

Adesivos dentinários

Dentin-bonding agents

Gislaine Cristine MARTINS¹
Ana Paula Gebert de Oliveira FRANCO²
Eloísa de Paula GODOY²
Daniel Rodrigo MALUF²
João Carlos GOMES²
Osnara Maria Mongruel GOMES²

RESUMO

Novos materiais restauradores têm sido desenvolvidos para cumprir não apenas as exigências funcionais, mas também estéticas. Nos últimos anos, uma gama enorme destes novos materiais tem surgido no mercado odontológico, entre eles, diversos sistemas adesivos e diferentes técnicas operatórias para cada um deles. Portanto, torna-se imprescindível que o profissional tenha conhecimento das propriedades, características, bem como da associação desses materiais com as estruturas dentárias, para selecioná-los e utilizá-los de forma correta. Deve-se utilizar os sistemas adesivos convencionais ou os autocondicionantes? Esse questionamento incentivou a realização desta revisão de literatura, visando comparar os sistemas adesivos convencionais com os autocondicionantes e buscar dados científicos que auxiliem na escolha do sistema adesivo. Os sistemas adesivos autocondicionantes, quando comparados aos convencionais, demonstram uma menor sensibilidade técnica, especialmente em relação aos erros que o operador possa cometer. Os sistemas adesivos autocondicionantes, especialmente os de dois passos, têm mostrado valores equivalentes de resistência adesiva, infiltração marginal e desempenho; portanto, passam a ser uma opção em restaurações adesivas diretas em dentes posteriores.

Termos de indexação: adesivos dentinários; resistência à tração; resinas compostas.

ABSTRACT

New dental restorative materials have been developed to meet not only the functional demands, but esthetics as well, and in the last few years an enormous range of new materials has appeared for use in dentistry. Among them, several adhesive systems, and different operative techniques for each group materials. Therefore, is indispensable for the professional to know about the properties, characteristics, and association of these materials with the dental structures, in order to select and use them correctly. Should conventional self-etching adhesive systems be used? This question encouraged this literature review to be conducted, with the aim of comparing the conventional adhesive systems with the self-etching systems and to look for scientific data that would help professionals to choose which adhesive system to use. When compared to conventional systems, it was noted that the self-etching systems show less sensitivity to technique, especially as regards errors the operator could commit. The self-etching systems, particularly the 2-step type, have shown equivalent values of bond strength, marginal microleakage and performance, therefore, will be an option for direct composite resin restorations in posterior teeth.

Indexing terms: dentin-bonding agents; tensile strength; composite resins.

INTRODUÇÃO

Os materiais restauradores têm sido aprimorados para cumprir as exigências funcionais e estéticas e, nos últimos anos, a variedade de materiais no mercado odontológico está cada vez maior. Para a longevidade dos procedimentos restauradores é necessária uma união efetiva entre os materiais restauradores e a estrutura dentária. Um dos maiores problemas da dentística restauradora foi a falta de adesão dos materiais restauradores, que começou a ser sanada com a introdução da técnica de condicionamento ácido do esmalte por Buonocore¹, em 1955, que levou ao início da Odontologia Adesiva.

Odontologia Adesiva remete ao uso de materiais que permitam uma adesão com as estruturas dentárias. A união de materiais restauradores com as estruturas dentárias ainda é motivo de pesquisa, pois a falta de adesão pode incorrer em diversos problemas, tais como infiltração marginal, sensibilidade pós-operatória, entre outros.

A adesão na dentina é mais difícil que no esmalte devido à sua composição orgânica e umidade contida nos túbulos dentinários². A dentina é composta por componentes hídricos com morfologia distinta e variável. No mecanismo de adesão à dentina, a retenção micro-mecânica é considerada um dos fatores mais importantes, e isso ocorre quando os monômeros hidrófilos que compõem os adesivos dentinários

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa, Faculdade de Odontologia. Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Campus Uvaranas, Ponta Grossa, PR, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: GC MARTINS (gislainecm@bol.com).

² Universidade Estadual de Ponta Grossa, Faculdade de Odontologia. Ponta Grossa, PR, Brasil.

atuais interpenetram a teia de fibras colágenas expostas, formando uma estrutura mista com fibras envolvidas por resina e cristais de hidroxiapatita.

Sistemas adesivos convencionais de três passos podem produzir altas forças de união resina/dentina, porém alguns fatores podem influenciar o desempenho de união, por exemplo, o condicionamento ácido em excesso. Além disso, há um risco de colapso de colágeno durante a secagem com ar após o condicionamento ácido, e o controle da umidade pode ser crítico ao usar os sistemas adesivos convencionais. Visando simplificar os procedimentos clínicos, os fabricantes lançaram os sistemas adesivos, que combinam o *primer* e o adesivo em um único passo e, posteriormente, os sistemas adesivos *self-etching*, nos quais a hibridização ocorre simultaneamente ao condicionamento ácido, ou seja, em um único passo³.

Surgiu uma gama enorme de novos sistemas adesivos e técnicas operatórias diferentes para cada grupo de materiais, o que torna um desafio para os profissionais escolher um sistema adesivo para uso rotineiro na clínica. Portanto, é imprescindível que o profissional tenha conhecimento das propriedades químicas e físicas, das características, bem como da associação desses materiais com as estruturas dentárias, para selecioná-los e utilizá-los de forma correta. Isso incentivou a realização desta revisão de literatura, visando comparar os sistemas adesivos convencionais com os sistemas autocondicionantes, abordando fundamentos científicos que auxiliem na seleção racional dos sistemas adesivos.

Buonocore¹ observou o uso de ácido para melhorar a adesão de tintas e resinas a superfícies metálicas no âmbito industrial e, com esse conhecimento, vislumbrou a possibilidade de melhorar a união entre a resina acrílica e a estrutura dental testando dois ácidos: ácido fosfomolibdato oxálico a 50% e ácido fosfórico a 85% misturado com ácido oxálico a 10%. Além do tratamento com ácido fosfórico ter oferecido melhores resultados, apresentou maior simplicidade de uso, favorecendo a união de agentes resinosos ao esmalte de dentes extraídos para torná-los mais receptivos à adesão. Seus experimentos modificaram os conceitos de preparo cavitário, prevenção e estética na odontologia, pois permitiram a adesão dos materiais restauradores às superfícies dentárias.

Brudevold et al.⁴ mencionaram que materiais restauradores capazes de se unir à estrutura dentária podem oferecer muitas vantagens, se comparados aos materiais que necessitam de retenção mecânica. As formas de resistência e retenção dos preparos cavitários podem ser menos críticas;

entretanto, para alcançar tais vantagens, os pesquisadores buscam desenvolver um material adesivo adequado para as diferentes estruturas de esmalte e dentina.

Nakabayashi et al.⁵ descreveram a camada híbrida como uma combinação resultante da dentina e polímero que pode ser definida como a impregnação de um monômero à superfície dentinária desmineralizada, formando uma camada ácido-resistente de dentina reforçada por resina.

Eick et al.⁶ citaram que os estudos da década de 1970 foram esquecidos por causa do sistema de adesão ao esmalte existente na época. Na década de 1980, devido a ocorrências de sensibilidade pós-operatória em dentes posteriores que passaram a ser significativas, começou-se a investigar quais seriam as possíveis causas dessa sensibilidade. Os autores explicaram que se os túbulos dentinários expostos pelo condicionamento ácido não forem protegidos pelo sistema adesivo, isto pode ocasionar sensibilidade pós-operatória; além disso, a contração de polimerização das resinas era suficiente para romper o adesivo e contribuir com a sensibilidade.

Nakabayashi et al.⁷ relataram que o mecanismo de adesão à dentina ocorre após realização de um pré-tratamento do substrato dentinário com substância ácida (ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%) por 10 a 30 segundos, para remover totalmente a *smear layer*, ou seja, trata-se de um mecanismo micromecânico no qual ocorre a impregnação e a polimerização dos monômeros nas fibras colágenas expostas pelo envolvimento das fibras colágenas com resina, por meio de desmineralização superficial da dentina, criando assim a camada híbrida. A camada híbrida é uma zona de transição entre a resina polimerizada e o substrato dentinário, formada por uma mistura de componentes dentinários, monômeros resinosos e resina polimerizada ao nível molecular.

Gonçalves et al.⁸ relataram que a união das resinas compostas às estruturas dentárias é realizada por meio da associação de sistemas adesivos. Essa união dá origem, portanto, a uma interface dente/restauração. O sucesso clínico das restaurações depende da efetividade e durabilidade dessa interface de união. Desta forma, é necessário um conhecimento mais profundo sobre as estruturas dentárias, especialmente a dentina, para que os sistemas adesivos desenvolvidos tenham propriedades compatíveis com as mesmas.

Demarco et al.⁹ mencionaram que um aumento da força de união de adesivos dentinários foi obtido a cada nova geração de sistemas adesivos.

Phrukkanon et al.¹⁰ citaram que a adesão à estrutura do esmalte não é crítica como na dentina, pois os componentes estruturais e propriedades da dentina podem afetar diretamente

a adesão. Suas pesquisas mostraram que as forças de união em dentina profunda são mais baixas que para dentina superficial. Dependendo do local da dentina e orientação dos túbulos, a união é afetada. A penetração do *primer* e do adesivo pode ser afetada pelas diferentes localizações da dentina e modificações das propriedades nas diferentes partes do dente. Os fatores biológicos e clínicos, como dentina esclerosada e permeabilidade da dentina, também podem afetar a adesão dentinária.

Al-Ehaideb & Mohammed² explicaram que na dentina a adesão é mais difícil, devido à sua composição orgânica e pela umidade contida nos túbulos dentinários.

Bouillaguet et al.³ relataram que a dentina é composta por componentes hídricos com morfologia distinta e variável.

Ayad¹¹ afirmou que a dentina peritubular é rica em hidroxiapatita e a intertubular é composta por matriz colágena e cristais de apatita reforçada. Nas técnicas de adesão, a permeabilidade da dentina é de grande importância. Entretanto, a penetração do adesivo na dentina intertubular somente ocorre quando a *smear layer* é removida por ácidos. A adesão à dentina ocorre quando a resina penetra na superfície da dentina formando uma camada híbrida e, para ocorrer o mecanismo de adesão, uma retenção micro-mecânica é considerada importante.

Tam et al.¹² relataram que o mecanismo de união da interface dentina-resina mediado pelo uso de um adesivo dentinário é baseado na formação de uma zona de interface infiltrada por resina. A formação dessa zona requer geralmente o desenvolvimento de passos individuais ou combinados: a) passo de condicionamento ácido; b) aplicação de *primers*; e c) aplicação de um adesivo de baixa viscosidade. Antes do procedimento adesivo propriamente dito, realiza-se um condicionamento ácido das estruturas dentárias. Diferentes ácidos são recomendados para condicionar a dentina e facilitar a penetração do adesivo.

Tay et al.¹³ relataram que estão disponíveis sistemas adesivos de três-passos, dois-passos e sistemas de passo único, que dependem dos três passos cardiais (condicionamento ácido, *primer* e adesivo com componentes resinosos hidrofílicos ou hidrofóbicos), que posteriormente são aplicados ao substrato dentário. Os sistemas de dois passos são subdivididos em adesivos *self-priming*, que requerem o passo de condicionamento ácido separado, e *self-etching primers*, que requerem o passo adesivo separado. Recentemente, foram introduzidos os adesivos *all-in-one*, combinando os três pontos cardiais em um passo único de aplicação.

Cardoso & Sadek¹⁴ destacaram que, nos últimos anos, foi dado um grande passo com a introdução de sistemas adesivos *self-etch*. Estes adesivos contêm monômeros ácidos

que desmineralizam as estruturas dentais e permitem ao *primer* penetrar ao mesmo tempo nesta estrutura, sem precisar lavar após o condicionamento ácido. Teoricamente, isso simplifica a técnica e também melhora o selamento marginal da restauração, desde que o monômero resinoso penetre profundamente e ao mesmo tempo em que ocorre a desmineralização da estrutura dental.

Miyazaki et al.¹⁵ enfatizaram que a qualidade da camada híbrida formada é mais importante que a sua espessura. A força e a durabilidade de união entre a restauração de resina e o dente são necessárias para prevenir a microinfiltração e a formação de *gap*.

Reis et al.¹⁶ referiram que, para ocorrer uma boa adesão, é necessária a desmineralização da dentina e a exposição da rede de fibras colágenas. Quando essa dentina é desidratada, no entanto, pode ocorrer um colapso das fibras colágenas, diminuindo a penetração dos monômeros e também a adesão. É requerida umidade na dentina para que os sistemas adesivos com condicionamento ácido tenham efeito; entretanto, é difícil saber o quão úmida essa dentina deve ficar, principalmente quando se usam solventes diferentes. Cada sistema adesivo exige uma umidade; os solventes mais usados são à base de álcool, acetona e água.

Carvalho & Turbino¹⁷ relataram que o aprimoramento dos materiais odontológicos visa contribuir para um melhor desempenho clínico. Por isso, é necessário que o cirurgião-dentista conheça as características e propriedades inerentes a esses materiais para selecioná-los criteriosamente e adequadamente.

DISCUSSÃO

A união das resinas compostas às estruturas dentárias é realizada por meio da associação de sistemas adesivos, e essa união dá origem a uma interface dente/restauração. O sucesso clínico das restaurações depende da efetividade e durabilidade dessa interface de união. Desta forma, é necessário um conhecimento mais profundo sobre as estruturas dentárias, especialmente da dentina, para que os sistemas adesivos desenvolvidos tenham propriedades compatíveis com as estruturas dentárias⁸.

A adesão da resina no esmalte é a mais favorável, pois, quando o esmalte é condicionado, retenções são criadas e o adesivo penetra nessas retenções, aderindo mecanicamente. A resina une-se quimicamente ao adesivo; esta adesão é mais sólida e apresenta mínima microinfiltração marginal. Entretanto, na dentina a adesão é mais difícil

devido à sua composição orgânica e à umidade contida nos túbulos². A adesão à estrutura do esmalte não é crítica como na dentina, pois os componentes estruturais e propriedades desta podem afetar diretamente a adesão. Pesquisas mostram que as forças de união em dentina profunda são mais baixas que em dentina superficial. Dependendo do local da dentina e orientação dos túbulos, a união é afetada¹⁰. Contudo, um aumento da força de união de adesivos dentinários foi obtido a cada geração⁹.

Nos sistemas adesivos convencionais realiza-se um condicionamento ácido das estruturas dentárias antes do procedimento adesivo propriamente dito¹⁴. O ácido condiciona a dentina formando uma união por penetração do monômero adesivo e da resina, por meio da exposição das fibras colágenas, obtendo uma zona de dentina desmineralizada¹⁸. Portanto, tais sistemas são capazes de promover retenções micromecânicas entre o colágeno dentinário, o sistema adesivo e a resina, formando a camada híbrida ou zona de interdifusão dentina/resina^{10,19}.

A penetração do *primer* e do adesivo pode ser afetada pela morfologia do tecido dentário nas diferentes localizações da dentina. Os fatores biológicos e clínicos, como dentina esclerosada e permeabilidade de dentina, também podem afetar a adesão dentinária¹⁰. Portanto, existem alguns inconvenientes relacionados a esta técnica, uma vez que a água deve ser removida, mas o substrato não pode ser seco para evitar o colapso das fibras de colágeno, o que dificultaria a penetração do adesivo¹⁶. Em contrapartida, umidade em excesso poderia alterar a composição do adesivo ou até mesmo a ação de seus componentes. Desta forma, a técnica adesiva que usa ácido fosfórico como condicionador de superfície exige um maior número de passos clínicos, um tempo de aplicação mais longo e, portanto, aumenta a probabilidade de erros. Além disso, a maior inconveniência informada na literatura é a ocorrência de sensibilidade pós-operatória relacionada à falta de selamento marginal e à incompleta penetração do adesivo na dentina desmineralizada¹⁴.

Os estudos da década de 1970 foram esquecidos devido ao sistema de adesão ao esmalte existente na época. Na década de 1980, face à presença de sensibilidade pós-operatória nos procedimentos restauradores realizados em dentes posteriores, iniciaram-se investigações para verificar as possíveis causas. Foi encontrado que nenhum adesivo era efetivo para proteger os túbulos dentinários após condicionamento ácido. Além disso, a contração de polimerização das resinas era suficiente para romper o adesivo e contribuir para a sensibilidade⁶.

O mecanismo de união da interface dentina/resina, de acordo com Tam & Pilliar²⁰, é mediado pelo uso de um adesivo dentinário e pela formação de uma zona de interface infiltrada por resina. Essa zona, segundo Nakabayashi et al.⁵, foi chamada de camada híbrida.

Estudos têm sido realizados visando entender o processo de hibridização, pois acredita-se que a camada híbrida é o mais efetivo mecanismo de adesão dentinária. A formação de zona da interface dentina/resina composta é resistente à fratura e à microinfiltração marginal, sendo fundamental para os procedimentos restauradores adesivos, motivo pelo qual muita atenção tem sido dada para o desenvolvimento de uma camada híbrida²⁰.

Estudos morfológicos mostram que a resistência adesiva e a habilidade de selamento dos sistemas adesivos não estão relacionados à espessura da camada híbrida, mas sim à qualidade do substrato dentinário. Muito se tem questionado sobre as propriedades físicas e mecânicas dessa camada. Se a superfície dentinária fosse completamente desmineralizada e se ocorresse completa penetração do monômero, a camada híbrida consistiria de aproximadamente 70% de resina e 30% de fibras colágenas. As propriedades mecânicas do adesivo resinoso na camada híbrida deveriam promover uma união durável¹⁵.

Nakabayashi et al.⁵ descreveram que a camada híbrida pode ser produzida acidificando a dentina antes do *primer* e do adesivo na superfície de dentina. A acidificação da dentina é necessária para remover a *smear layer* e expor fibras colágenas da matriz de dentina. Durante o uso do *primer*, monômeros hidrófilos se difundem pela dentina desmineralizada, estabilizam e hidratam a rede de colágeno e deslocam água com a polimerização dos monômeros. Então, o adesivo é aplicado e polimerizado.

Dependendo da composição química, os sistemas adesivos podem ser classificados em convencionais, adesivos de um passo ou *self-etch*.

Os sistemas adesivos dentinários convencionais, de acordo com Wang & Spencer¹⁸, são aqueles que utilizam o condicionamento ácido, seguido pela aplicação do *primer* e do adesivo. Esses sistemas são capazes de promover retenções micromecânicas entre o colágeno dentinário, o monômero adesivo e a resina, formando a camada híbrida ou zona de interdifusão dentina/resina^{10,19}.

Nakabayashi et al.⁵ afirmaram que os sistemas adesivos convencionais (três passos) podem produzir altas forças de adesão resina/dentina, mas relatos mostram que alguns fatores podem influenciar o seu desempenho. Um

condicionamento ácido excessivo na dentina produz uma fraca união porque as fibras colágenas desmineralizadas não são saturadas completamente pela resina.

Miyazaki et al.¹⁵ explicaram que a existência de uma camada de colágeno descalcificada e não impregnada por resina como base da camada híbrida pode fragilizar a união dentina/resina. A presença de água intrinsecamente na dentina e solventes como o etanol e a acetona no adesivo pode afetar a polimerização dos componentes resinosos na camada híbrida.

Os fabricantes substituíram os sistemas convencionais por sistemas de um passo. Esses adesivos, conforme Bouillaguet et al.³, Spencer et al.²¹, Wieliczka et al.²² e Van Landuyt et al.²³, contêm *primers* autocondicionantes nos quais a hibridização ocorre paralela ao condicionamento; portanto, condicionam e preparam a superfície dentinária simultaneamente, em um único passo. Al-Ehaideb & Mohammed² elucidaram que esses adesivos contêm monômeros hidrofílicos que molham e penetram nos túbulos dentinários.

Os adesivos autocondicionantes (*self-etching*) aderem-se à dentina por meio da smear layer. Eles podem ser classificados como *primers* autocondicionantes de dois passos e adesivos all-in-one de passo único. Desta forma, quando são utilizados os adesivos autocondicionantes, não há a necessidade de condicionar, lavar e secar, eliminando o risco de sobrecondicionar e umedecer excessivamente a dentina. O conceito de sistemas adesivos autocondicionantes começou há dez anos, com a introdução de produtos comerciais como o Scotchbond 2 (2,5% ácido maléico em 55% hidroxietil metacrilato (HEMA)/água), Syntac (4% ácido maléico em 25% trietilenoglicol metacrilato (TEGDMA)/água) e Prisma Bond 3 Universal (6% dipenta erythritol (PENTA) / em 30% HEMA)²⁴.

Bouillaguet et al.³ reforçam a importância da formação da camada híbrida. Relatam que os adesivos convencionais produzem uma grande adesão que pode ser influenciada por alguns fatores; por exemplo, o excesso de condicionamento ácido e a não impregnação completa dos monômeros na rede de fibras colágenas faz com que seja menor a adesão. Há um risco de ocorrer colapso das fibras colágenas após uma secagem da dentina; o controle dessa umidade é bem crítico. Os adesivos de um passo foram fabricados para simplificar a técnica e melhorar a adesão, mas recentes estudos mostram que a hibridização é mais fraca. Os autores realizaram um estudo para avaliar a resistência de união em dentina de dentes bovinos usando dois adesivos convencionais, quatro adesivos de um passo e dois adesivos autocondicionantes. Os adesivos convencionais testados de

três passos obtiveram melhores resultados de adesão, entre 22 e 32MPa; os adesivos autocondicionantes obtiveram resultados entre 13 e 18MPa; e os adesivos autocondicionantes de um passo obtiveram resultados entre 9 e 18MPa.

Os produtos com *primers self-etching* merecem atenção porque suas propriedades não são largamente estudadas e não têm efetiva comprovação na comunidade científica¹⁴; entretanto, os adesivos autocondicionantes estão sendo recomendados para reduzir a sensibilidade da técnica e adicionar eficiência clínica, diminuindo o tempo de trabalho e mostrando-se satisfatórios. As dificuldades técnicas, como dentina desidratada ou úmida e incompleta interpenetração do adesivo, são prevenidas. O problema dos adesivos autocondicionantes está no esmalte: como eles possuem ácidos fracos em sua composição (pH próximo de 2 ou +), não há um efeito satisfatório na adesão. Alguns fabricantes recomendam usar ácido fosfórico previamente no esmalte. Na literatura não existe um consenso sobre o uso de adesivos autocondicionantes. Alguns autores dizem que estes têm um baixo efeito no esmalte e outros dizem que o efeito é próximo ao de adesivos de frasco único, ou seja, aqueles que necessitam de condicionamento ácido prévio²³.

Yoshiyama et al.²⁵ relataram que a simplicidade do procedimento de aplicação é uma vantagem. Além disso, destacaram que os adesivos autocondicionantes e *autoprimering* têm sido desenvolvidos pelo aumento da porcentagem de monômero ácido adesivo de 5 a 6% para 20%. A dissolução do monômero ácido em HEMA resultou em um número importante de vantagens para os adesivos autocondicionantes e *autoprimering*. Uma única aplicação da solução é requerida simultaneamente para o esmalte e para a dentina; além disso, as soluções ácido e primer são aplicadas sobre a superfície ao mesmo tempo.

Tay et al.¹³ avaliaram nove sistemas adesivos, sendo um de três passos (controle) e seis de passo único. Alguns foram aplicados à dentina hidratada e outros à dentina desidratada; posteriormente, os dentes foram submetidos ao teste de micro-tração e suas resistências adesivas foram avaliadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM). Nos adesivos aplicados sobre a dentina hidratada, o sistema adesivo de três passos comportou-se de maneira adequada, enquanto houve redução da resistência nos adesivos de passo único. Na dentina desidratada não ocorreram efeitos adversos, no entanto, durante o processo de fotoativação, houve a formação de espaços vazios, glóbulos de resina e bolhas ao longo das interfaces resina-adesivo. Por esse motivo, os autores afirmaram que as camadas de adesivos de

passo único podem agir como membranas semipermeáveis que permitem a difusão de água para a dentina hidratada na zona intermediária entre o adesivo e a resina não polimerizada.

Reis et al.¹⁶ afirmam que a desmineralização da dentina e a exposição da rede de fibras colágenas é necessária para uma boa adesão, mas quando essa dentina é desidratada as fibras colágenas colapsam, diminuindo a penetração dos monômeros e a adesão. É requerida umidade na dentina para que os sistemas adesivos com condicionamento ácido tenham efeito, mas é difícil saber quão úmida essa dentina deve ficar, principalmente quando se usam solventes diferentes, pois cada sistema adesivo exige uma umidade. Esses autores realizaram um estudo com objetivo de comparar a umidade de superfície da dentina e a durabilidade da adesão usando os três tipos de solventes em umidades dentinárias diferentes. Foram utilizados três adesivos: Single Bond (3M ESPE, St. Paul, USA) com etanol e água, One Step (Bisco, Schaumburg, USA) com acetona e Syntac Single Component (Vivadent, São Paulo, Brasil) com água. Cinquenta e cinco terceiros molares humanos foram limpos e acondicionados por seis meses em água destilada. A dentina foi exposta e padronizada. Os dentes foram condicionados com ácido fosfórico a 37%, lavados por 20 segundos e secos por 10 segundos. Foram separados em três grupos: um com pouca umidade, outro com média umidade e outro com dentina úmida. Em cada grupo foram aplicados os três adesivos e a restauração foi feita com Filtek Z250 (3M ESPE, Sumaré, Brasil) com espessura de 1mm. Depois de 24 horas, foram retirados da água destilada e seccionados para observação no teste de tração. Os autores observaram efeitos significativos no resultado da umidade nos materiais. Quando foi utilizado adesivo com etanol e água, melhores resultados foram obtidos, se comparado com o grupo de dentes sem umidade e com média umidade. No grupo em que a dentina estava mais úmida, o adesivo com acetona obteve melhor resultado.

Al-Ehaideb e Mohammed² avaliaram a adesão entre adesivos de um passo na dentina: o Bond One (Jeneric Pentron Inc., Wallingford, USA), One Step (Bisco, Schaumburg, USA), Prime & Bond (Caulk/Dentsply, York, USA), Single Bond (3M ESPE, St. Paul, USA), Tenure Quick (DentMat, Santa Maria, USA) e o Tenure All Surface Bonding (Tenure ABS, DentMat, Santa Maria, USA). Foram selecionados 72 molares sem cárie, cortados na sua porção coronal acima da junção amelodentinária e abaixo da oclusal, para observar a força de adesão e o tipo de falha entre os adesivos. O adesivo que obteve melhores resultados na força de adesão foi o One Step (Bisco, Schaumburg, USA), com média de 22,51MPa, e

o que teve menor força de adesão foi o Tenure All Surface Bonding (Tenure All Surface Bonding), com 15,06MPa. A ocorrência das falhas nos sistemas adesivos foi de 80% na interface adesivo/dentina. Poucas falhas ocorreram de forma mista, ou seja, parte do adesivo desgrudou-se da dentina e a outra parte ficou aderida.

O estudo de Sano et al.²⁶ avaliou o caminho da infiltração, dentro da camada híbrida, de quatro sistemas adesivos em cavidades de classe V de dentes extraídos. Os adesivos testados foram: All-Bond 2 (Bisco, Schaumburg, USA) 10% ácido fosfórico + primer 2% NTG-GMA, 10% BPDm e acetona + adesivo resinoso, Superbond C&B (Sun Medical, Japão) 10% ácido cítrico e cloreto ferroso sem primer + adesivo resinoso, Scotchbond Multi-Purpose (3M ESPE, St. Paul, USA) ácido maléico + primer HEMA, polialcenoato, copolímero e água + adesivo resinoso, Clearfil Liner Bond System (Kuraray Medical Inc. Kurashiki, Japan) 10% ácido cítrico + 20% CaCl₂ + primer 3% NMSA e etanol + adesivo resinoso + liner = resina de baixa viscosidade e KB-200 (Kuraray Co. Osaka, Japan) *self-etching* primer + adesivo resinoso + liner = PMF, Bis-GMA e microfilamento. As camadas híbridas foram observadas por MEV. Os resultados obtidos foram do maior para o menor índice de microinfiltração: All-Bond 2 > Superbond C&B (Sun Medical, Japão) > Scotchbond Multi-Purpose (3M ESPE, St. Paul, USA) > Clearfil Liner Bond System (Kuraray Medical Inc. Kurashiki, Japan) > KB-200 (Kuraray Co. Osaka, Japan), sugerindo que os adesivos de passo único podem criar margens livres de *gap*. No entanto, todos os sistemas adesivos demonstraram, em maior ou menor grau, a formação de uma zona porosa e não uniforme na camada híbrida onde ocorreu a infiltração do nitrato de prata, indicando ocorrência da infiltração do fluido oral nessa interface, capaz de degradar o adesivo resinoso. Essa penetração de tamanho nanométrico do fluido oral sem a formação de fendas é chamada de nanoinfiltração.

Knobloch et al.²⁷ tiveram como finalidade comparar o desempenho da resistência de união de sistemas adesivos auto-condicionantes de dois passos (Clearfil SE (Kuraray Medical Inc. Kurashiki, Okayama, Japan) e Optibond Solo Plus Self-Etch (Kerr, Orange, USA) e um passo (G-Bond (GC América Inc, Japão), iBond (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) e Clearfil S3 (Kuraray Medical Inc. Kurashiki, Okayama, Japan) a um sistema adesivo convencional de dois passos (Prime & Bond NT, Caulk/Dentsply, York, USA), após a realização de termociclagem. Seis grupos experimentais foram testados e quatro dentes separados para cada grupo; os grupos foram divididos de acordo com o sistema adesivo utilizado. Os espécimes, palitos de 1,4 mm² (n=20), foram

armazenados em água destilada a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 72 horas e sujeitos a ciclagem térmica em banhos de água a 5°C e 55°C por um tempo de 30 segundos por banho (1500 ciclos). O teste de microtração foi realizado a uma velocidade de 1,0 mm/min. Os melhores resultados foram os do sistema adesivo convencional. Os resultados dos valores das médias de resistência de união dos sistemas adesivos autocondicionantes de um e dois passos foram similares, não mostrando diferença significativa, exceto com o G-Bond (GC América Inc, Japão), que foi significativamente mais baixo do que o sistema convencional Prime & Bond NT (Caulk/Dentsply, York, USA).

Proença et al.²⁸ avaliaram a resistência de união de dois sistemas autocondicionantes, com ou sem condicionamento ácido prévio, comparando com sistema convencional de dois passos e em diferentes regiões dentinárias (coronária, cervical e radicular). Usaram 90 molares isentos de cárie. Foram obtidos 20-24 espécimes para cada grupo e região dentinária. A reconstrução foi feita com resina composta pela técnica incremental (2 mm cada incremento) para assegurar o volume suficiente (6 mm de altura) para o teste de microtração, e as regiões diferentes da dentina foram identificadas no topo da resina composta com cores diferentes. Quando o ácido fosfórico foi aplicado previamente, ocorreu uma redução da resistência de união. Os resultados não mostraram diferenças estatísticas significativas entre os sistemas autocondicionantes de um e dois passos e o convencional; entretanto, destacou-se a necessidade de averiguar esse desempenho ao longo do tempo em diferentes regiões da dentina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os primeiros sistemas adesivos promoviam uma adesão satisfatória em esmalte, porém em dentina não havia a mesma eficiência, ocorrendo uma maior preocupação com a adesão dentinária. Surgiram então os sistemas adesivos, que buscavam uma adesão eficiente na dentina. Além disso, foi possível observar uma tendência comercial em reduzir o número de passos para simplificar a técnica adesiva.

No que diz respeito aos sistemas adesivos autocondicionantes, quando comparados aos sistemas

adesivos convencionais, pode-se relatar que existe uma menor sensibilidade técnica, especialmente em relação aos erros que o operador possa cometer. Também há um maior controle da umidade, pois esses sistemas não utilizam o passo de condicionamento ácido separadamente.

Estudos que comparam os sistemas adesivos convencionais com os sistemas adesivos autocondicionantes mostram uma redução significativa na resistência adesiva em esmalte quando são empregados os sistemas autocondicionantes de um passo. Alguns trabalhos sugerem uma adaptação na técnica recomendada pelos fabricantes, ou seja, realização do condicionamento ácido do esmalte com ácido fosfórico a 37% previamente à aplicação do sistema adesivo autocondicionante, especialmente nos sistemas que utilizam ácidos fracos em sua composição. Frente à adaptação técnica, perdem-se as principais vantagens desses sistemas: a redução de passos e o controle da umidade.

Quando se utilizam os sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos, em comparação aos sistemas adesivos convencionais de dois passos, os mesmos são equivalentes em relação à resistência adesiva, infiltração marginal e desempenho clínico.

Desta forma, pode-se concluir que o processo de adesão às estruturas dentárias vem evoluindo consideravelmente nesta última década, e os sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos passam a ser uma opção, principalmente quando predominam na cavidade tecido dentinário, como é o caso de restaurações diretas adesivas em dentes posteriores.

Colaboradores

G.C. MARTINS participou do desenvolvimento da revisão da literatura, leitura e discussão da parte escrita, correções finais do artigo. A.P.G.O. FRANCO, D.R. MALUF e E.P. GODOY participaram do desenvolvimento da revisão de literatura, leitura e discussão da parte escrita e leitura final do artigo. O.M.M. GOMES e J.C. GOMES participaram da leitura e discussão da parte escrita, leitura e correções finais e orientação da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34(6): 849-53.
2. Al-Ehaideb A, Mohammed H. Shear bond strength of "one bottle" dentin adhesives. *J Prosthet Dent.* 2000; 84(4): 408-12.
3. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, et al. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent.* 2001; 29(1): 55-61.
4. Brudevold F, Buonocore M, Wileman W. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. *J Dent Res.* 1956; 35(6): 846-51.
5. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res.* 1982; 16(3): 265-73.
6. Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P, Robinson SJ. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part I. *Quintessence Int.* 1991; 22(12): 967-77.
7. Nakabayashi N, Ashizawa M, Nakamura M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital-dentin. *Quintessence Int.* 1992; 23(2): 135-41.
8. Gonçalves M, Pecora JD, Vinha D, Silva RS. Surface tension of different dentin bonding resin systems. *Braz Dent J.* 1997; 8(1): 43-7.
9. Demarco FF, Turbino ML, Matson E. Cohesive strength of dentin. *Rev Odontol Univ São Paulo.* 1997; 11(3): 189-94.
10. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *J Dent.* 1999; 27(4): 265-74.
11. Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants removal of smear layer on human dentin. *J Prosthet Dent.* 2001; 85(1): 67-72.
12. Tam LE, Khoshand S, Pilliar RM. Fracture resistance of dentin-composite interfaces using different adhesive resin layers. *J Dent.* 2001; 29(3): 217-25.
13. Tay FR, Pashley DY, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent.* 2002; 30(7-8): 371-82.
14. Cardoso PEC, Sadek FT. Microtensile bond strength on dentin using new adhesive systems with self etching primers. *Braz J Oral Sci.* 2003; 2(4): 156-9.
15. Miyazaki M, Onose H, Iida N, Kazama H. Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2003; 19(3): 245-51.
16. Reis A, Loguercio AD, Carvalho RM, Grande RH. Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture and adhesive solvent component. *Dent Mater.* 2004; 20(7): 669-76.
17. Carvalho APMC, Turbino ML. Analysis of the microtensile bond strength to enamel of two adhesive systems polymerized by halogen light or LED. *Pesqui Odontol Bras.* 2005; 19(4): 307-11.
18. Wang Y, Spencer P. Physicochemical interactions at the interfaces between self-etch adhesive systems and dentine. *J Dent.* 2004; 32(7): 567-79.
19. Walshaw PR, McComb D. SEM characterization of the resin-dentine interface produced in vivo. *J Dent.* 1995; 23(5): 281-7.
20. Tam LE, Pilliar RM. The effect of interface stiffness on dentin-composite interfacial fracture resistance. *J Dent.* 2000; 28(7): 487-93.
21. Spencer P, Wang Y, Walkerl MP, Wieliczka DM, Swafford JR. Interfacial chemistry of the dentin/adhesive bond. *J Dent Res.* 2000; 79(7): 1458-63.
22. Wieliczka DM, Kruger MB, Spencer P. Raman imaging of dental adhesive diffusion. *Appl Spectrosc.* 1997; 51(11): 1593-6.
23. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent.* 2006; 34(1): 77-85.
24. Ikemura K, Tay FR, Hironaka T, Endo T, Pashley DH. Bonding mechanism and ultrastructural interfacial analysis of a single-step adhesive to dentin. *Dent Mater.* 2003; 19(8): 707-15.
25. Yoshizawa M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent.* 1998; 26(7): 609-16.
26. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Mattheews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995; 20(1): 18-25.
27. Knobloch LA, Gailey D, Azer S, Johnston WM, Clelland N, Kerby RE. Bond strengths of one- and two-step self-etch adhesive systems. *J Prosthet Dent.* 2007; 97(4): 216-22.
28. Proença JP, Polido M, Osorio E, Erhardt MC, Aguilera FS, Garcia-Godoy F, et al. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater.* 2007; 23(12): 1542-8.