíram que a nova ponta é mais resistente ao desgaste, previne a contaminação do substrato pelos íons níquel usualmente presente na matriz das pontas diamantadas convencional, além de ser esperado uma vida-útil maior das mesmas.

Pereira *et al.*, em 1999, avaliaram os efeitos da pressão pulpar e umidade intrínseca nos testes de resistência a microtração. Para tal, utilizaram os sistemas adesivos Clearfill Linear Bond II e One Step, assim como resina composta APX. Trinta molares humanos foram utilizados e divididos em três grupos: Grupo 1 - sem pressão pulpar; Grupo 2 - pressão pulpar de 15 cm/água; e Grupo 3 - dentina seca. Após 24h de estocagem em água a 37°C, os espécimes foram seccionados em fatias de 0,7 mm e divididos em três subgrupos de acordo com a dentina: coto pulpar, centro e periférica. As fatias foram submetidas aos testes de microtração a velocidade de 1 mm/min. Os resultados não mostraram diferenças significantes entre os grupos 1 e 2 restaurados com Clearfill Linear Bond II, entretanto para o sistema One Step, diferenças significantes decrescentes na área de coto pulpar foram encontradas. O grupo 3 apresentaram os menores valores de resistência, porém não mostraram diferenças significantes entre as áreas testadas. Concluem que os sistemas adesivos comportam-se de maneira diferente de acordo com o substrato, região e umidade interna, e que os sistemas que utilizam condicionamento ácido exibem menores valores de resistência na região de coto pulpar.

Costa *et al.* (2000), objetivou avaliar na literatura as respostas pulpares após o condicionamento total e aplicação de sistemas adesivos em

cavidades profundas ou exposições pulpares, assim como analisar as evidências clínicas e radiográficas do aparente sucesso de terapias pulpares. Os resultados obtidos em estudos animais e humanos também foram comparados e discutidos. Concluiu que os sistemas adesivos auto-condicionantes podem ser utilizados com segurança quando aplicados na dentina. Em contrapartida, reações inflamatórias persistentes, assim como a demora no restabelecimento pulpar e formação de dentina reacional foram visualizadas nos dentes humanos capeados com agentes adesivos. Os resultados observados em dentes animais não podem ser extrapolados diretamente para condições clínicas humana.

Haller em 2000, relatam a evolução dos sistemas adesivos através de análises microscópicas e comparam as suas interações com a dentina. A introdução dos sistemas auto-condicionantes tanto em dentina, como em esmalte, passa a ser uma excelente alternativa, pois protegem as fibras colágenas do colapso. Quando da utilização da técnica do condicionamento total, para esmalte e dentina, é muito importante seguir as recomendações e o protocolo de utilização principalmente para os sistemas que contenham acetona como solvente. Para os sistemas de passo único, são necessários mais estudos para avaliar a estabilidade e durabilidade da adesão antes de poderem ser recomendados como de uso rotineiro para todas as situações clínicas.

Segundo May (2000), o conhecimento das condições na qual o diamante natural é formado induz o caminho para obtenção do diamante artificial ou sintetizado. Surge por volta de 1954, por meio do aquecimento do carbono sob forte pressão, o processo conhecido como “high-pressure high-temperature” – HTHP (alta- pressão, alta-temperatura), obtendo diamantes artificiais na forma de pequenos cristais. No entanto, estes tinham que ser agregados por meio de adesivos, resina ou matriz metálica, limitando as propriedades inerentes ao diamante. A partir da década de 80, vários grupos de pesquisa a respeito da técnica CVD se proliferaram em todo mundo, devido à descoberta de que o

átomo de hidrogênio podia funcionar como elemento ativador da deposição química.

Tay *et al.*, em 2000a, avaliou o efeito da “smear layer” na adesão à dentina usando um primer auto-condicionante, Clearfil SE Bond. Superfícies com diferentes espessuras de “smear layer” foram criadas na dentina sadia média-coronal em terceiros molares humanos. O grupo controle foi fraturado para criar uma superfície de adesão isenta de “smear layer”. Os dentes experimentais foram desgastados com papel abrasivo de carbetto de silício (SiC) de granulação #60, 180 ou 600. Foram tratados com Clearfil SE Bond, seguido da reconstrução com resina composta. Após 1 dia, as amostras foram seccionadas em palitos de 1,0 X 1,0 mm. Os valores de resistência à microtração foram determinadas e os resultados analisados com ANOVA e teste Student Neuman Keuls. O estudo de fractografia das interfaces fraturadas dos palitos foi avaliado por meio de MEV. Os resultados indicaram que SE Bond produziu alto valor de resistência adesiva (50 MPa) tanto na dentina coberta ou não por “smear layer”. Concluíram que o primer auto-condicionante cria camada híbrida delgada que incorpora a “smear layer”. Este estudo mostra que a formação de uma verdadeira camada híbrida ocorre independente da espessura da “smear layer”.

Em 2000b, Tay *et al.* estudaram a profundidade de desmineralização da dentina intacta provocada por adesivos auto-condicionantes com diferentes valores de pH. Os autores avaliaram também o quanto a hibridização da dentina realizada pelo adesivo Clearfil SE Bond poderia ser afetada pela espessura da “smear layer”. Discos foram criados na dentina coronária média de 3º molares humanos extraídos. Três sistemas auto-condicionantes (Clearfil Liner Bond 11, Liner Bond 2V e SE Bond) foram aplicados separadamente sobre as superfícies para observar a profundidade de penetração do material através da “smear layer” e na dentina intacta. Uma superfície tratada com o sistema All-Bond 2, mas não condicionada com ácido, foi utilizada como controle. Na segunda parte do estudo, discos de dentina com diferentes

espessuras de "smear layer" foram produzidos. Um grupo controle com dentina criofraturada foi criado. Os dentes experimentais foram desgastados com lixas de granulação 60, 180 ou 600, recebendo em seguida o adesivo SE Bond. As interfaces foram observadas usando microscopia eletrônica de transmissão. Os resultados mostraram que o All-Bond 2 não condicionou a dentina. Os adesivos auto-condicionantes testados foram capazes de atravessar a "smear layer" e formar camadas híbridas na dentina subjacente. Esta camada foi mais espessa para o Liner Bond 11 (1,2 a 1,4 μm), contudo, muito fina (0,5 μm) para o Liner Bond 2v e para o SE Bond. A aplicação do SE Bond na dentina com diferentes padrões de rugosidade superficial produziu "smear-layer" hibridizadas com diferentes espessuras. Entretanto, a espessura da camada híbrida formada na dentina permaneceu consistente para os quatro grupos (0,4 a 0,5 μm). Os autores concluíram que os "primers" auto-condicionantes produziram camadas híbridas finas que incorporam a "smear layer".

Ayad (2001) avaliou microscopicamente a superfície da dentina preparada por diferentes instrumentos, variando também alguns tipos de condicionamento ácido disponíveis. Desta forma, a superfície oclusal de 35 molares humanos extraídos foram desgastados com papel abrasivo de carbeto de silício (SiC) de granulação #320 e então preparados com brocas diamantadas (n=5) e brocas de acabamento (n=30). Cinco amostras de cada grupo foram usadas para avaliação em MEV do efeito mecânico do preparo. As amostras de dentina (n=5) preparadas com brocas de acabamento foram condicionadas com: ácido poliacrílico 25%, ácido fosfórico 10%, ácido cítrico 10%, ácido láctico 20% ou ácido fosfórico 32% por 10 segundos. As amostras foram secas até o ponto crítico e analisado por MEV. Os resultados revelaram que instrumentos rotatórios diamantados criaram mais ondulações nas superfícies do que as brocas de acabamento. Pequenas ranhuras foram observadas perpendicularmente à ondulação e paralelamente à direção dos instrumentos. As amostras preparadas com brocas de acabamento exibiram uma lisura na superfície com pouca granulosidade. A lama dentinária foi parcialmente removida após aplicação de ácido poliacrílico 25% (pH 1,53), mas

todos os túbulos dentinários continham “plugs”. O número de túbulos dentinários contendo “plug” diminuiu com o uso do ácido fosfórico 10% (pH 0,96), e a superfície da dentina apresentou aparência similar à amostra condicionada com ácido cítrico 10% (pH 1,70). A superfície tratada com 20% de ácido láctico (pH 1,40) produziu uma superfície claramente condicionada com mínima desmineralização. O condicionamento da dentina com ácido fosfórico 32% (pH 0,16) revelou mudanças significativas na dentina com a evidência de aumento do diâmetro dos túbulos. Portanto, diferenças relacionadas ao método de instrumentação foram encontradas nas características das superfícies da dentina. O grau de smear layer removida foi relacionada ao pH do ácido.

Frankenberger *et al.*, em 2001, compararam a capacidade de adesão do sistema adesivo Prompt L-Pop (Espe), com os dois sistemas adesivos de condicionamento total – EBS Multi (Espe) e Prime & Bond NT (Dentsply). Molares humanos extraídos foram preparados para o teste de microtração, sendo que o sistema adesivo Prompt L-Pop foi aplicado utilizando cinco diferentes protocolos: (1) como um adesivo auto-condicionante de um passo; (2) como um primer auto-condicionante combinado com um adesivo separado (LP/auto-condicionante de dois passos); (3) como primer aplicado em dentina condicionada com ácido fosfórico seguido do componente adesivo (LP/sistema convencional de três passos); (4) como adesivo auto-condicionante de passo único com múltiplas aplicações deixando a superfície da dentina visivelmente úmida; (5) como adesivo particulado, com partículas de quartzo na sua composição (LP/particulado). Após 24 horas de estocagem em água a 37°C, a resistência à microtração foi testada em máquina de ensaio mecânico, e as interfaces correspondentes às amostras foram analisadas microscopicamente por meio de SEM ou TEM. Observaram que quando o Prompt L-Pop foi combinado com uma resina composta, resultou em valores estatisticamente inferiores de resistência adesiva quando aplicado uma camada do que quando aplicado várias camadas. Resultaram também em maiores valores de resistência adesiva quando usado com resina composta modificada pelo poliácido do que a resina composta. Quando aplicado em várias camadas, o

Prompt L-Pop resultou em resistência adesiva que não foi significativamente diferente do Prime&Bond NT, um adesivo de condicionamento total.

Giannini *et al.* (2001), determinaram a correlação entre a densidade de túbulos (TD) e a área ocupada por dentina sólida (ASD) na resistência adesiva de um adesivo convencional e outro auto-condicionante à dentina. Coroas de terceiros molares humanos extraídos foram transversalmente seccionadas com disco diamantado para expor tanto dentina superficial, média ou profunda. Os três grupos de dentes preparados foram aleatoriamente divididos e tratados com Clearfil Liner Bond 2V (LB) ou Prime & Bond 2.1 (PB) de acordo com as recomendações dos fabricantes. Coroas de resina composta foram incrementalmente construídas com 10 mm de altura nas superfícies preparadas e os dentes estocados em água à 37°C. Após período de 24 horas, os dentes foram verticalmente seccionados nas direções dos eixos x e y para obter alguns palitos de aproximadamente 0,7 mm² de área. Cada palito foi submetido à carregamento de tração em máquina de ensaio EMIC DL-500 à 0,5 mm/min até fratura. Após o teste, a superfície da amostra fraturada foi analisada por microscopia eletrônica de varredura à 1000X e 4000X de magnificação para permitir o cálculo de TD (número de túbulos por mm²) e ASD (% da área total). A análise estatística foi realizada com $\alpha=0,05$. Os resultados mostraram valores de resistência adesiva para LB de 26.0 +/- 10.2, e 42.6 +/- 15.2 para PB. Houve relação significativa direta entre adesão e ASD para ambos os materiais. A resistência adesiva de PB diminuiu significativamente com o aumento de TD, enquanto que LB não foi sensível à TD. As médias de resistência adesiva para PB foram significativamente maiores tanto para dentina superficial e média ($p < 0.05$), enquanto que não houve diferença para dentina profunda ($p > 0,05$). Sendo assim, as variações regionais na TD e ASD podem modificar a resistência adesiva dos sistemas convencional e auto-condicionante. Superfície de adesão com larga ASD aumenta a adesão independente do tipo de sistema adesivo usado.

No estudo realizado por Ogata *et al.* (2001), os autores avaliaram os efeitos do desgaste da dentina com brocas de diferentes tipos de granulação na resistência adesiva usando três sistemas adesivos auto-condicionantes disponíveis comercialmente. Trinta e seis terceiros molares humanos íntegros extraídos, tiveram o esmalte oclusal removido perpendicularmente ao longo eixo do dente utilizando uma lixadeira sob irrigação, sendo a dentina polida com disco abrasivo de papel #600 SiC sob constante irrigação. Os dentes foram divididos em quatro grupos (n=9) de acordo com o tipo e granulação das brocas: Grupo controle – AP#600 – disco de papel abrasivo de granulação #600; DB – ponta diamantada de granulação regular; SB600 – broca de aço 12 lâminas; SB703 – broca de aço 6 lâminas. Em seguida, os dentes foram tratados com um dos três sistemas adesivos (Clearfil Liner Bond 2 – LB2; Clearfil Liner Bond 2V – 2V; Clearfil SE BOND – SE) de acordo com as recomendações do fabricante. Posteriormente, foi construída restauração de resina composta e armazenados em água a 37°C por 24 horas. Os dentes foram então seccionados em fatias ao longo eixo dos dentes usando disco diamantado sob refrigeração constante. Estas fatias foram posicionadas com adesivo cianoacrilato no dispositivo para execução do teste de microtração com velocidade de 1 mm/min. Após as resistências adesivas serem mensuradas, os espécimes foram inspecionados visualmente e microscopicamente para determinar o modo de fratura. A análise estatística da resistência adesiva foi feita usando one-way e two-way ANOVA e teste de Fisher PLSD em nível de confiança de 95%. Oito dentes adicionais foram preparados para serem observados por MEV para observação da superfície de dentina com diferentes preparos e após tratamento com os sistemas adesivos preconizados no estudo. A resistência adesiva das superfícies preparadas com diferentes instrumentos foi do maior valor para o menor: AP#600 > SB600 > SB703 > DB. Desta forma, quando a dentina é desgastada, a seleção do tipo adequado de broca é importante para aumentar a adesão dos sistemas adesivos usando primer auto-condicionante à dentina.

Schmalz *et al.*, em 2001, comparou a condutância hidráulica (L_p) e a difusão do fluxo de água (J_s) de fatias de dentes humanos e bovinos. Os experimentos de permeabilidade foram executados em uma câmara usando água em solução fisiológica salina. L_p e J_s da dentina bovina foram 0,7 a 2,4, e 1,1 a 3,5 para dentina humana. Para ambos os substratos, L_p e J_s aumentaram após o condicionamento ácido e mostraram relação linear inversa com a espessura da dentina. A variabilidade dos dados encontrados nos dentes bovinos foi menor e em torno da metade dos dados do substrato humano. Portanto, dentina bovina próxima à junção cimento-esmalte parece ser alternativa viável para substituição da dentina humana coronal para testes *in vitro* em relação às características de permeabilidade transdental.

Tay & Pashley (2001), estudaram, usando microscopia eletrônica de transmissão (MET), a agressividade de três sistemas adesivos auto-condicionantes, pela sua capacidade de penetrar na camada de "smear layer" com diferentes espessuras. Discos de dentina foram produzidos a partir de terceiros molares humanos extraídos. No grupo controle, a dentina coronária média foi criofraturada, produzindo uma superfície livre de "smear layer". As superfícies de teste foram desgastadas com lixas de granulação 60 e 600, criando-se assim "smear layer" espessas e delgadas, respectivamente. A dentina recebeu um dos três sistemas adesivos: Clearfil SE Bond, Non-Rinse Conditioner/Prime&Bond NT e Prompt L-Pop. Os espécimes foram desmineralizados e embebidos em resina epóxica para avaliação sob MET. Como resultados, observou-se que o adesivo SE Bond formou camadas híbridas autênticas com espessura entre 0,4 e 0,5 μm . A "smear layer" e os "smear plugs" permaneceram retidos como parte do complexo hibridizado. Para o sistema NRC/P&BNT, a camada híbrida autêntica variou entre 1,2 a 2,2 μm de espessura. A "smear layer" e os "smear plugs" foram dissolvidos na dentina com "smear layer" delgada, mas parcialmente retidos, como parte do complexo hibridizado, em superfícies com "smear layer" espessa. Para o Prompt L -Pop, a camada híbrida autêntica foi de 2,5 a 5,0 μm de espessura e a "smear layer" e os "smear plugs" foram dissolvidos completamente, mesmo

nos casos em que a "smear layer" era espessa. Os autores concluíram que os sistemas auto-condicionantes podem ser considerados como leves, moderados e agressivos, baseado em sua habilidade de penetrar na "smear layer" e desmineralizar a dentina subjacente. O sistema mais agressivo solubilizou a "smear layer" e os "smear plugs" e formou camadas híbridas com espessuras que se aproximaram às daquelas formadas pela impregnação da dentina condicionada com ácido fosfórico.

Van Meerbeeck *et al.*, em 2001, preocupados com o desenvolvimento de materiais adesivos, e ainda a sensibilidade envolvida com algumas técnicas, o foco deste estudo foi relacionado aos materiais de ionômero de vidro e materiais restauradores. Reflexões relacionadas à classificação dos adesivos foram feitas, além da sensibilidade da técnica de aplicação dos sistemas adesivos quanto aos passos clínicos. Finalmente, a efetividade clínica foi discutida por meio dos testes de resistência adesiva por microtração ao esmalte e dentina em lesões classe V.

Por meio da técnica da pesagem, Silva *et al.* (2002), verificaram o efeito da limpeza em ultra-som e de procedimentos de esterilização na capacidade de desgaste de diferentes instrumentos rotatórios. Utilizaram 45 dentes molares humanos hígidos, nos quais foram realizados preparos cavitários de classe V, utilizando-se brocas cilíndricas de três fabricantes (KG Sorensen, Two Stripper e CVD - Inpe) em caneta de alta rotação, acoplada a aparelho de padronização de cavidades. Após cada preparo, as brocas receberam tratamentos de limpeza e/ou esterilização. Fizeram a pesagem de todas as brocas em balança de precisão antes e após a realização dos preparos e do tratamento das mesmas, e avaliação em MEV. Concluíram que métodos de limpeza e esterilização utilizados não influenciaram a efetividade de desgaste das pontas e nem da estrutura da ponta diamantada artificial CVD, entretanto os instrumentos rotatórios de diamante natural sofreram alterações e perda das partículas de diamante.

Trava-Airoldi *et al.*, em 2000, mostrou a possibilidade de produção de películas de diamante policristalino por meio da técnica de deposição química a vapor (Chemical Vapor Deposition) utilizando gases metano na presença de hidrogênio, possibilitando dessa forma amplo campo de aplicação como superfícies para abrasão, dispositivos térmicos e ópticos e na fabricação de ferramentas de corte.

Segundo Yazici *et al.* (2002), a análise em microscopia eletrônica de varredura após a remoção de tecido cariado utilizando escavação manual, broca, abrasão a ar, abrasão sônica, ablação a laser e método quimiomecânico na superfície de 36 molares, demonstrou que a escavação manual, com broca e abrasão a ar deixou superfícies cobertas com “smear layer”, enquanto que a abrasão sônica removeu-a completamente deixando túbulos dentinários abertos. Os métodos de ablação a laser e quimiomecânico promoveram desobstrução de poucos túbulos dentinários na dentina.

Em 2003, Hashimoto *et al.* investigaram a degradação da adesão resina-dentina após um ano de imersão em água. Palitos com área de 0,9 mm² de resina-dentina foram feitos usando adesivo unido à dente humano extraído, e estocados em água por um ano. Os palitos estocados em água por 24 horas foram considerados como grupo controle. Após o período de estocagem determinado a cada grupo, as amostras foram submetidas ao teste de microtração e o tipo de fratura observado em MEV. Os valores de resistência adesiva do grupo controle (40,35 MPa) diminuiu significativamente após 1 ano de estocagem em água (13,37 MPa). A microscopia eletrônica de transmissão revelou a presença de alterações micromorfológicas nas fibrilas colágenas após estocagem por um ano, parecendo ser responsável pela degradação da união levando à redução da resistência adesiva.

Oliveira *et al.* (2003), determinaram o efeito da “smear layer” formada pela abrasão na adesão do primer auto-condicionante (SE) e do adesivo convencional (SB). Para isso, discos de dentina humana foram abrasionados

com 0,05 mm de pasta de alumina, com papel abrasivo de granulação 320 e 600, broca carbide #245, pontas diamantadas #250,9F ou #250,9 C. Em seguida, a resistência adesiva ao cisalhamento (SBS) foi avaliada após adesão com SE e SB e restauradas com resina composta. A “smear layer” foi caracterizada pela espessura, usando MEV, a rugosidade usando AFM, e a reação ao condicionamento, baseado na percentagem de túbulos abertos, por meio de MEV. Os resultados mostraram que SBS diminuiu com o aumento da aspereza da abrasão no grupo SE. Entre os instrumentos de corte, o grupo carbide teve o maior SBS, sendo os grupos preparados com papel de granulação 320 e 240 com valores de SBS próximos ao grupo carbide. A rugosidade da superfície e espessura de “smear layer” variou muito em relação à aspereza. Após o condicionamento com SE, a abertura dos túbulos das amostras abrasionadas pela broca carbide não diferenciou dos grupos preparados com papel de granulação 240 ou 320, mas diferenciou do grupo preparado com papel de granulação 600. Portanto, embora afetado pelo método de preparo da superfície, SE mostrou maior SBS do que SB. O maior SBS e “smear layer” delgada do grupo carbide, sugere a sua utilização juntamente com o sistema auto-condicionante *in vivo*. E em situações *in vitro*, a utilização de papel abrasivo de granulação 320 é recomendada para simular situação clínica, quando usando o material SE.

Preocupados com o processo de deposição química na fase vapor para o depósito de filme de diamante policristalino, Sein *et al.* (2003), estudaram a modificação do filamento-quente do sistema de deposição química com a finalidade de depósito de filme de diamante em haste para confecção de uma broca. Concluíram que o tamanho do cristal que revestia o topo da broca era maior do que aquele que revestia o meio e a base da broca, fato este ligado à temperatura do filamento, que era maior no topo, ficando a parte ativa da ponta coberta por filme mais espesso do que a base da mesma.

Abdalla (2004) avaliou a resistência adesiva por meio do teste de tração e microtração de cinco adesivos de frasco único à dentina de terceiros

molares humanos. Os materiais adesivos testados foram: Scotchbond 1, Syntac SC, One-Step, Prime & Bond 2.1 e Clearfil SE Bond, enquanto que a resina composta usada foi Clearfil AP-X. Resistência adesiva à tração e microtração foi mensurada usando máquina de ensaio mecânico à velocidade de 0,5 mm/min. O padrão de fratura das amostras no teste de tração foi 66% de falha coesiva, enquanto que no teste de microtração, as falhas foram principalmente na interface entre adesivo e dentina (94%).

Dias *et al.* (2004a), avaliaram o efeito de pontas diamantadas e brocas carbide na resistência adesiva à microtração de quatro adesivos auto-condicionantes à dentina humana. As superfícies oclusais de molares humanos extraídos e livres de cárie foram desgastadas usando seqüência de discos abrasivos de papéis. Os dentes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos (n=15), de acordo com o tipo de preparo da superfície da dentina (ponta diamantada, broca carbide e papel abrasivo). Cada grupo foi subdividido em 05 subgrupos de acordo com sistema adesivo usado: adesivo de condicionamento total (Single Bond, 3M-Espe), primers auto-condicionante (Clearfil SE Bond ou ABF, Kuraray; Imperva Fluorobond, Shofu), e adesivo auto-condicionante (One-Up Bond F, Tokuyama). Coroas de resina composta com 4 mm de altura foram construídas e as amostras estocadas em água por 24h à 37°C. Posteriormente, foram seccionadas em fatias de 0.7 mm de espessura e área de 1 mm² na constricção e submetidas à carregamento com velocidade de 1,0 mm/min até fratura. Os dados de resistência à microtração foram analisados usando análise de variância e teste de Fisher ($p<0,05$). Os valores de adesão nas superfícies preparadas usando broca carbide apresentaram, em grande parte, maiores valores do que as superfícies preparadas com pontas diamantadas e papel abrasivo. O adesivo Clearfil SE Bond mostrou a maior média de resistência adesiva dentre os cinco sistemas adesivos testados. Portanto, concluiu que a os valores de adesão podem ser afetados pelo tipo de instrumento utilizado no preparo do dente e que os maiores valores podem ser obtidos usando brocas carbide.

Em 2004b, Dias *et al.* compararam a resistência adesiva à microtração de três sistemas adesivos ao esmalte bovino preparado com papel abrasivo granulação 600, instrumento rotatório diamantado ou broca carbide. Os dentes bovinos (n=36) foram aleatoriamente divididos em três grupos conforme o adesivo utilizado, sendo um adesivo de condicionamento total (Single Bond, 3M-Espe), primer auto-condicionante (Clearfil SE Bond, Kuraray), ou adesivo auto-condicionante (One-Up Bond F, Yokuyama). Coroas de resina composta de 4 mm foram construídas na superfície dos dentes e os espécimes foram estocados em água por um dia à 37°C. As amostras foram seccionadas em fatias de 0,7 mm de espessura, sendo realizada constrição de maneira a formar área de 1 mm², e posteriormente submetidas a carregamento com velocidade de 1 mm/min até fratura. Os dados foram analisados usando ANOVA e teste de Fisher ($\alpha=0,05$). A resistência adesiva de cada sistema auto-condicionante foi menor quando o esmalte foi preparado usando ponta diamantada ou broca carbide, do que com papel abrasivo. Diferenças nos valores de adesão entre superfícies preparadas com a ponta diamantada e broca carbide não foram significantes. O método de preparo da superfície não afeta o sistema de condicionamento total. Portanto, diferentes instrumentos de preparos afetam divergentemente a adesão do esmalte à resina.

Giannini *et al.* (2004), analisaram a resistência adesiva máxima (UTS) do esmalte (E), dentina (D) e junção esmalte-dentina (DEJ) por meio do teste de microtração. A superfície intacta do esmalte oclusal de terceiros molares humanos foram condicionadas com ácido fosfórico a 37% e tratadas com sistema adesivo de frasco único. A superfície oclusal condicionada foi restaurada com resina composta e os dentes foram serialmente seccionados em fatias de 0,7 mm de espessura. Constrição foi realizada em cada fatia com ponta diamantada para reduzir a área para aproximadamente 0,5 mm². As amostras do grupo de esmalte foram testadas de acordo com a orientação dos prismas (paralelos, EP; e transversal, ET), enquanto que as amostras de dentina foram testadas em função da profundidade (superficial, DS; média, DM; e profunda, DD). As amostras foram testadas com tração em máquina de

ensaio mecânico à velocidade de 0,5 mm/min e os resultados foram testados pela ANOVA e teste de Duncan. A média dos valores de UTS em MPa (SD): DEJ, 46.9 (13.7)b; EP, 42.1(11.9)b; ET, 11.5 (4.7)d; DS, 61.6 (16.2)a; DM, 48.7 (16.6)b e DD, 33.9 (7.9)c. Portanto, concluiu que a UTS das estruturas dentinárias variam de acordo com a natureza e localização.

No ano de 2004, Goracci *et al.* verificaram se o substrato, forma, ou espessura das amostras para o teste de microtração tem influência significativa na mensuração da resistência adesiva. Sessenta e quatro molares extraídos tiveram esmalte e dentina preparados em diferentes formas e espessuras. Verificaram que substrato, forma e espessura das amostras têm efeito significativo na relação dos dados de resistência de adesão. Os maiores valores de resistência adesiva foram encontrados pela dentina versus esmalte e palito versus ampulheta. E ainda, a resistência adesiva diminuiu com o aumento da espessura das amostras. Análise por MEV revelou que a constrição nas amostras, especialmente para esmalte, frequentemente apresentou linhas de fratura na área de ação da broca. Isto parece uma recomendação para evitar a ação da constrição nas amostras de esmalte. Se a utilização de ampulheta for preferível, a área não deveria exceder 1,0 mm.

Em 2004, Hosoya *et al.*, avaliaram a influência do tamanho das partículas de pontas diamantadas na adesão de resinas a dentes humanos permanentes jovens e sadios. A superfície vestibular de 105 pré-molares foi utilizada e seis grupos testados foram preparados. O sistema adesivo e compósito usado nos grupos 1-3 foram Clearfil SE Bond (SE) e Clearfil AP-X, para grupos 4-6, Single Bond (SB) e Z250. Fatias de dentina foram desgastadas com ponta diamantada com partículas de 25 µm de tamanho (IW-G5, grupos 1 e 4), 50 µm de tamanho de partículas de diamante (IW-G4, grupos 2 e 5), ou papel SiC #600 (#600, grupos 3 e 6). Os valores de resistência adesiva ao cisalhamento (SBS) em MPa foram testados (10 dentes/grupo) e a falha das superfícies foram observadas usando MEV. Os dados foram analisados estatisticamente usando ANOVA e teste de Fisher a

$p < 0,05$. As dentinas desgastadas com IW-G5 e IW-G4 apresentaram maior rugosidade do que a dentina preparada com papel de SiC #600. Os valores de SBS dos grupos 1-3 (SE) foram significativamente maiores do que os grupos 4-6 (SB). Os valores de SBS do grupo 1 (IW-G5, SE) foi significativamente maior do que o grupo 2 (IW-G4, SE) e 3 (#600, SE), e os valores de SBS do grupo 2 foi significativamente maior do que o grupo 3. Não houve diferença significativa para SBS entre os grupos 4, 5 e 6. O modo de fratura após teste SBS mostrou principalmente fratura mista (adesiva e coesiva na resina) para os grupos SE, e fratura adesiva para os grupos SB.

Koase *et al.* (2004), compararam a resistência adesiva à microtração (MTBS) de dos sistemas adesivos de frasco único e um sistema adesivo auto-condicionante de dois passos à dentina desgastada com dois tipos de brocas. Utilizando um dos três adesivos, Xeno CF Bond (Xeno), Prompt L-Pop (PL) ou o sistema adesivo experimental ABF (ABF), a resina composta foi unida à fatia da superfície vestibular da raiz de dentina de oito pré-molares humanos extraídos. Estas superfícies foram produzidas usando tanto ponta diamantada de granulação regular ou granulação-fina. Após estocagem em água à 37° C, as amostras foram seccionadas em seis ou sete fatias de aproximadamente 0,7 mm de espessura perpendicularmente à superfície de adesão. Foram então, submetidos ao teste de microtração. As superfícies das amostras fraturadas foram observadas microscopicamente para determinar o modo de fratura. E ainda, para observar o efeito do condicionamento, as superfícies preparadas com os dois tipos de instrumentos, foram condicionadas com os adesivos, lavadas com acetona e observadas com MEV. Os resultados deste estudo mostraram que quando os adesivos Xeno e PL foram unidos à dentina preparada com ponta diamantada de granulação regular, os valores de MTBS foram menores do que a dentina desgastada com ponta diamantada de granulação fina, e as falhas ocorreram adesivamente na interface, no qual o adesivo experimental de dois passos mostrou diferença na resistência à microtração entre as superfícies preparadas com os diferentes instrumentos de corte. Portanto, os adesivos de frasco único testados aumentaram os valores

de resistência adesiva quando a adesão foi realizada no substrato com preparado com ponta diamantada de granulação superfina, enquanto que o sistema adesivo experimental de dois passos mostrou similar tanto para a dentina preparada com ponta de granulação regular e superfina.

Pinelli *et al.* (2004), avaliou por meio de fotomicrografia, os desgastes das pontas diamantadas utilizando dois tipos de dentes: humano e bovino. Para isso, foi realizado um estudo *in vitro* com 72 dentes, sendo 36 molares humanos e 36 incisivos centrais bovinos. Realizaram-se desgastes na superfície de esmalte dos dentes com pontas diamantadas da marca KG Sorensen n1092 totalizando 12 minutos de desgaste por dente. As pontas foram limpas com escova de aço e água e analisadas e fotografadas em lupa estereoscópica a cada totalização de tempo (12 minutos) e retornaram aos experimentos anteriores até completarem 72 minutos de uso por ponta diamantada. As fotomicrografias foram analisadas por três profissionais especializados onde foram atribuídos escores de 0 a 2 conforme a característica de sua ponta ativa. Os dados foram tabulados em Excell 2000 e foi ajustada uma regressão linear. O resultado encontrado mostra que no dente bovino a regressão foi de $Y=0,133333+ 0,036111X$ e no humano, $Y=0,233333 + 0,038889X$, o que indica uma diminuição 7% mais rápida do número de diamantes das pontas usadas nos dentes humanos em relação às usadas nos bovinos, e também que as pontas perderam efetividade de corte a partir dos 48 minutos de uso em dentes humanos e 60 minutos em bovinos. Concluiu-se que o desgaste das pontas diamantadas em dentes humanos ocorre com menor tempo de uso, e que os dentes humanos são diferentes dos dentes bovinos com relação à resistência frente ao desgaste com instrumentos de corte.

Em 2004, Reis *et al.*, avaliaram a resistência adesiva promovida por sistema adesivo, à esmalte e dentina, humana, bovina e suína, e comparou a micromorfologia por meio de MEV. Trinta dentes recém extraídos foram usados neste estudo: dez terceiros molares humanos, dez incisivos bovinos e dez molares suínos. As coroas dos humanos (H), bovinos (B) e suínos (P) foram

desgastadas com papel abrasivo de granulação 600 para expor tanto esmalte (E) ou dentina de média profundidade (D). Após aplicação do adesivo, coroas de resina composta (TPH Spectrum) de aproximadamente 8 mm de altura foram construídas. Após 24 horas de estocagem em água, as amostras foram seccionadas na direção vestibulo-lingual para obtenção de fatias de 0,8 mm². As amostras foram testadas em máquina de ensaio mecânico (0,5 mm/min). Os resultados foram estatisticamente analisados com ANOVA e teste de Tukey, que mostrou diferenças significativas entre a resistência adesiva obtida no esmalte e dentina ($p < 0,05$). Entretanto, não houve diferença significativa nos valores de resistência adesiva entre dentes humanos, bovinos e suínos. As observações por MEV revelaram morfologia dentinária similar para as três espécies. Entretanto, o esmalte suíno apresentou distribuição diferente nos prismas de esmalte. Portanto, dentes bovinos podem ser substitutos possíveis aos dentes humanos tanto para dentina ou esmalte nos testes de adesão. Entretanto, apesar dos dentes suínos apresentarem valores de resistência adesiva similares aos dentes humanos e bovinos, a morfologia de esmalte apresentou diferente configuração.

De Munck *et al.* (2005), examinaram por meio de revisão o processo fundamental da causa da degradação da adesão de biomateriais ao esmalte e dentina ao longo do tempo. Testes clínicos em cavidades classe V não cariosas continuam sendo o melhor método de avaliação da efetividade de união, mas além de ter alto custo, eles demandam laboratório e maior tempo, e proporcionam pouca informação da real causa das falhas clínicas. Sendo assim, alguns protocolos laboratoriais foram desenvolvidos para prever a durabilidade de união. Este trabalho analisa criteriosamente as metodologias que enfoca no padrão de degradação química por meio de hidrólises e dissolução dos componentes da interface, assim como orientar mecanicamente os testes selecionados, como mensuração de fadiga e resistência à fratura. A correlação dos dados *in vivo* e *in vitro* revela que, atualmente, o método mais válido para avaliar durabilidade de adesão envolve o envelhecimento de micro-espécimens de biomateriais unidos tanto no esmalte como em dentina. Depois

de aproximadamente 3 meses, todas as classes de adesivos exibiram evidências mecânicas e morfológicas de degradação que parecem com os efeitos de envelhecimento in vivo. Uma comparação dos adesivos contemporâneos revela que adesivos de três etapas continua sendo o padrão ouro em termos de durabilidade. Qualquer tipo de simplificação do procedimento resulta em perda da efetividade de união. Somente adesivos auto-condicionantes de duas etapas aproximam-se do padrão ouro e tem algum benefício clínico adicional.

Jacques & Hebling (2005), investigaram o efeito de diferentes tratamentos da dentina na resistência adesiva de primer auto-condicionante, e adesivo simplificado, de condicionamento total. Superfícies de terceiros molares foram tratadas com os seguintes agentes condicionantes: primer auto-condicionante por 20 segundos (Clearfil SE Primer), ácido fosfórico 37% por 15 segundos ou EDTA 0,5M por 30 segundos. As superfícies condicionadas foram então tratadas com Clearfil SE Bond ou Single Bond seguido pela restauração de maneira incremental com resina composta Z250. A aplicação de SE Primer foi incluída quando o Clearfil SE Bond foi usado, após condicionamento com ácido fosfórico e EDTA. Após 24 horas de estocagem em água à 37°C, os dentes foram longitudinalmente seccionados ao longo da interface adesiva para produzir fatias de 1,0 mm² de área, testada com método de microtração à 0,5 mm/min. Os dados foram analisados usando análise de variância ANOVA e teste de Tukey. Os resultados mostraram que a maior média de resistência adesiva foi para a combinação SE Primer/Single Bond (58,5 ± 20,8 MPa), seguido pelo EDTA/Clearfil SE Bond (47,8 ± 15,1 MPa) e ácido fosfórico/Single Bond (40,9 ± 14,3 MPa). As combinações restantes apresentaram resistência adesiva à tração estatisticamente similar ($p > 0,05$). O desempenho da adesão dos adesivos testados foi dependente na dentina condicionada. O pré-tratamento com suave condicionamento como 0,5M EDTA melhorou a resistência adesiva do Clearfil SE Bond. O desempenho do Single Bond foi melhor quando o primer auto-condicionante foi usado como agente condicionante na dentina, provavelmente pela prevenção da formação de uma

zona incompleta na base da camada híbrida. Todos os resultados indicaram que maior resistência adesiva pode ser obtida pelo condicionamento da dentina com agente de condicionamento suave, sugerindo que desmineralização profunda pode prevenir adequada infiltração de resina, conseqüentemente comprometendo a adesão.

Kenshima *et al.* (2005), estudaram a capacidade tampão dos sistemas adesivos auto-condicionantes e avaliaram o efeito da espessura da “smear layer” na largura média do *gap* (GW) e resistência adesiva à microtração (μ BS) da dentina aos adesivos auto-condicionantes. Os adesivos testados foram Clearfil SE Bond (SE), Optibond Solo Plus Self-etch Primer + Optibond Solo Plus (SO), Tyrian Self Priming Etchant + One Step Plus (TY), e como controle, Single Bond (SB) e ScotchBond Multi-Purpose Plus (SC), associados com resina composta Z350. Os primer auto-condicionantes e ácido fosfórico 35% (0,5 ml) foram dosados pela adição sucessiva de gotas de 0,05 ml de NaOH (1N). Trinta molares (n=5) foram seccionados em metades para produção de “smear layer” espessa (#60 SiC) e delgada (#600 SiC), tratadas com o adesivo de maneira aleatória, e restauradas com resina composta. Após 24 h, os palitos de 0,8mm² foram testados. Os dados foram analisados pela análise de variância ANOVA e teste de Tukey. Concluíram que embora a espessura da “smear layer” não tenha resultado efeito na resistência adesiva, a “smear layer” espessa afetou desfavoravelmente a largura do *gap*. Os valores de μ BS não foram afetados pela acidez dos primer auto-condicionantes; entretanto, primer auto-condicionante mais agressivo mostrou o menor *gap*. Portanto, o adesivo de condicionamento total apresentou a maior μ BS e menor *gap*.

Sadek *et al.* (2005), verificaram a influência da velocidade de corte durante o preparo das amostras para teste de microtração, na resistência adesiva e na integridade microscópica do sistema adesivo de frasco único ao esmalte e dentina. Trinta terceiro molares humanos sadios forma restaurados com compósitos polimerizados com luz Excite e Tetric Ceram de acordo com

as recomendações dos fabricantes, sendo metade em esmalte desgastado e a outra metade em fatias de dentina. Após 24 horas de estocagem em água destilada à 37°C, os dentes restaurados foram seccionados no eixo x e y sob diferentes velocidades: 100, 200 ou 400 RPM, obtendo espécimes em forma de palitos com área de 1,0 mm². Cinco amostras de cada grupo experimental foram aleatoriamente selecionadas antes de serem submetidas à força para análise em MEV, enquanto que as outras amostras foram submetidas ao teste de resistência adesiva por microtração. Em razão da variabilidade das amostras de dentina ser significativamente maior do que das amostras de esmalte, a análise da influência da velocidade de corte foi realizada separadamente, por substrato. Na análise por MEV, a melhor integridade das amostras de dentina foi observada quando comparou às amostras de esmalte, para o qual a integridade foi melhor para o grupo com menor velocidade de corte. Concluiu que a velocidade de corte é um fator importante que deve ser levado em consideração, principalmente quando o esmalte é envolvido, já que pode afetar a resistência adesiva e a integridade das amostras.

Kenshima *et al.*, em 2006, avaliaram o efeito do condicionamento (CE) de adesivos auto-condicionantes de diferente acidez aplicado em “smear layer” (SL) espessa e delgada, os correspondentes tags de resina (RT) e camada híbrida (HL). Vinte e sete molares tiveram sua dentina oclusal exposta e foram seccionados em duas metades. Cada uma delas foi desgastada com papel abrasivo SiC de granulação #60 ou #600, respectivamente para produção de “smear layer” espessa e delgada. Três adesivos auto-condicionantes: suave (Clearfil SE Bond), intermediário (OptibondSolo SE and Solo Plus) e forte (TyrianSelf PrimingEtchant + One StepPlus), e um sistema adesivo convencional (ScotchbondMulti Purpose Plus), foram usados para avaliação CE, o primer auto-condicionante foi aplicado e lavado com acetona e álcool previamente ao preparo para MEV. Para RT e HL, as amostras dos adesivos auto-condicionantes foram aplicadas e restauradas com Z-250. Para RT, a dentina foi removida com banhos de HCl (6N) e NaClO (1%). As amostras de HL foram fixadas, desidratadas, secadas com HMDS, fixadas,

polidas e desmineralizadas (HCl 6N) e desproteinizadas (NaClO à 1%). Após serem metalizadas, foram observadas por MEV. A smear layer espessa não foi totalmente removida pelo primer auto-condicionante. RT variou na densidade e forma entre os adesivos auto-condicionantes. HL espessa foi observada pelos adesivos auto-condicionante forte e adesivo convencional. Portanto, o adesivo convencional apresentou a HL mais espessa e foi o único adesivo que produziu RT com maior alta densidade e distribuição uniforme ao longo da superfície da dentina, independentemente da espessura da SL.

Com o propósito de estudar as características de corte de pontas odontológicas diamantadas obtidas pela tecnologia CVD, Lima *et al.* (2006), determinaram a habilidade de corte das pontas de diamante obtidas pelo processo de deposição química na fase vapor (CVD) associado ao aparelho de ultra-som no preparo cavitário minimamente invasivo. Uma cavidade padronizada foi preparada nas faces mesial e distal de 40 terceiros molares, utilizando-se pontas de diamante CVD cilíndrica e esférica. A habilidade de corte foi comparada quanto ao tipo de substrato (esmalte e dentina) e quanto à direção do movimento realizado com a ponta. As características morfológicas, a largura e profundidade das cavidades foram analisadas e medidas em microscopia eletrônica de varredura. A análise estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) revelou que a largura e profundidade das cavidades foram significativamente maiores em dentina. Cavidades mais largas obtidas quando se utilizou a ponta de diamante CVD cilíndrica, e mais profunda quando a ponta esférica foi empregada. A direção do movimento da ponta não influenciou o tamanho das cavidades, sendo os cortes produzidos pelas pontas de diamante CVD precisos e conservadores.

Rocha *et al.* (2006) avaliaram os efeitos de tratamentos superficiais da dentina na resistência de união (RU) de dois sistemas adesivos auto-condicionantes, Clearfil SE Bond (CSE) e One-Up Bond F (OUB). Superfícies dentinárias planificadas de vinte e quatro terceiros molares foram preparadas com pontas diamantadas em alta rotação, brocas carbide em baixa rotação ou

abrasionadas com lixas de SiC (#600). Os adesivos foram aplicados e fotoativados de acordo com as instruções dos fabricantes. Um bloco de compósito foi construído nas superfícies tratadas e cada incremento de resina foi fotoativada por 40 segundos. Após armazenamento em água (37°C/24h), os dentes restaurados foram serialmente seccionados paralelamente ao seu longo eixo para obtenção de espécimes com área de secção transversal de aproximadamente 0,8 mm² (n=20). Os espécimes foram testados em máquina de ensaio universal (0,5 mm/min). A área de união foi mensurada e os resultados com o adesivo CSE mostraram os maiores de RU para todos os tratamentos. A superfície da dentina preparada com brocas carbide em baixa rotação reduziu a RU para o adesivo CSE; entretanto, a RU do adesivo OUB não foi afetada pelos tratamentos. O efeito da preparação da dentina na RU foi material-dependente.

PROPOSIÇÃO

3. PROPOSIÇÃO

Este trabalho se propôs avaliar:

(a) máxima resistência de união e padrão morfológico, por meio de ensaio de microtração, de um sistema adesivo convencional e um sistema auto-condicionante de dois passos à dentina bovina preparada com broca carbide, ponta diamantada e ponta CVDentus;

(b) máxima resistência de união (μ TBS) e padrão morfológico de um sistema adesivo convencional e um sistema auto-condicionante de dois passos à dentina bovina e dentina humana preparadas com broca carbide e ponta diamantada.

MATERIAL E MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS

Em razão da geração de duas proposições neste trabalho, e para facilidade de leitura, alguns tópicos foram subdivididos para as duas propostas.

4.1. Seleção e preparo dos dentes

4.1.(a) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina preparada com broca carbide, ponta diamantada e ponta CVDentus:

Quarenta e dois incisivos bovinos recém-extraídos com idade e tamanho semelhantes foram selecionados, limpos e armazenados em solução de timol 0,2%. Cavidades padronizadas com dimensões de 6,0mm de largura, 4,0mm de comprimento e 2,0mm de profundidade foram realizadas na superfície vestibular de cada dente pelo mesmo operador utilizando mesma turbina (ExtraTorque 605, Kavo do Brasil, São Paulo, SP, Brasil) de alta rotação (300.000rpm) com constante irrigação com água e pressão manual associada a três tipos de instrumentos de corte: grupo CB, broca cilíndrica carbide (# 56, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil); grupo PD, ponta cilíndrica diamantada (# 1092, KG Sorensen, São Paulo, Brasil); e grupo CVD, ponta cilíndrica de diamante artificial CVDentus (# 8.2137, CVDVale, São José dos Campos, SP, Brasil). As pontas CVDentus foram utilizadas conforme as recomendações dos fabricantes, em aparelho de ultra-som (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) na potência de 70%, com fluxo de água regulado para que a água gotejasse na extremidade da ponta. Cada instrumento foi utilizado para confecção de até cinco preparos (Borges *et al.*, 1999).

4.1.(b) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina e dentina humana preparadas com broca carbide e ponta diamantada:

Foram utilizados neste estudo 28 incisivos bovinos recém-extraídos com idade e tamanho semelhantes, e 28 terceiros molares humanos hígidos (Projeto aprovado pelo Comitê de Ética, Universidade Federal de Uberlândia, protocolo #028/05), limpos e armazenados em solução de timol 0,2% (Figura 1). Cavidades padronizadas com dimensões de 6,0mm X 4,0mm X 2,0mm foram realizadas na superfície vestibular pelo mesmo operador utilizando turbina

(ExtraTorque 605, Kavo do Brasil, São Paulo, SP, Brasil) de alta rotação (300.000rpm) com constante irrigação e pressão. Os dentes foram divididos em dois grupos em função do instrumento rotatório: grupo CB, broca cilíndrica carbide (# 56, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil); grupo PD, ponta cilíndrica diamantada (# 1092, KG Sorensen, São Paulo, Brasil). Cada instrumento foi utilizado para confecção de até cinco preparos (Borges *et al.*, 1999).

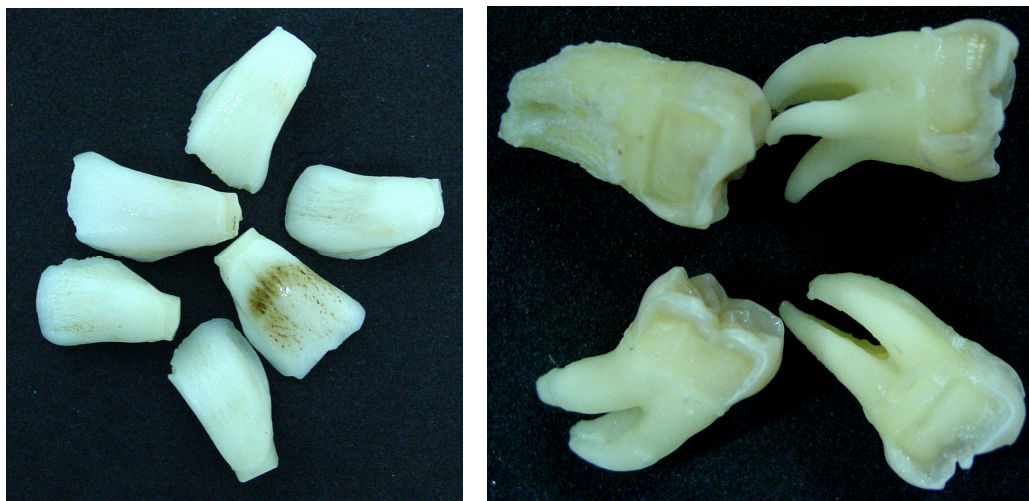


Figura 1. Dentes incisivos bovinos e terceiros molares humanos selecionados no estudo.

4.2. Restauração dos dentes

As amostras de cada grupo foram restauradas utilizando dois sistemas adesivos (n= 7): um sistema adesivo convencional - SBMP (Scotch Bond Multi Purpose, 3M-ESPE, St Paul, MN, USA) e um adesivo auto-condicionante de dois passos - CfSE (Clearfil SE Bond, Kuraray, Osaka, Japão). O tratamento da superfície da dentina, assim como o procedimento de polimerização foi realizado de acordo com as recomendações dos fabricantes e executadas pelo mesmo operador. A composição dos materiais restauradores empregados está listada na Tabela 1.

Tabela 1. Materiais utilizados no procedimento restaurador adesivo.

Material	Composição	Fabricante
Scotch Bond Multi Purpose	Água, Etanol, HEMA, Bis-GMA, Canforoquinona, Copolímero do ácido polialcenóico	3M ESPE, St Paul, MN, USA
Clearfil SE Bond	MDP, HEMA, bis-GMA	Kuraray, Osaka, Japão
Z350 Filtek	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, bis-EMA	3M ESPE, St Paul, MN, USA

Para o sistema convencional (Figura 2), o ácido fosfórico a 37% (FGM, Joinville, SC, Brasil) foi aplicado na cavidade por 15 segundos, em seguida foi lavado com jatos de ar/água por 15 segundos. O componente primer foi aplicado em toda cavidade com pincel descartável (FGM, Joinville, SC, Brasil) e deixado atuar por 20 segundos, sendo os excessos removidos com leve jato de ar. Em seguida o componente adesivo foi aplicado em uma camada e fotoativado por 20 segundos com unidade polimerizadora de luz halógena com 800 mW/cm² (XL3000, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA).

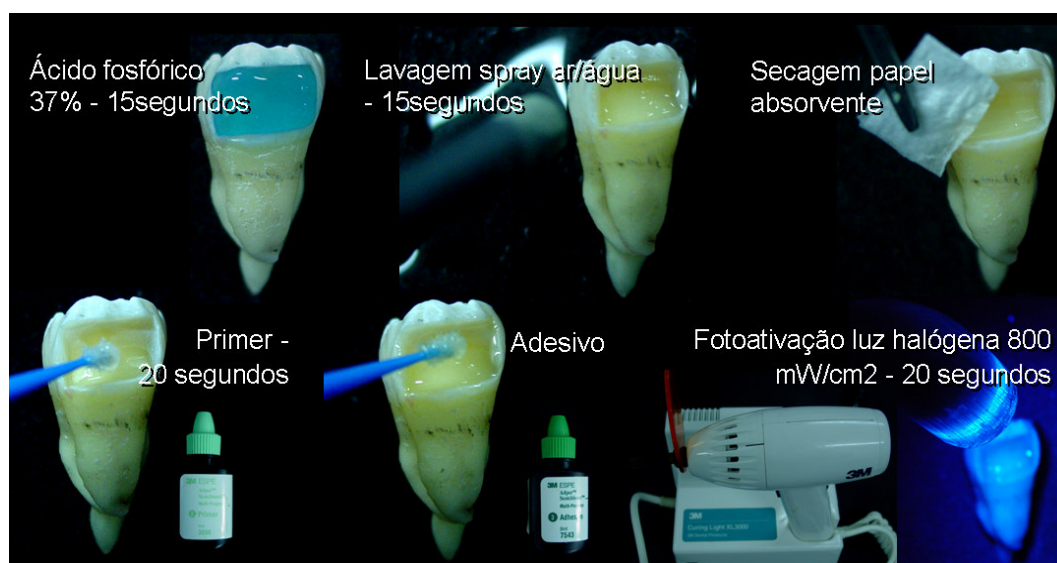


Figura 2. Protocolo de aplicação do sistema adesivo Scotch Bond Multi Purpose.

Para o sistema auto-condicionante, o componente primer foi aplicado na cavidade com pincel descartável, deixando atuar por 20 segundos, e aplicado leve jato de ar para evaporar os solventes. Em seguida, o componente adesivo foi aplicado em toda cavidade de maneira a formar filme uniforme de adesivo novamente por meio de jato de ar. O adesivo foi fotoativado por 10 segundos com a mesma unidade polimerizadora (Figura 3).



Figura 3. Protocolo de aplicação do sistema adesivo auto-condicionante de dois passos Clearfil SE Bond.

Em seguida as cavidades foram preenchidas com resina composta nanoparticulada (Filtek Z-350, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) pela técnica incremental em camadas oblíquas com espessura de 2,0 mm. Um acréscimo de 3,0mm de resina acima do ângulo cavo-superficial foi construído para facilitar a obtenção dos palitos (Figura 4). Os dentes restaurados foram estocados em água destilada à 37°C por 24 h.



Figura 4. Preenchimento das cavidades com resina composta incrementalmente e acréscimo acima do ângulo cavo-superficial.

4.3. Ensaio mecânico de microtração

Cada dente foi seccionado paralelamente e perpendicularmente ao longo eixo, utilizando disco diamantado (Buehler, Lake Bluff, IL, USA) fixado a cortadeira de precisão (Isomet 1000 Precision Saw, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) em velocidade de 250rpm com constante irrigação (Figura 5), obtendo-se palitos retangulares com área adesiva de $\pm 0.8 \text{ mm}^2$ (Goracci et al., 2004).

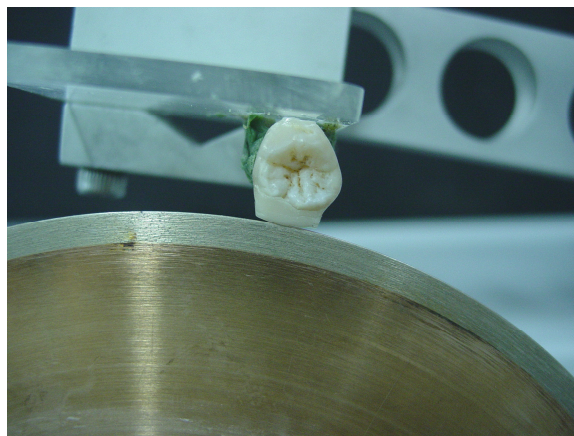


Figura 5. Seccionamento do dentes para confecção dos palitos com disco diamantado em cortadeira de precisão.

Cada espécime foi fixado ao dispositivo para ensaio de microtração com adesivo à base de cianoacrilato (Henkel, Itapevi, SP, Brasil), e este, posicionado em máquina de ensaio mecânico (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Foi então aplicado carregamento de tração à velocidade de 0,5 mm/min (Figura 6) até ruptura do espécime (Sadek *et al.*, 2005). Os palitos foram então, removidos do dispositivo e a sessão da área de falha foi mensurada com paquímetro digital (S235, Sylvac, Switzerland). Os valores de resistência de união (μ TBS) foram calculados por meio da relação da força máxima (N) dividida pela área (mm^2) fraturada dos palitos.

Para verificar o padrão de fratura dos espécimes fraturados, estes foram analisados em lupa estereoscópica (Leica CLS 100) com aumento de 40X para definição do tipo de fratura, e foram classificados em três tipos: falha coesiva da dentina, falha coesiva da resina, e falha adesiva.

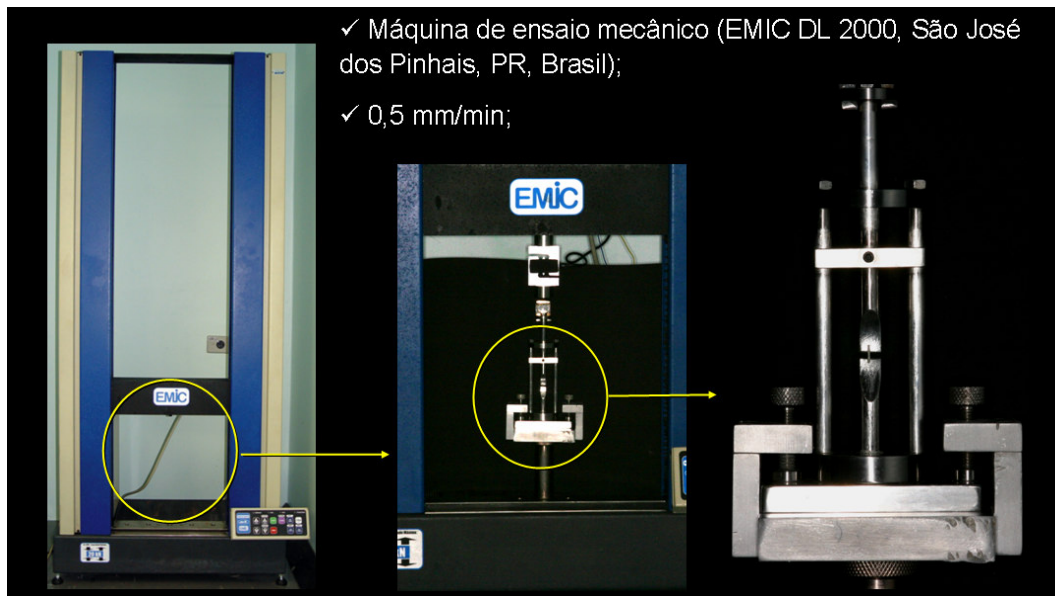


Figura 6. Máquina de ensaio mecânico. Notar o palito posicionado no dispositivo utilizado para o teste de microtração.

4.4. Análise estatística dos dados

4.4.(a) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina preparada com broca carbide, ponta diamantada e ponta CVDentus: Os

dados foram submetidos à análise de variância fatorial (2X3), sendo o fator adesivo em dois níveis e o fator instrumento em 3 níveis, seguido de teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

4.4.(b) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina e dentina humana preparadas com broca carbide e ponta diamantada:

Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância fatorial em interação tripla (2X2X2), tipo de substrato em 2 níveis, tipo de instrumento rotatório em 2 níveis, tipo de sistema adesivo em 2 níveis, seguido de teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

4.5. Análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para analisar o padrão morfológico da lama dentinária formada com cada instrumento, e ainda as superfícies tratadas após o passo de remoção ou modificação da lama dentinária com o primer auto-condicionante, cavidades adicionais para cada grupo (n=2) foram confeccionadas dentro da metodologia citada, e então seccionadas no sentido vestibulo-lingual, no centro da porção da coroa. Para avaliar o componente Clearfil SE Bond primer, este foi aplicado como descrito previamente, porém removido com banhos de acetona. Após os banhos de acetona, as amostras preparadas foram então desidratadas em soluções crescentes de etanol (50%, 70% e 90% por 10 minutos, e 100% por 30 minutos) e imersas em hexametildisilazano (HMDS) por 10 minutos, colocadas sobre papel absorvente e secadas à temperatura ambiente (Dias *et al.*, 2004a). Para avaliar o perfil de camada híbrida produzida em cada grupo experimental, as superfícies foram preparados da mesma maneira que para os teste de microtração, e então seccionados verticalmente no sentido vestibulo-lingual no centro da coroa do dente, imersos em HCl 0,5 N por 20 segundos, seguido de NAOCl 2.5% por 4 minutos. À seguir, foram lavadas no ultra-som em água destilada por 1 minuto. Após fixação em solução de glutaraldeído 2% por 24 horas, as amostras foram desidratadas e secadas seguindo o mesmo método descrito para avaliação da superfície tratada (Hosoya *et al.*, 2004). Espécimes fraturados com padrão característico de cada grupo experimental

foram selecionados e imersos em solução de formol 10% por 24 horas e lavados em ultra-som com água destilada por 2 minutos. Em seguida, as amostras foram desidratadas e secas seguindo o mesmo método descrito para avaliação das superfícies tratadas. Posteriormente, as amostras foram metalizadas com ouro (MED 010, Baltec), e observadas em microscópio eletrônico de varredura - MEV (LEO 435 VP, LEO Electron Microscopy, Cambridge, UK), obtendo-se imagens com aumento entre 150X e 3000X.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1.(a) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina preparada com broca carbide, ponta diamantada e ponta CVDentus:

A análise de variância (ANOVA) apresentou diferença estatisticamente significativa para os sistemas adesivos ($p=0,000$) e instrumento de corte ($p=0,000$), sendo as diferenças analisadas pelo teste de Tukey. A interação de todos os fatores não apresentou diferença significativa ($p=0,847$). Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias e Desvio Padrão (DP) da resistência adesiva pelo ensaio de microtração - μ TBS (MPa) – Teste de Tukey.

Grupo	<i>Scotch Bond MP</i>	<i>Clearfil SE Bond</i>
CB	8,98 (2,41) ^{Bb}	16.19 (3.38) ^{Ba}
PD	17.30 (3,40) ^{Ab}	23,31 (3.90) ^{Aa}
CVD	18.48 (5.25) ^{Ab}	25.28 (5.77) ^{Aa}

* Letras maiúsculas sobrescritas indicam diferença estatística entre os valores relativos às brocas; letras minúsculas indicam diferença estatística entre os valores relativos aos sistemas adesivos ($p<0.05$).

É possível visualizar em alguns locais das amostras fraturadas (falha adesiva) do grupo SBMP a presença de dentina hibridizada com túbulos dentinários ocluídos por tags (Figura 7). A Figura 8 demonstra fraturas dos grupos CfSE, com smear layer hibridizada.

Por meio de observações em MEV, o padrão de smear layer formado no grupo CB apresentou-se com aspecto de placa plana, cobrindo a superfície, com túbulos dentinários que não foram evidenciados (Figura 9a). Os grupos PD e CVD apresentaram smear layer com aspectos de grânulos soltos sobre a superfície da dentina (Figura 9b e 9c). Quando o primer auto-condicionante foi aplicado e removido com acetona, o grupo CB apresentou maior número de túbulos dentinários obstruídos por “smear plugs” (Figura 10 – setas preta). A lama dentinária nos grupos PD e CVD foi melhor removida (Figura 10 – setas

brancas). A interface adesiva do grupo CfSE evidencia padrão de camada híbrida delgada (Figuras 11a e 11b), enquanto a Figura 11c mostra tags na camada híbrida do grupo SBMP.

5.1.(b) μ TBS de sistema adesivo convencional e auto-condicionante à dentina bovina e dentina humana preparadas com broca carbide e ponta diamantada:

A análise de variância demonstrou diferença estatisticamente significativa entre os fatores de estudo substrato dentinário ($p=0,000$) e instrumentos de corte ($p=0,033$) isoladamente, na interação entre substrato dentinário e adesivo ($p=0,000$) e para a interação substrato dentinário e instrumentos de corte ($p=0,000$). Entretanto não houve diferença estatística para o fator adesivo ($p=0,985$), para interação dos fatores adesivo e broca ($p=0,873$), e para interação entre os 3 fatores ($p=0,495$). As diferenças foram analisadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Médias e Desvio Padrão (DP) da resistência adesiva pelo ensaio de microtração - μ TBS (MPa) e categoria estatística definida pelo teste de Tukey.

Grupos	Dentina Bovina μ TBS (DP)		Dentina Humana μ TBS (DP)	
	SBMP	CfSE	SBMP	CfSE
CB	8,98 (2,41) ^{Cb}	16,19 (3,38) ^{Bb}	37,05 (9,12) ^{Aa}	29,51 (9,00) ^{Aa}
PD	17,30 (3,40) ^{Ca}	23,31 (3,90) ^{Ba}	33,30 (9,40) ^{Aa}	27,70 (6,63) ^{Aa}

* Diferentes letras indicam diferença estatística verificada pela ANOVA e teste de Tukey ($p<0.05$). Letras maiúsculas foram usadas para comparar grupos na linha horizontal e letras minúsculas foram usadas para comparar grupos nas linhas verticais.

Os valores médio de μ TBS para o sistema adesivo SBMP na dentina humana foi similar aos valores do sistema CfSE independente do tipo de instrumento de corte utilizado. Porém, para a dentina bovina a μ TBS para o sistema adesivo SBMP foi estatisticamente inferior ao valor médio do sistema CfSE, independente do tipo de instrumento empregado (Figura 12). O tipo de

instrumento não influenciou os valores de μ TBS na dentina humana independente do tipo de sistema adesivo. Contudo na dentina bovina os valores de μ TBS sofreram influência significativa do tipo de instrumento, sendo os maiores valores obtidos com as pontas diamantadas independente do tipo de sistema adesivo. Os valores de μ TBS da dentina humana foram estatisticamente mais elevados que os valores obtidos para a dentina bovina, independente do tipo de sistema adesivo e do tipo de instrumento de corte.

As amostras que fraturaram durante o preparo, previamente a serem submetidas ao ensaio de microtração, foram mais freqüentes nos dentes bovinos, principalmente para o grupo CB/ SBMD, com quase 50% de perda dos espécimes, seguido do grupo PD/SBMD, com 20 % de fratura. Enquanto nos dentes humanos, o índice de fratura prévia foi inferior a 5% para todos os grupos experimentais. Estas amostras não foram computadas na análise estatística.

A distribuição do modo de fratura verificada nas amostras extraídas de dentes bovinos apresentou pequena variabilidade em função do tipo de adesivo e do instrumento de corte. O mesmo comportamento foi observado nas amostras extraídas de dentes humanos. Os dados estão distribuídos na Tabela 4.

Tabela 4. Padrão de fratura (%) analisado em lupa estereoscópica após ensaio de microtração.

Grupo	Dentina Bovina						Dentina Humana					
	SBMP			CfSE			SBMP			CfSE		
	Ad	C/d	C/r	Ad	C/d	C/r	Ad	C/d	C/r	Ad	C/d	C/r
CB	100%	0	0	100%	0	0	80%	13,3%	6,7%	93,3%	6,7%	0
PD	94,8%	0	5,2%	94,8%	5,2%	0	80%	6,7%	13,3%	93,3%	6,7%	0

* Ad = fratura adesiva; C/d = fratura coesiva em dentina; C/r = fratura coesiva em resina.

Por meio de observações em MEV, quando o componente primer do sistema adesivo auto-condicionante foi aplicado e removido com acetona, a

dentina humana mostrou maior número de túbulos dentinários desobstruídos e dentina intertubular mais desmineralizada do que a dentina bovina (Figura 13). A Figura 14 evidenciou diferenças entre o padrão da camada híbrida formada na dentina bovina e humana.

Microscopias eletrônicas de varreduras

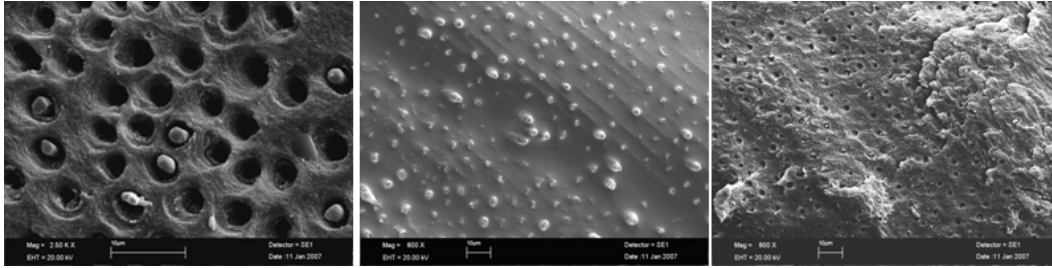


Figura 7. MEV do padrão de fratura nos grupos SBMP (dentes bovinos) – falhas adesivas: presença de tags no interior dos túbulos.

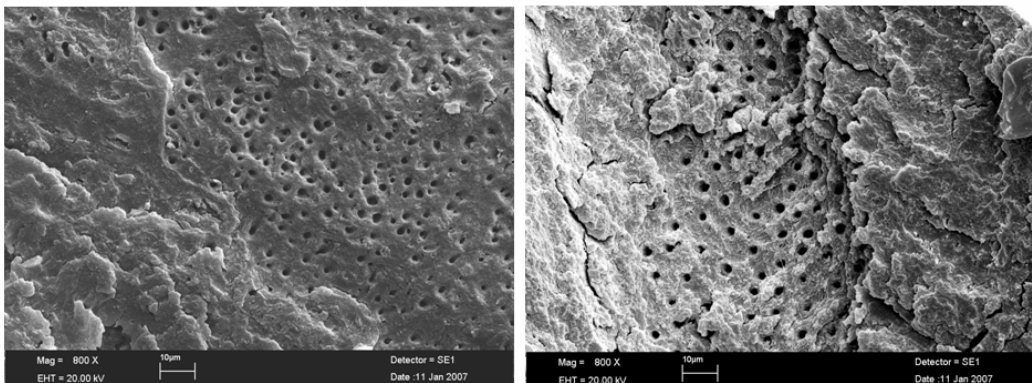


Figura 8. Padrão de fratura para os grupos CfSE (dentes bovinos). As fraturas adesivas exibem padrão que caracteriza o sistema adesivo empregado, com smear layer hibridizada - Mag 800X.

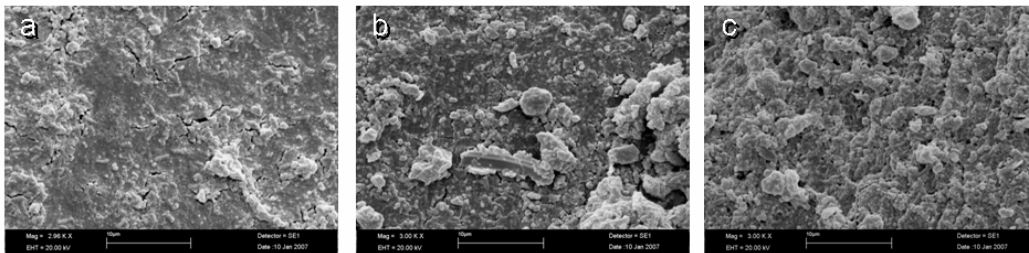


Figura 9. MEV do padrão de smear layer após preparo com as diferentes brocas usadas: a- dentina bovina preparada com broca carbide; b- dentina bovina preparada com ponta diamantada; c- dentina bovina preparada com ponta CVD. Mag. 3.000X.

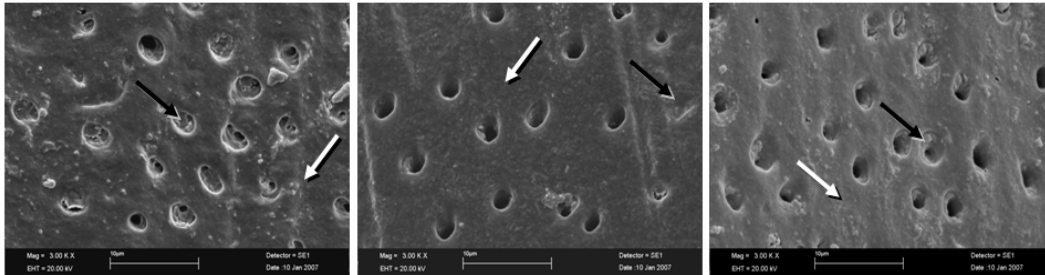


Figura 10. MEV da dentina bovina tratada com Clearfil SE Bond primer: Setas pretas apontam para os túbulos dentinários obliterados com smear plugs; Setas brancas mostram evidência de maior desmineralização da dentina intertubular. Mag. 3.000X.

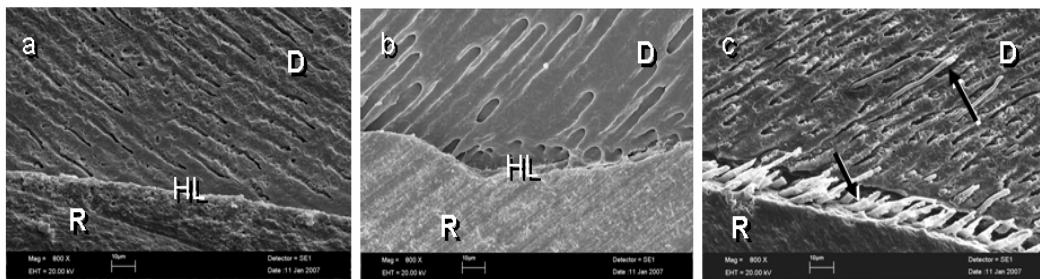


Figura 11. MEV da interface resina-dentina bovina (Mag. 800X): a/b- sistema adesivo auto-condicionante. Notar padrão estreito da camada híbrida, caracterizando o sistema adesivo utilizado; c- Sistema adesivo convencional. Notar formação de tags (setas) no interior dos túbulos dentinários. HL= camada híbrida; R= resina composta; D= dentina.

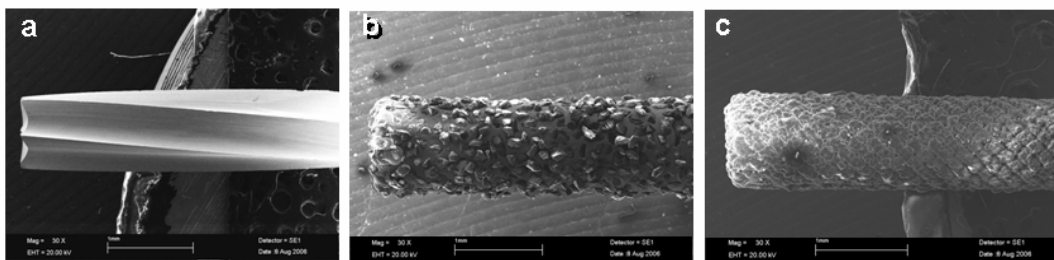


Figura 12. MEV das brocas utilizadas no estudo: a- broca carbide, característica de lâminas; b- ponta diamantada, grãos de diamante aglutinados em matriz de metal; c- ponta CVDentus, pedra única de diamante. Mag. 154X.

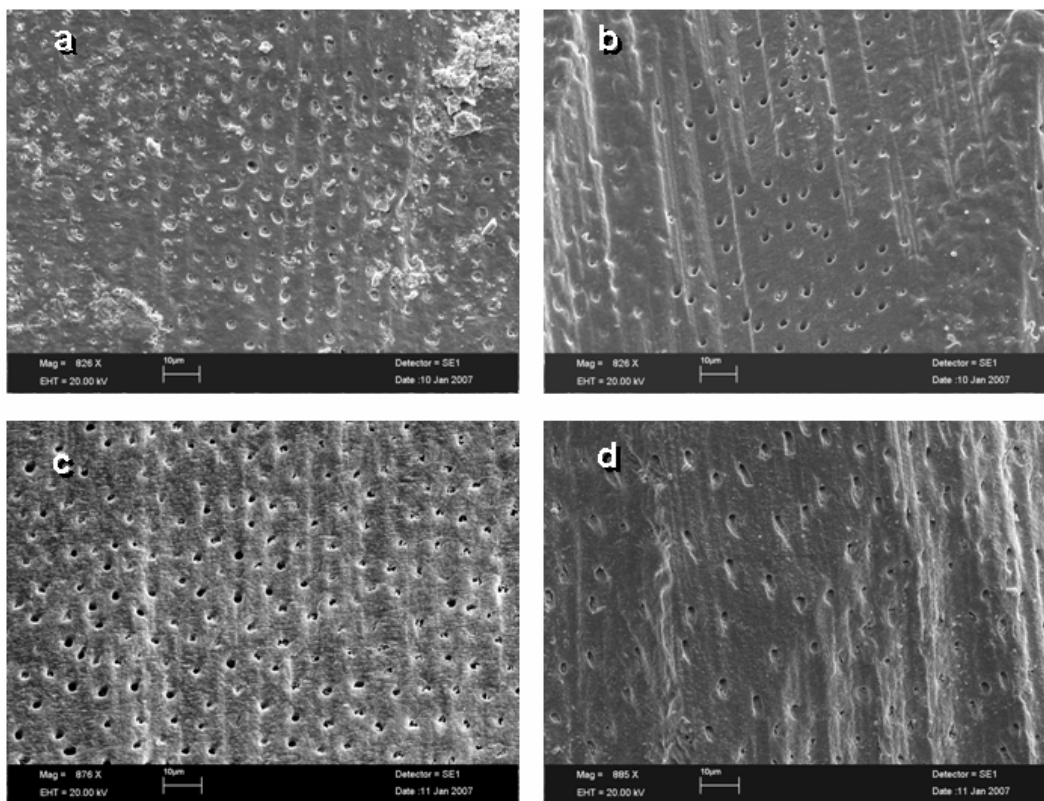


Figura 13. Substratos tratados com primer: a – dentina bovina preparada com broca carbide; b – dentina bovina preparada com ponta diamantada; c – dentina humana preparada com broca carbide; d – dentina humana preparada com ponta diamantada (MEV - Mag. 800 X).

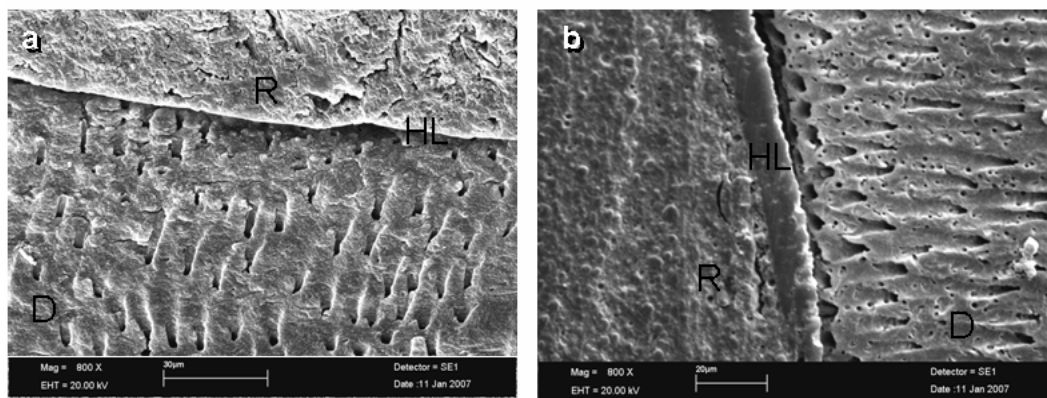


Figura 14. Interface adesiva do substrato preparado com broca carbide e restaurado com adesivo convencional: a – dentina bovina; b - dentina humana (MEV – Mag 800X). D = Dentina; R = Resina composta; HL = Camada híbrida.

DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

A primeira hipótese foi parcialmente aceita, diferentes tipos de instrumentos de corte usados para o preparo do substrato dentinário bovino afetaram a resistência adesiva dos diferentes sistemas adesivos. Os resultados deste estudo mostram que independente do sistema adesivo, os valores de μ TBS para dentina bovina preparada com as pontas diamantadas e CVDentus não apresentaram diferenças estatísticas, porém foram significativamente superiores aos valores de μ TBS obtidos com o preparo realizado por meio de brocas carbide.

Certos aspectos da odontologia têm sofrido pequena influência do avanço tecnológico repercutindo em pequenas mudanças de modelos de atuação clínica, como exemplo, os meios pelos quais são realizados os preparos cavitários. A mecânica de atuação dos instrumentos varia na ação pelo desgaste, abrasão (Dias *et al.*, 2004b) e mais recentemente ação ultra-sônica (Lima *et al.*, 2006). Sendo assim, a lama dentinária formada pelas brocas carbide na dentina bovina mostrou aspecto de placa plana aderida à superfície dentinária, que pode ser resultado da ação de suas lâminas de corte (Figura 12a) para o desgaste do dente (Dias *et al.*, 2004b). Já as pontas diamantadas desgastam por abrasão, a qual ocorre raspagem da ponta por meio do processo mecânico de atrito com a superfície do dente (Ogata *et al.*, 2001). O esfregaço então formado aparentou-se em forma de grãos, com pequenos corpos arredondados dispersos sobre o substrato dentinário bovino (Figura 9).

As pontas diamantadas convencionais são formadas por partículas de diamantes de diversos tamanhos, unidas por matriz metálica (Figura 12b). Entretanto, repetidos ciclos de esterilização destas pontas podem levar à corrosão da matriz, propiciando a perda das partículas e dos íons metálicos durante o corte, contaminando, assim, o substrato (Matos *et al.*, 1995). Já as pontas CVDentus possuem superfície coberta com diamante de maneira uniforme, sem a presença de matriz entre os mesmos (Figura 12c) (Silva *et al.*, 2002; Trava-Airoldi *et al.*, 1996; Trava-Airoldi *et al.*, 2002). Alguns trabalhos têm relatado haver diferença no padrão de camada de esfregaço nos preparos

confeccionados com pontas diamantadas e CVD (Borges *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2002), relacionando-as a fatores como diminuição do grau de rugosidade das superfícies preparadas, formando superfícies uniformes, ausente de ranhuras e sulcos. Entretanto, este trabalho mostrou aspectos semelhantes entre os preparos executados com os dois tipos de instrumentos na dentina bovina, não apresentando diferenças em relação ao padrão de “smear layer” (Figura 9b e 9c) e rugosidade (Figura 10b e 10c), o que pode explicar a similaridade de valores de união encontrados para os dois grupos. Todavia, apesar de não apresentar diferenças estatisticamente significantes de μ TBS, as falhas coesivas evidenciadas na análise do padrão de fratura ocorreram, em maior parte, nos grupos CVDentus, subentendendo melhor força de união na interface de adesão (Pashley *et al.*, 1995b).

Muitos estudos relatam que os valores de resistência adesiva para dentina preparada com papel abrasivo (Dias *et al.*, 2004a; Ogata *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2006), protocolo padrão para ensaios laboratoriais, não simula adequadamente a forma como a dentina é preparada clinicamente (Pashley *et al.*, 1995b). E ainda, os valores de adesão diminuem quando a superfície dentinária é preparada com brocas, sendo a densidade de lama dentinária produzida nesses preparos, maior que aquela formada quando a dentina é desgastada por papel abrasivo (Dias *et al.*, 2004a). Ogata *et al.* (2001) mostraram que a resistência adesiva, mensurada por meio de ensaios de microtração, de sistemas adesivos auto-condicionantes à dentina preparadas com broca, foi menor do que os valores apresentados na dentina preparada com papel abrasivo de carbeto de silício (SiC) de granulação #600. Dados semelhante foram relatados em outro estudo no qual os métodos de preparo da dentina, com ponta diamantada de granulação fina ou papel abrasivo de SiC#600, influenciaram os valores de resistência adesiva para adesivo auto-condicionante de dois passos (Hosoya *et al.*, 2004).

Diferentemente dos resultados encontrados neste estudo, Dias *et al.* (2004a), testou μ TBS de sistemas adesivos à dentina humana preparada com papel abrasivo, instrumento rotatório diamantado e broca carbide, concluindo que os melhores valores foram para dentina preparada com broca carbide.

Entretanto, outro estudo avaliou esses mesmos tipos de instrumentos, relatando que a superfície da dentina preparada com broca carbide resultou em valores de μ TBS diminuídos para adesivo auto-condicionante de dois passos, porém não afetou a μ TBS para adesivo auto-condicionante de etapa única (Sadek *et al.*, 2005). Estes dados estão de acordo com os resultados deste estudo, no qual os valores de adesão foram menores para a dentina bovina preparada com broca carbide e adesivo convencional. Portanto, esta variabilidade de resultados demonstra a importância da padronização de substratos que estão sendo usados como parâmetro de referência de diferentes sistemas adesivos. Parece conveniente restringir a comparação entre diferentes resultados observando o método empregado no preparo do substrato dental para ensaios de μ TBS, a fim de estabelecer comparações entre diferentes estudos.

A segunda hipótese foi rejeitada, os achados deste estudo revelam que ao preparar a dentina bovina com mesmo tipo de instrumento, variando o tipo de sistema adesivo, os valores de μ TBS para adesivos auto-condicionantes foram sempre superiores aos dos adesivos convencionais. O padrão de camada híbrida formada em dentina bovina preparada e tratada com adesivos convencionais e auto-condicionantes se diferencia na medida em que o esfregaço é totalmente removido, ou torna-se parte integrante do procedimento adesivo (Kenshima *et al.*, 2006). Isto pode ser bem compreendido por meio da visualização da Figura 11c, no qual a camada híbrida é formada pela desmineralização da dentina e remoção total da lama dentinária, seguida da infiltração dos monômeros resinosos no interior dos túbulos dentinários formando, assim, tags. Esta característica não é observada para o grupo CfSB (Figuras 11a e 11b), mostrando camada híbrida pouca espessa. Entretanto a espessura da smear layer não interfere para difusão deste adesivo na dentina intacta subjacente (Tay *et al.*, 2000a; Tay *et al.*, 2000b; Tay, Pashley, 2001), embora acidez moderada deste material seja responsável pela incapacidade de total remoção do “smear plug” após sua aplicação (Frankenberger *et al.*, 2001).

Portanto, o sistema adesivo convencional age na dentina por meio da eliminação total da “smear layer” e “smear plug”, assim como desmineralização da dentina intertubular (Pashley, Carvalho, 1997; Frankenberger *et al.*, 2001; Van Meerbeek *et al.*, 1992; Van Meerbeek *et al.*, 1998), permitindo o primer, com monômeros hidrófilos, penetrar a dentina e volatilizar a água presente no interior dos túbulos dentinários, preparando a rede de fibrilas para interação com monômeros hidrófobos (Kenshima *et al.*, 2005). Eficiente inter-difusão pode ser garantida se todo remanescente de água na superfície da dentina for completamente eliminada e substituída pelos monômeros (Marshall *et al.*, 1997; Van Meerbeeck *et al.*, 2001). Por outro lado, os sistemas adesivos auto-condicionantes contém monômeros ácidos não-voláteis, que atuam por meio da desmineralização da dentina intertubular e remoção e/ou incorporação da “smear layer” na camada híbrida (Figura 10) (Van Meerbeeck *et al.*, 1992; Oliveira *et al.*, 2003; Tay, Pashley, 2001; Van Meerbeeck *et al.*, 1998). Elimina, por conseguinte, a etapa sensível de controle de umidade após lavagem e secagem da dentina, representando neste estudo valores mais altos de adesão para o substrato bovino. A figura 10 mostra a interação do primer auto-condicionante na dentina bovina e humana preparada pelos instrumentos de corte, sendo possível visualização de “smear layer” e “smear plug” hibridizadas.

A terceira e quarta hipóteses também foram aceitas, já que valores de resistência adesiva são diferentes entre dentes bovinos e humanos, preparados por diferentes tipos de instrumentos de corte e restaurados com diferentes sistemas adesivos. Os valores de μ TBS mensurados em dentina humana foram, em todos os casos, maiores que os valores obtidos em dentina bovina, independente do tipo de instrumento utilizado para o preparo e sistema adesivo. Os sistemas adesivos empregados no estudo comportaram-se de maneira distinta entre os dois substratos bovino e humano, podendo estar relacionado à variação da capacidade de penetração da resina no interior dos túbulos dentinários (Retief *et al.*, 1990), assim como a interação dos monômeros resinosos com o componente orgânico da dentina, supostamente diferente entre os dois substratos, já que resulta em padrão de camada híbrida diferente (Figura 14). Os dados deste estudo estão de acordo com Retief *et al.*

(1990), que por meio da análise dos valores de resistência de união entre um material adesivo à dentina humana e bovina, relataram valores significativamente maiores para dentina humana, afirmando que o uso de dentes bovinos em substituição a dentes humanos neste tipo de análise não é indicado. Entretanto, Reis et al. (2004) mostrou, em seu estudo, valores de μ TBS para esmalte e dentina em dentes humanos, bovinos e suínos similares.

Este resultado pode também estar relacionado ao diferente comportamento dos instrumentos de corte da estrutura dentária frente à diferente resistência do substrato bovino e humano, já que este apresenta maior resistência ao instrumento de corte do que a dentina bovina (Pinelli *et al.*, 2004). A Figura 13 mostra que quando a dentina bovina e humana foi preparada com BC e PD, estrias e ranhuras presentes nos preparos em ambos os substratos pôde ser visualizadas, com padrões característicos do instrumento utilizado, já que a primeira desgasta por meio da ação de suas lâminas de corte, enquanto a segunda pelo processo de abrasão (Dias *et al.*, 2004b), como já mencionado anteriormente. Porém, as lâminas de corte presentes nas brocas carbide podem ter influenciado negativamente o substrato bovino.

Durante a confecção das cavidades, a profundidade dos preparos foi padronizada à dentina de média profundidade. Porém, como os dentes bovinos coletados são normalmente oriundos de animais jovens, que atendem a necessidade de mercado de consumo de carne de animais precoces, possuíam dentina menos espessa e ampla câmara pulpar, ficando o preparo localizado entre dentina média e profunda. Entretanto, nos dentes humanos, a distância entre a dentina média à câmara pulpar era significativamente maior. Contudo, os túbulos dentinários são cones invertidos e alongados com seu menor diâmetro (0,8 μ m) na junção esmalte-dentina e o maior diâmetro (3,0 μ m) próximo à polpa. Consequentemente, a área aumentada da matriz de dentina intertubular na dentina superficial, associada com a menor permeabilidade, pode maximizar a formação da camada híbrida, resultando em alta μ TBS quando comparada com a profundidade da dentina (Costa *et al.*, 2000; Marshall *et al.*, 1997).

E ainda, Giannini *et al.* (2001) relatou que aumentando a densidade de túbulos dentinários à medida que se aprofunda a dentina, os valores de adesão dos sistemas adesivos convencionais diminuem, enquanto que para os adesivos auto-condicionantes os valores não se alteram, subtraindo serem os adesivos convencionais mais sensíveis à umidade presente na estrutura dentinária e mais dependentes da maior quantidade de dentina intertubular. Portanto, a interação dos monômeros resinosos à rede de fibrilas colágenas expostas pela desmineralização depende da capacidade de deslocamento da água pelos solventes presentes nos monômeros (Costa *et al.*, 2000). Se por um lado a secagem excessiva da dentina pode promover colapso das fibrilas, por outro, o molhamento em excesso não permite difusão dos monômeros no substrato (Abdalla, 2004). Todos estes fatores podem interferir na penetração da resina à dentina intertubular (Costa *et al.*, 2000), possibilitando a degradação da adesão (Hashimoto *et al.*, 2003).

Um pré-requisito para a substituição do dente humano por de outra origem em testes de adesão à dentina é que este apresente características de permeabilidade que se assemelhem ao substrato humano, relacionadas à perfusão e difusão de líquido através da dentina (Schmalz *et al.*, 2001). Entretanto, somente a dentina bovina próxima à junção cimento-esmalte parece apresentar estas características quanto à permeabilidade dentinária, semelhantes aos dentes humanos, de forma a serem alternativas adequadas para substituição dos mesmos (Schmalz *et al.*, 2001). A Figura 14 mostra o padrão da camada híbrida dos substratos bovinos e humanos restaurados com adesivo convencional, sendo possível visualização nos dentes humanos de camada mais espessa, o que não acontece na dentina bovina, provavelmente devido a umidade ter impedido a interação do colágeno com resina, prejudicando, assim, a adesão. Na dentina bovina, esta permeabilidade aumentada em camadas mais internas do dente pode ter prejudicado a interação dos monômeros, presentes no adesivo convencional, no interior dos túbulos dentinários, assim como também com a rede de fibrilas colágenas. Segundo Nakamichi *et al.* (1983), a resistência adesiva para dentina bovina é maior na camada superficial do que na dentina profunda, e somente dentina

superficial pode ser considerada substituta à dentes humanos no teste de adesão.

O ensaio de microtração utiliza amostras com pequenas áreas, desta forma, melhora a distribuição de tensões durante o teste, limitando estas tensões à área de interface adesiva, e com isto, diminui a ocorrência de fraturas coesivas em dentina (Pashley *et al.*, 1995b). Portanto, a análise do padrão de falha não demonstrou diferença, apesar da maior ocorrência de fraturas coesivas em dentina no grupo com média mais elevada de μ TBS (Grupo humano CB/SCMP). Os valores de resistência coesiva da dentina variam de acordo com a localização, sendo os maiores valores para dentina superficial e média, em consequência da área relativamente grande de dentina sólida na superfície (Giannini *et al.*, 2004), enquanto que os menores valores na dentina profunda são reflexos da densidade de túbulos, o que reduz a área de dentina intertubular, decisiva na formação da camada híbrida.

Os testes de microtração são dependentes de um grande número de variáveis. Entretanto, propriedades relacionadas à padronização de idade, densidade de túbulos dentinários e de dentina intertubular, permeabilidade, além das propriedades mecânicas da estrutura dentinária do substrato de escolha devem ser analisadas criteriosamente, a fim de predizer o seu correto emprego e facilitar os trabalhos laboratoriais. Desta forma, a padronização do preparo cavitário e a relação direta do sistema adesivo com o tipo de substrato empregado são fundamentais para a validação dos ensaios laboratoriais (Pashley *et al.*, 1995b).

CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

De acordo com a análise dos dados deste estudo, conclui-se que:

1. O uso de pontas diamantadas e CVDentus para o preparo do substrato bovino resultou em maiores valores de união do que as brocas carbide no teste de microtração;
2. O adesivo auto-condicionante proporcionou valores de união significativamente superiores ao convencional na dentina bovina;
3. Para a dentina bovina, valores significativamente maiores de μ TBS foram obtidos com ponta diamantada em relação a broca carbide, e esses instrumentos rotatórios apresentaram influência apenas para a dentina bovina, não sendo fator de influência para dentina humana.
4. A dentina bovina apresentou valores de união significativamente maiores quando associado ao adesivo auto-condicionante Clearfil SE-Bond, enquanto na dentina humana os dois adesivos testados apresentaram valores semelhantes independente do instrumento rotatório empregado.
5. O tipo de instrumento de corte e tipo de sistema adesivo pode afetar os valores de união de maneira diferente entre substrato bovino e humano.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

1. Abdalla AI. Microtensile and tensile bond strength of single-bottle adhesives: a new test method. **J Oral Rehabil** 2004;31:379-84.
2. Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. **J Prosthet Dent** 2001;85:67-72.
3. Borges CFM, Magne P, Pfender E, Herbelein J. Dental diamond burs made with a new technology. **J Prosthet Dent** 1999;82:73-9.
4. Costa CAS, Hebling J, Hanksc CT. Current status of pulp capping with dentin adhesive systems: a review. **Dent Mater** 2000;16:188–97.
5. De Munck J, Landuyt KV, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerebeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods end results. **J Dent Res** 2005;84:118-32.
6. Dias WRL, Pereira PNR, Swift Jr EJ. Effect of bur on microtensile bond strengths of self-etching systems to human dentin. **J Adhes Dent** 2004a;6:195-203.
7. Dias WRL, Pereira PNR, Swift Jr EJ. Effect of surface preparation on microtensile bond strengths of three adhesive systems to bovine enamel. **J Adhes Dent** 2004b;6:279-85.
8. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. **J Dent Res** 1970;49:1359-68.
9. Frankenberger R, Perdigão J, Rosa BT, Lopes. No-bottle vs multi-bottle dentin adhesives – a microtensile bond strength and morphological study. **Dent Mater** 2001;17:373-80.
10. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentin. **J Adhes Dent** 2001;3:315-24.
11. Giannini M, Soares CJ, Carvalho RM. Ultimate tensile strength of tooth structures. **Dent Mater** 2004;20:322-9.

12. Goracci C, Sadek FT, Mnticelli F, Cardoso PEC, Ferrari M. Influence of substrate, shape and thickness on microtensile specimens' structural integrity and their measured bond strengths. **Dent Mater** 2004;20:643-54.
13. Haller B. Recent developments in dentin bonding. **Am J Dent** 2000;13:44-50.
14. Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. **Biomaterials** 2003;24:3795-803.
15. Heymann HO, Bayne SC. Current concepts in dentin bonding: focusing on dentinal adhesion factors. **J Am Dent Assoc** 1993;124:26-36.
16. Hosoya Y, Shinkawa H, Suefiji C, Nozaka K, Garcia-Godoy F. Effects of diamond bur particle size on dentin bond strength. **Am J Adhes Dent** 2004;17:359-64.
17. Jacques P, Hebling J. Effect of dentin conditioner on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. **Dent Mater** 2005;21:103-9.
18. Kenshima S, Reis A, Uceda-Gome N, Tancredo LLF, Rodrigues Filho LE, Nogueira FN, Loguercio AD. Effect of smear layer thickness and ph of self0etching adhesive systems on the bond strength and gap formation to dentin. **J Adhes Dent** 2005;7:117-26.
19. Kenshima S, Francci C, Reis A, Loguercio AD, Rodrigues-Filho LE. Conditioning effect on dentin, resin tags and hybrid layer of different acidity self-etch adhesives applied to thick and thin smear layer. **J Dent** 2006;34:775-83.
20. Koase K, Inoue S, Noda M, Tanaka T, Kawamoto C, Takahashi A, Nakaoki Y, Sano H. Effect of bur-cut dentin on bond strength using two all-in-one and one two-step adhesive systems. **J Adhes Dent** 2004;6:97-104.
21. Lima LM, Motisuki C, Santos-Pinto L, Santos-Pinto A. Cutting characteristics of dental diamond burs made with CVD technology. **Braz Oral Res** 2006;20:155-61
22. Marshall GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. **J Dent** 1997;25: 441-58.

23. Matos AB, Saraceni CHC, Matson E, Carvalho RCR, Pinto Jr DS. Estudo in vitro de diversos agentes utilizados para limpeza de superfície dentinária. **RPG** 1995;2: 37-44.
24. May PW. Diamond thin films: a 21st-century material. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A.* 2000; 358: 473-495. Disponível em URL: <http://www.chm.bris.ac.uk> [2004 nov. 14].
25. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitute in the adhesion test. **J Dent Res** 1983;62:1076-81.
26. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Pereira PNR, Tagami J. Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. **Oper Dent** 2001;26:375-82.
27. Oliveira SSA, Pugach MK, Hilton JF, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall Jr GW. The influence of the smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. **Dent Mater** 2003;19:758-67.
28. Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. **J Prost Dent** 1991;66(6):777-81.
29. Pashley DH et. al. Bond strength versus dentine structure: a modelling approach. **Archs Oral Biol** 1995a;40(12):1109 -18.
30. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. **Dent Mater** 1995b;11:117-25.
31. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentin adhesion. **J Dent** 1997; 25: 355-72.
32. Pereira PN, Okuda M, Sano H, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. **Dent Mater** 1999;15:46-53.
33. Pinelli LAP, Marecilo CC, Pita APG, Silva RHBT, Guaglianoni DG. Photomicrographic study of diamond burs grinding in different substrates. **Cienc Odontol Bras** 2004;7:60-6.
34. Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SRP. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine and porcine teeth. **J Adhes Dent** 2004;6:117-21.

35. Retief DH, Mandras RS, Russel CM, Denys FR. Extracted human versus bovine teeth in laboratory studies. **Am J Dent** 1990;3:253-8.
36. Rocha PI, Borges AB, Rodrigues JR, Arrais CAG, Giannini M. Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesive systems. **Braz Oral Res** 2006;20:52-8.
37. Sadek FT, Cury AH, Monticelli F, Ferrari M, Cardoso PEC. The influence of the cutting speed on bond strength and integrity of microtensile specimens. **Dent Mater** 2005;21:1144-9.
38. Sano H, ... Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – evaluation of a micro-tensile bond test. **Dent Mater** 1994;10:236-240.
39. Schmalz G, Hiller K, Nunez LJ, Stoll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. **J Endod** 2001;23-30.
40. Sein H, Ahmed W, Jackson M, Ali N, Gracio J. Stress distribution in diamond films grown on cemented WC-Co dental burs using modified hot-filament CVD. **Surf Coat Technol** 2003;163-4.
41. Silva AP, Menezes MM, Araújo RM. Influência da Limpeza e Esterilização sobre a Capacidade de Desgaste de Pontas Diamantadas. **J Bras Clin** 2002;6:239-45.
42. Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH. Effect os smear layer on the bonding of a self-etching primer to dentin. **J Adhes Dent** 2000a;2:99-116.
43. Tay FR, Sano H, Carvalho R, Pashley EL, Pashley DH. An ultrastructural stdy of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding intact dentin. **J Adhes Dent** 2000b;2:83-9.
44. Tay FR, Pashley DH. Agressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. **Dent Mater** 2001;17:296-308.
45. Trava-Airoldi VJ, Corat EV, Santos LV, Diniz AV, Moro JR, Leite NF. Very adherent CVD diamond film on modified molybdenum surface. **Diamond Relat Mater** 2002;11:532-5.

46. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. **J Dent Res** 1992;71:1530-40.
47. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesive. **J Dent** 1998;26:1-10.
48. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P, Vanherle G. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. **Oper Dent** 2001;26:119-44.
49. Yazici A, Ozgunaltay G, Dayangaç B. A scanning electron microscopic study of different caries removal techniques on human dentin. **Oper Dent** 2002;27:360-6.