



Universidade Norte do Paraná

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO EM ODONTOLOGIA

HEBERT SAMUEL CARAFA FABRE

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E FONTES DE
FOTOATIVACÃO NA SORÇÃO DE ÁGUA DE DIFERENTES
SISTEMAS ADESIVOS

Londrina
2005

HEBERT SAMUEL CARAFA FABRE

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E FONTES DE
FOTOATIVACÃO NA SORÇÃO DE ÁGUA DE DIFERENTES
SISTEMAS ADESIVOS

Dissertação apresentada à Universidade Norte
do Paraná como parte integrante dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Odontologia

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Linda Wang

Londrina
2005

HEBERT SAMUEL CARAFA FABRE

Filiação	Samuel Fabre Sanches Claudeir Mercedes Fabre
Naturalidade	Colorado – PR
Nascimento	17 de novembro de 1965
1982-1985	Graduação em Odontologia – UNOESTE: Universidade do Oeste Paulista – Presidente Prudente
1986-1990	Especialização em Ortodontia – UEL
2001-2002	Especialização em Saúde Coletiva - UEL
2004-2006	Curso de Pós-Graduação na área de Dentística, nível Mestrado, na Universidade Norte do Paraná – UNOPAR
Associações	ABO – Associação Brasileira de Odontologia AONP - Associação Odontológica do Norte do Paraná SBPqO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica

HEBERT SAMUEL CARAFA FABRE

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E FONTES DE
FOTOATIVAÇÃO NA SORÇÃO DE ÁGUA DE DIFERENTES
SISTEMAS ADESIVOS**

Dissertação apresentada à Universidade Norte
do Paraná como parte integrante dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Odontologia

COMISSÃO EXAMINADORA

Londrina, _____ de _____ de 20__.

Dedico

A Deus, que me guia por caminhos seguros, proporcionando-me também um crescimento espiritual constante.

Aos meus pais Samuel e Mercedes, as minhas irmãs Janaina, Ariane e familiares.

À minha esposa Helenice, que tanto me motiva, e se mantém firme ao meu lado em todos os meus projetos e loucuras, te amo...

Às minhas filhas Bárbara e Sofia, que mais do que um motivo de viver, são as maiores graças alcançadas, amo vcs d +...

Agradecimentos Especiais

A minha mãe **Mercedes** que é um grande exemplo de doação, esquecendo-se de si muitas vezes, e que tem um anjo “particular” ao seu lado o tempo todo;

Ao meu pai **Samuel** que juntamente com minha mãe, são e sempre serão os meus maiores incentivadores, além disso, realizou as análises estatísticas deste trabalho, com todo o carinho que é comum em tudo o que faz;

À minha esposa **Helenice**, pela paciência, carinho, companheirismo, compreensão e tudo o que fosse preciso para me fazer feliz, como ela sempre faz;

Às minhas filhas **Bárbara e Sofia**, pelo carinho, dedicação e exemplo de pessoas que são, agradeço a Deus também por ter vocês conosco;

.....a vocês o meu amor, carinho e o meu **MUITO OBRIGADO!**

Agradecimentos aos Professores e Amigos

À minha orientadora **Profa Dra Linda Wang** que não mediu esforços para a realização deste e de outros trabalhos, além do desenvolvimento de sua disciplina durante o curso, de maneira organizada consciente e coerente, muito obrigado. Tive muito orgulho de trabalhar ao seu lado, podendo explorar ao máximo seus conhecimentos, espero poder repetir esta experiência.

A **todos os professores** das disciplinas básicas e específicas deste Mestrado, pelo carinho e apreço por mim e todos os colegas durante estes dois anos;

Às **Profas. Dra. Marcela Rocha de Oliveira Carrilho e Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia**, pelo acompanhamento e revisão deste trabalho;

Ao colega e amigo **Walter Busch Pereira**, que além de ótimo profissional e “parceiro” nas atividades do curso, é uma ótima pessoa de um grande caráter e humildade;

A todos os colegas da turma de Mestrado: **Adriana, Fabiana, Flávio, Hermes, Liliam, Patrícia Lanza, Patrícia Navarro, Teresa, Valter e Viviane**;

Às funcionárias do laboratório, **Veralucia dos Santos e Dionadir de Almeida**, pela disposição em atender e servir a qualquer momento durante a fase laboratorial deste trabalho;

Às bibliotecárias **Alessandra Minetto e Terezinha de Jesus Fokama Gondo**, pela colaboração no levantamento bibliográfico e normatização deste trabalho;

...a vocês o meu **MUITO OBRIGADO!**

Agradecimentos

À **Universidade Norte do Paraná**, UNOPAR, representada pelo Chanceler, **Sr. Marco Antonio Laffranchi**, e pela Reitora, **Prof^a Elisabeth Bueno Laffranchi**;

À **Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação**, representada pelo **Prof. Dr. Aloísio José Antunes**;

Ao **Centro de Ciências Biológicas Saúde**, representada pelo **Prof. Ruy Moreira da Costa Filho**;

À **Coordenadoria do Curso de Odontologia**, representada pelos **Profs. Drs. Luiz Reynaldo de Figueiredo Walter e Fernão Hélio Campos Leite Júnior**;

À **Coordenadoria de Pesquisa**, representada pelo **Prof. Hélio Hiroshi Suguimoto**;

Aos fornecedores **3M ESPE**, **Ivoclar/Vivadent** e **Dentsply**, pelos materiais empregados neste trabalho;

À **todos os funcionários da UNOPAR**, especialmente à **Vera Martins**;

Por terem possibilitado a realização desta Dissertação

....o meu **MUITO OBRIGADO**

FABRE, H.S.C. **Avaliação da influência da composição e fontes de fotoativação na sorção de água de diferentes sistemas adesivos** 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) Universidade Norte do Paraná, Londrina.

RESUMO

A presença de água é fundamental na técnica úmida de adesão de materiais resinosos à estrutura dentinária e também representa um dos solventes em alguns sistemas adesivos. Entretanto, o excesso de água residual favorece a degradação da restauração ao longo do tempo, tornando-se um aspecto crítico. A forma de fotoativação, como fator técnico, também pode contribuir para a degradação da interface adesiva, pois a presença de monômeros residuais potencializa o acúmulo de água na interface. O objetivo deste trabalho foi de comparar a sorção de diversos sistemas adesivos dentinários, considerando-se sua classificação e a forma de fotoativação empregada. As hipóteses nulas testadas foram: 1- Não há diferença na sorção e solubilidade em água dos sistemas adesivos propostos; 2- Não há diferença no uso de diferentes fontes de luz na sorção e solubilidade em água dos sistemas adesivos propostos. Os materiais testados foram os sistemas adesivos convencionais de 3 passos (Grupos controles: Scotchbond Multi-purpose e Heliobond), convencionais de 2 passos (Excite, Adper Single Bond, Adper Single Bond 2), auto-condicionante de 2 passos (Adhse) e auto-condicionante de 1 passo (Xeno III). Para cada material, foram obtidos seis espécimes (0,8 mm x 5,5 mm) para cada grupo fotoativado por aparelhos de lâmpada halógena (grupo controle) ou LED ("Light Emitting Diodes" - diodos emissores de luz). Estes foram armazenados em câmara dessecante a 37°C, até que não houvesse variação em sua massa seca (M1), aferida em balança analítica. Em seguida, foram armazenados em água deionizada e tiveram suas massas úmidas medidas após estabilização (M2), passando em seguida por nova dessecação (M3). A sorção e solubilidade em água foram estimadas pelas fórmulas $(M2-M3/V)$ e $(M3-M1/V)$, respectivamente. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA a um critério e Tukey ($p < 0,05$). A comparação da influência das fontes fotoativadoras foi analisada pelo teste t de Student para cada adesivo. Os resultados demonstraram maiores valores de sorção e solubilidade para os sistemas convencionais de 2 passos e auto-condicionante de 1 passo. A natureza da fonte fotoativadora exerceu influência nas propriedades avaliadas. Desta forma, as hipóteses nulas consideradas devem ser rejeitadas.

Palavras-chave: Adesivos dentinários, sorção de água, fotoativação, degradação, materiais odontológicos

FABRE, H.S.C. **Evaluation of the influence of composition and photoactivation units on water sorption by different bonding systems.** 2005. 69p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) Universidade Norte do Paraná, Londrina.

ABSTRACT

Water plays an important role on wet bonding technique of resin-based materials to dentin and it is also presented in some dentine bonding systems (DBS). However, water excess facilitates degradation of long-term durability, resulting in critical scenario. Failure of light-activation mode as a technique point of view can also contribute adversely to adhesive interface degradation since residual monomers can optimize water retention at the interface. The aim of this study was to compare water sorption of different DBS, regarding classification and light-activation system. The null hypotheses were: 1- There is no difference on water sorption and solubility of DBS; 2- There is no difference of light activation system on water sorption and solubility of DBS. The tested materials were 3 step etch-and-rinse (Control groups: Scotchbond Multi-purpose and Heliobond), 2 step etch-and-rinse (Excite, Adper Single Bond, Adper Single Bond 2), self-etching (Adhse) and all-in-one (Xeno III) systems. For each material, six specimens were prepared (0.8 mm x 5.5 mm) for each light-activation device, halogen lamp (control) or LED (Light Emitting Diodes). They were transferred to desiccators until a constant mass was obtained (M1). Then, the specimens were immersed in deionized water until no alteration was verified (M2). After this weighing, the specimens were reconditioned to constant mass in desiccators using the cycle described before (M3). The volume (V) of each specimen was calculated in cubic millimeters. The water sorption (WS) was determined using the following equations $(M2-M3/V)$ and $(M3-M1/V)$ for sorption and solubility, respectively. The values were expressed in mg/mm^3 . Data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey test for multiple comparisons ($p < 0.05$). The influence of photoactivation units was analyzed by t-test for each bonding system. Data showed higher values of water sorption and solubility by two step etch-and-rinse and all-in-one systems. Photoactivation unit also affected tested properties. Thus, the tested hypotheses were rejected.

Palavras-chave: Dentin-bonding agents, water sorption, photopolymerization, degradation, dental materials.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Classificação dos sistemas adesivos, adaptado de Garcia et al. (2003); Carvalho et al. (2004); Tay; Carvalho; Pashley, (2004)20
- FIGURA 2 – A- Fotopolimerizador de lâmpada halógena Optilight 600 Gnatus; B- Fotopolimerizador LED - Elipar Free Light – 3M ESPE.41
- FIGURA 3 – A- Matriz utilizada para a confecção dos corpos-de-prova para os testes de sorção e solubilidade; B– Dispositivo empregado para regular as matrizes, padronizando o tamanho das amostras em 5,5 de diâmetro por 0,8 mm de espessura.41
- FIGURA 4 - Corpo-de-prova obtido para o teste42
- FIGURA 5 - A – Balança analítica usada para a pesagem dos corpos-de-prova; B - Corpos-de-prova armazenados no dessecador43
- FIGURA 6 - A - Dessecador constituído por cubeta fechada contendo sílica gel; B - sílica gel no fundo do dessecador.....43
- FIGURA 7 – Amostras colocadas em 3 mL de água deionizada.....44

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção(S) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena.	47
GRÁFICO 2 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção(S) de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED.	48
GRÁFICO 3 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade (SB) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena.	48
GRÁFICO 4 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade (SB) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por LED.	49
GRÁFICO 5 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de sorção de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por lâmpada halógena	64
GRÁFICO 6 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por lâmpada halógena	65
GRÁFICO 7- Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção e solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena	65
GRÁFICO 8 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de sorção de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED	66
GRÁFICO 9 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED	67

GRÁFICO 10 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção e solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por LED	67
GRÁFICO 11 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção de água obtidos do sistema adesivo Single Bond, para cada fonte de luz .	68
GRÁFICO 12 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade de água obtidos do sistema adesivo ScotchBond Multi-purpose, para cada fonte de luz.....	69
GRÁFICO 13 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade de água obtidos do sistema adesivo Single Bond, para cada fonte de luz.	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Média da sorção (S) e solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e desvio padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com lâmpada halógena e LED	46
TABELA 2 - Valores obtidos para o teste de sorção em água, dos sistemas adesivos testados, fotoativados por lâmpada halógena	64
TABELA 3 - Valores obtidos para o teste de solubilidade em água, dos sistemas adesivos testados, fotoativados por lâmpada halógena	64
TABELA 4 - Média da Sorção (S) e Solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e Desvio Padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com lâmpada halógena	65
TABELA 5 - Valores obtidos para o teste de sorção em água, dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED	66
TABELA 6 - Valores obtidos para o teste de solubilidade em água, dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED	66
TABELA 7 - Média da sorção (S) e solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e Desvio Padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com luz de LED.	67
TABELA 8 – Teste <i>t</i> de Student para sorção.....	68
TABELA 9 – Teste <i>t</i> de Student para solubilidade	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 SISTEMAS ADESIVOS	19
2.2 FONTES DE LUZ FOTOATIVADORAS	31
3 PROPOSIÇÃO	38
4 MATERIAL E MÉTODO	39
4.1 MATERIAL UTILIZADO	39
4.2 CONFEÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	41
4.3 ANÁLISE DE SORÇÃO E SOLUBILIDADE.....	42
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	45
5 RESULTADOS.....	46
6 DISCUSSÃO	50
7 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS.....	58
ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

Os adesivos dentinários tornaram-se materiais indispensáveis na Odontologia moderna e não estão limitados a uma ou outra especialidade. Hoje, os sistemas adesivos são parte integrante do dia-a-dia da maioria dos odontólogos em suas diversas áreas, e apesar disso escolher um sistema adesivo adequado é um grande desafio.

Os mecanismos de adesão à dentina são processados sobre uma camada intermediária entre a dentina desmineralizada e o material resinoso, determinando a camada híbrida. Esta camada é obtida por meio dos procedimentos de condicionamento com concomitante desmineralização da superfície da dentina, expondo uma rede de fibrilas de colágeno no qual o sistema adesivo se infiltra (NAKABAYASHI; KOJIMA; MASUHARA, 1982).

Os primeiros sistemas adesivos dentinários desenvolvidos por Buonocore, Wielman e Brudevold em 1956 apresentavam falhas, devido às limitações dos materiais e do conhecimento das estruturas e da natureza da dentina. Estes sistemas apresentavam uma natureza hidrofóbica, demonstrando resultados satisfatórios quando aplicados em substrato dental seco (esmalte). Em dentina, os adesivos eram aplicados sobre o esfregaço dentinário ("smear layer"), mas não penetravam através dele e a adesão se mostrava inadequada (TAY; PASHLEY, 2003a).

Os passos iniciais para a evolução destes sistemas ocorreram quando a reestruturação de novas formulações passou a respeitar as características do

substrato. A partir destas evoluções, os sistemas adesivos tornaram-se mais tolerantes à água (FUSAYAMA *et al.*, 1979).

Com o objetivo de conciliar estas necessidades com a otimização da aplicação clínica, vários sistemas simplificados foram introduzidos no mercado, nos quais a resina presente no adesivo propriamente dito foi incorporada a outros produtos de maior complexidade (GARCIA *et al.*, 2003).

Embora a incorporação de monômeros resinosos ácidos e hidrofílicos (ITO *et al.*, 2005) tenha melhorado substancialmente a adesão inicial de alguns adesivos convencionais (“etch-and-rinse”) e auto-condicionantes (“self-etching”) ao intrínseco substrato dentinário úmido, poucos fabricantes reconheceram os potenciais problemas associados com este crescimento dos adesivos hidrofílicos ao longo do tempo (TAY; PASHLEY, 2003a).

Nestes novos produtos, os adesivos pela adição do monômero 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA) em meio ao solvente, tornaram-se mais compatíveis com a umidade da dentina, o que se tornou muito importante com a introdução do “conceito de condicionamento total” (condicionamento de esmalte e dentina) (FUSAYAMA *et al.*, 1979).

A natureza hidrofílica destas resinas, no entanto, pode ocasionar o aumento da sorção de água (TANAKA *et al.*, 1999; BURROW; INOKOSHI; TAGAMI, 1999; ITO *et al.*, 2005), favorecendo a degradação hidrolítica no meio oral, uma vez que o HEMA, presente na maioria desses sistemas, apresenta natureza hidroliticamente instável, potencializando este efeito adverso (WANG; SPENCER, 2003).

Fatores adicionais podem influenciar no aumento da sorção de água decorrente da geração de um ambiente osmótico desequilibrado. Entre estes fatores, a satisfatória polimerização dos sistemas adesivos se torna bastante relevante. Uma

polimerização inadequada contribui no desequilíbrio osmótico, devido à presença de monômeros residuais, aumentando a possibilidade de degradação da interface (JACOBESSEN; SODERHOLM, 1995; ASMUSSEM; PEUTZFELDT, 2003; WANG; SPENCER, 2003). Da mesma forma, como ocorre com as resinas compostas, pode haver um efeito plastificador da água sobre o polímero, alterando suas propriedades mecânicas e conseqüentemente a durabilidade de união da interface adesiva obtida (FERRACANE, 1994; CARRILHO *et al.*, 2004).

Além disso, é possível que a contração de polimerização promova a remoção ou deslocamento dos “tags” de resina dos túbulos dentinários, criando fendas microscópicas de tamanho suficiente para permitir o trânsito de fluidos (GRIFFITHS; WATSON; SHERRIF, 1999).

A formação de um efetivo selamento e conseqüente eliminação da infiltração marginal estão mais relacionadas à habilidade do adesivo em obstruir os túbulos dentinários, do que na extensão absoluta dos “tags” de resina formados durante a hibridização do substrato dentinário desmineralizado, porém não pode ser ignorado (BOUILLAGUET *et al.*, 2000).

Diante de todo este contexto, a deterioração dos agentes de união abre espaços, fendas, na interface onde os microrganismos podem penetrar e colonizar, atestando a necessidade de se obter uma interface efetiva. Quando os adesivos expõem uma pequena área de superfície aos fluídos orais, estes têm um significativo contato com a dentina onde os túbulos dentinários ocupam cerca de 20 a 40% da superfície da dentina na coroa média (MIJÖR, 1984).

Há trabalhos na literatura suportando diferenças no desempenho de materiais polimerizados com a ativação por distintas fontes de luz (PEUTZFELDT; SAHAFI; ASMUSSEN, 2000; MUNKSGAARD; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 2000; KNEZEVIC

et al., 2001). Esses estudos têm apontado diferenças nas propriedades mecânicas, resistência de união e durabilidade, fatores tais responsáveis pela performance dos sistemas adesivos ao longo do tempo. Sendo assim, é importante avaliar a influência que diferentes fontes de luz poderiam exercer no comportamento dos sistemas adesivos frente à sorção de água.

A natureza hidrofílica apresentada pelos sistemas adesivos atuais os tornou mais compatíveis com a natureza úmida do substrato dentinário, e mais susceptíveis à absorção de água, porém atuando como um fator limitante à durabilidade da união.

Dessa forma, torna-se importante investigar a sorção e solubilidade em água dos diferentes sistemas adesivos, assim como a influência que as variadas fontes de luz fotoativadoras podem apresentar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS ADESIVOS

A busca pela união entre materiais resinosos e os tecidos dentais começou antes mesmo de 1950 na Inglaterra pelo Dr. Oskar Hagger, que desenvolveu um monômero baseado no dimetacrilato ácido glicerofosfórico que foi quimicamente polimerizado com ácido sulfínico. (HAGGER, 1948).

Logo após nos Estados Unidos em 1955, o Dr. Michael Buonocore fez o segundo e mais importante avanço nos adesivos odontológicos, demonstrando que o condicionamento ácido do esmalte levou a uma melhora na união resina e esmalte. A partir de então, os fundamentos foram aperfeiçoados de acordo com as características do substrato dentinário a fim de se obter maior qualidade de adesão, culminando com o desenvolvimento de adesivos dentinários (GRIFFITHS; WATSON; SHERRIF, 1999).

Os adesivos dentinários são combinações de monômeros resinosos, hidrofílicos e hidrofóbicos, de diferentes viscosidades e pesos moleculares, diluídos em solventes orgânicos como acetona e o etanol, além da água, e buscam a melhor união dos materiais restauradores aos substratos dentais. Os monômeros hidrofílicos, ao contrário dos hidrofóbicos, permitem que o adesivo seja compatível com a umidade natural do substrato dentinário (CARVALHO *et al.*, 2004).

Ao longo do tempo, os sistemas inicialmente lançados sofreram grandes modificações visando a atender às necessidades e superar as falhas clinicamente observadas. Esta nova abordagem resultou em uma recente proposta de

reclassificação em função do mecanismo de ação e das etapas de aplicação dos diferentes sistemas adesivos (DE MUNCK *et al.*, 2005).

Os adesivos são atualmente avaliados de acordo com o número de passos realizados, considerando o condicionamento, molhamento e adesão aos substratos dentais (INOUE, 2001).

Os sistemas adesivos podem ser classificados em convencionais de três e dois passos, os quais requerem o tratamento do substrato com ácido fosfórico previamente à aplicação do adesivo, e os auto-condicionantes que podem ser de um e dois passos, que dispensam aplicação prévia do ácido fosfórico, como ilustrado na Figura 1 (GARCIA, *et al.* 2003; CARVALHO, *et al.* 2004; TAY; CARVALHO; PASHLEY, 2004).

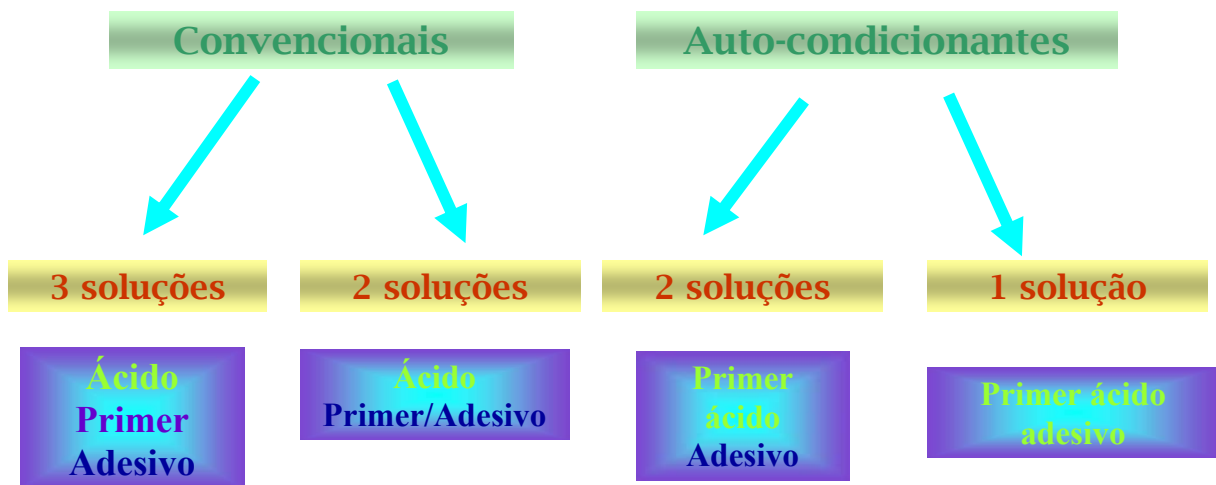


FIGURA 1 - Classificação dos sistemas adesivos, adaptado de Garcia et al. (2003); Carvalho et al. (2004); Tay; Carvalho; Pashley, (2004)

Esta classificação revela a tendência na simplificação destes sistemas pela redução dos passos clínicos, exigindo um aumento na complexidade destes produtos e de sua interação com os materiais restauradores (TAY *et al.*, 2002).

Uma comparação dos adesivos contemporâneos revelou que os sistemas convencionais de três passos mantinham o “padrão ouro” em termos de durabilidade de adesão. Qualquer tipo de simplificação no processo de aplicação clínica favoreceria a perda da efetiva adesão. Somente os adesivos auto-condicionantes de dois passos aproximaram-se deste padrão e tiveram algum benefício clínico adicional tal como o fácil manuseio e redução na sensibilidade de técnica (DE MUNCK *et al.*, 2005).

Segundo De Munck *et al.* (2005), este “padrão ouro” pode ser conseguido pela aplicação de uma camada independente, de adesivo hidrofóbico, livre de solvente e pH neutro. Isto foi confirmado pelos resultados inferiores obtidos com sistemas adesivos convencionais de dois passos e auto-condicionantes de um passo sob diferentes metodologias.

Estes resultados foram mais bem observados por Tay *et al.* (2002), que evidenciaram os fenômenos e mecanismos decorrentes da simplificação dos adesivos, resultando inclusive na incompatibilidade entre as resinas compostas quimicamente ativadas e os adesivos convencionais simplificados, havendo uma redução drástica na resistência adesiva, podendo chegar a alguns casos a mais de 90% da resistência de união. Garcia *et al.* (2003), Carvalho *et al.* (2003) compartilham do mesmo raciocínio, confirmando que a simplificação prática nem sempre é coerente com maior eficácia ao longo do tempo.

Estes adesivos, por causa de sua natureza hidrofílica, atuam como membranas semipermeáveis, atraem água, e se degradam mais rapidamente do que os adesivos hidrofóbicos (TAY *et al.* 2002; CHERSONI *et al.*, 2004).

Neste aspecto, a participação do solvente, antes encontrado apenas no “primer”, e atualmente incorporado aos sistemas simplificados, apresenta papel

relevante no comportamento destes sistemas. Os principais solventes utilizados são à base de água, etanol e acetona (PASHLEY *et al.*, 1998). A função dos solventes é o de carrear os monômeros resinosos para o interior das fibrilas de colágeno pela concomitante remoção da água presente nos espaços interfibrilares (PASHLEY 2001).

A matriz de dentina desmineralizada, quando seca com ar, pode perder até 65% do seu volume (CARVALHO *et al.*, 1996). Durante esta desidratação, as fibrilas de colágeno entram em íntimo contato e formam uma variedade de associações moleculares entre as cadeias polipeptídicas, que não eram possíveis na presença de água, deixando a dentina enrijecida (MACIEL *et al.*, 1996). Este fenômeno resulta em uma contração intra e interfibrilar, promovendo redução dos espaços os quais serviriam como canais de difusão para a infiltração da resina, comprometendo a adesão dos sistemas adesivos à dentina (GWINNETT, 1994; PASHLEY 2001)

Quando comparada a hibridização que ocorre na interface adesivo/dentina úmida com adesivo infiltrado na dentina desmineralizada em condições ideais, Wang e Spencer (2003) puderam concluir por meio de um novo método de microanálise molecular em conjunto com a técnica histomorfológica (que calcula a verdadeira penetração do adesivo) que a interface adesivo/dentina em condições úmidas não é uma rede de colágeno/polímero impenetrável, mas uma teia porosa. A composição desta teia porosa é predominantemente de colágeno e HEMA, com uma menor contribuição do componente BisGMA.

De acordo com o tipo do solvente utilizado nos sistemas adesivos, o mesmo incorre em distintos comportamentos da matriz de colágeno, promovendo ou não a re-expansão das fibrilas de colágeno da matriz de dentina desmineralizada exposta. Estes diferentes comportamentos podem ser observados em diversas investigações

empregadas, como o trabalho de Carvalho *et al.* (2003), que levando em conta que a re-expansão da dentina desmineralizada é necessária para melhor adesão, testou a hipótese de que a força de adesão à dentina dependeu da habilidade do “primer” experimental à base de HEMA/solvente em re-expandir a matriz dentinária, e concluíram que o “primer” HEMA/ etanol e o “primer” HEMA/ propanol produziram a mais alta e mais baixa força de adesão, respectivamente.

Além disso, a força de adesão está diretamente correlacionada com a largura dos espaços interfibrilares, ou seja, a força de adesão está relacionada à habilidade do “primer” de possibilitar e manter a re-expansão da matriz de dentina desmineralizada, evitando o colapso das mesmas, propriedade esta relacionada ao parâmetro de solubilidade (GARCIA, 2005).

Exemplificando a relevância do tipo de solvente, os sistemas adesivos à base de acetona precisam de maior quantidade de água na superfície dentinária para alcançar maior valor de adesão. Isto porque a acetona não apresenta parâmetro de solubilidade superior ao valor apresentado pelos peptídeos das fibrilas de colágeno. A presença de água estabelece ligações com as fibrilas, impedindo o estabelecimento de ligações moleculares entre os peptídeos, deixando a matriz de dentina desmineralizada em uma condição expandida (GARCIA, 2005).

Reforçando o papel do solvente na adesão dentinária, Reis *et al.* em 2003, avaliaram a força de união de sistemas adesivos de frasco único com solventes à base de etanol/água e acetona, em esmalte e dentina na presença ou ausência de seus respectivos solventes. Os autores concluíram que a presença de solventes orgânicos não influenciou na força de união ao esmalte, no entanto a força de união em dentina foi significativamente afetada pela ausência dos solventes nos sistemas

adesivos. Estes trabalhos confirmam claramente a relevância da natureza dos solventes nestes sistemas.

Entretanto, o mesmo deve ser evaporado minimizando sua presença nesta camada assim como o efeito adverso de degradação da interface. Esta capacidade de evaporação, leva em consideração diferentes aspectos relacionados aos solventes como a sua natureza, peso molecular, pressão de vapor e parâmetro de solubilidade (GARCIA, 2005). Quanto menor o peso molecular e maior a pressão de vapor, o processo de evaporação se torna mais fácil. Desta forma, a taxa evaporação esperada seria a acetona>água>HEMA (PASHLEY *et al.*, 1998).

Sob esta preocupação, Pashley *et al.* (1998) testaram a hipótese de que a proporção de evaporação da água na mistura água-HEMA diminui com o aumento da concentração de HEMA, concluindo que, como a água é evaporada da mistura água-HEMA nos “primers” de união, a concentração de HEMA aumenta rapidamente devido a grande diferença na volatilidade dos dois líquidos. Esta diferença causa uma progressiva diminuição na pressão do vapor de água, tornando mais e mais difícil a remoção da água residual pela evaporação. De acordo com os autores, a água residual interfere com a polimerização dos monômeros adesivos, diminuindo, portanto, a qualidade da camada híbrida.

Abate, Rodrigues e Macchi (2000) em uma comparação de diferentes sistemas adesivos constituídos por solventes variados, verificaram que os produtos que incluem acetona têm a mais alta porcentagem de perda de massa seguida do grupo constituído por produtos em que a acetona está combinada com outro solvente ou que contém etanol ou etanol e água. Os menores valores de perda de massa foram registrados com os adesivos a base de água.

Levando em consideração as propriedades dos solventes, o estudo de Sadek, Tavares e Cardoso em 2003, investigou o efeito do armazenamento de quatro sistemas adesivos de frasco único por um ano sobre a resistência de união à dentina, por meio do teste de microtração e os autores verificaram que o tipo de solvente influencia significativamente na durabilidade desta união, sendo que os produtos a base de água, apresentaram-se menos suscetíveis que os produtos a base de acetona.

Outro fator que pode interferir no comportamento dos sistemas adesivos é a presença ou não de carga, originalmente microméticas. Esta tecnologia vem sendo empregada em duas principais frentes na Odontologia: sistemas adesivos e materiais restauradores resinosos (MITRA, WU, HOLMES 2003). Dentro da evolução dos adesivos, existem aqueles com partículas nanométricas, e na nanotecnologia, também conhecida como engenharia molecular, as estruturas dos materiais passaram a ser avaliadas entre 0,1 e 100 nanômetros, sendo que 1 nm é uma unidade de medida 1000 vezes menor que um micrômetro. Esta incorporação aos sistemas adesivos teria como função principal a absorção de impacto na interface resultante da competição de tensões estabelecidas entre a adesão do material à estrutura dentária e a contração de polimerização do material

Estudos como de Youssef *et al.* (2001) comparando dois sistemas adesivos simplificados, um com carga e outro sem, concluíram que o adesivo com carga promoveu maior resistência de união à dentina (11,03 MPa) que o sem carga (8,37 MPa), tendendo a resultados promissores, e por isso vem sendo cada vez mais considerado clinicamente.

Agentes de união à resina, devem apresentar viscosidade adequada para penetrar na dentina desmineralizada e uni-la com os monômeros da resina

composta. Para manter esta viscosidade, estas combinações normalmente não contêm partículas de carga, mas se presente, a carga é suficientemente baixa para manter o produto fluido e, monômeros de resina hidrofóbicos são diluídos em um solvente como etanol (álcool), acetona ou água. De forma mais relevante, para tornar este adesivo compatível com o caráter hidrofóbico dos monômeros da resina, as moléculas têm sido modificadas para incluir elementos hidrofóbicos e hidrofílicos, e frequentemente uma molécula mais hidrofílica tal como o HEMA tem sido incorporado nesta mistura. Contudo, estas modificações aumentam a potencial habilidade das resinas de absorver água (MORTIER *et al*, 2004).

Baseando-se nestes fatores relacionados ao papel e comportamento dos sistemas adesivos, considerando sua composição e método de utilização, estudos têm demonstrado sua relevância clínica no estabelecimento da adesão. Fatores como a presença residual de solvente, por exemplo, poderiam contribuir com resultados indesejáveis ao longo do tempo, levando à degradação da interface adesivo/dentina e adesivo/ material restaurador (YIU *et al.*, 2004).

Burrow, Inokoshi e Tagami em 1999, determinaram o grau de sorção de água e a variação dimensional de quatro agentes de união e uma resina de baixa viscosidade, em um período de um mês e concluíram que, todos os materiais absorveram muita água durante a primeira semana e a variação dimensional de massa foi semelhante para os materiais estudados. Clinicamente, os agentes de união absorveram significativa quantidade de água, que pode ajudar a reduzir falhas entre a resina e a dentina. Reciprocamente, pode também ser significativa o estresse colocado na interface resina e dente com agente de união, o que pode afetar adversamente a longevidade das restaurações.

Cada vez mais, a associação da água provinda tanto do meio interno quanto do meio externo, tem salientado a influência negativa da mesma na adesão. (CHERSONI *et al.*, 2004)

Neste aspecto, avaliando a estrutura da interface resina/dentina de um sistema adesivo convencional de três passos e a união dentinária, após cinco anos de armazenamento em água, Armstrong *et al.* (2004) concluíram que os valores de resistência foram significativamente menores do que um mês de armazenamento, e o aparecimento de alterações na estrutura da camada híbrida foram prontamente aparentes em armazenamento a água por longo tempo. A região da interface entre a camada híbrida e a dentina e o substrato da resina composta são zonas fracas da união do adesivo.

Hashimoto *et al.* (2000), investigando a degradação da interface dentina/adesivo envelhecida em um meio oral por 1, 2, ou 3 anos, concluíram que o descolamento ou fratura dos compósitos de resina, que são freqüentemente vistos na clínica, é causado pela redução na força de união dos compósitos de resina ou adesão do material ao substrato. Estas falhas poderiam ser decorrentes da nanoinfiltração, causada pela deterioração da profunda zona de dentina desmineralizada que existe na camada híbrida. A eliminação da zona de dentina desmineralizada sem as estruturas de adesão é relevante para o aumento da longevidade das restaurações de resina.

Reis *et al.* (2004) analisaram os efeitos de diferentes superfícies úmidas (0 μ L, 2,5 μ L ou 4 μ L) sobre a durabilidade da força de adesão de adesivos à dentina com solventes a base de água e etanol – Single Bond, a base de acetona – One-Step, e a base de água – Syntac Single Component e concluíram que a força de adesão diminui gradualmente com o tempo, independentemente da umidade superficial.

Nas investigações sobre o comportamento dos sistemas adesivos na presença de água, têm se evidenciado comumente maiores comprometimentos dos sistemas simplificados. Konno *et al.* (2003) avaliaram o efeito da armazenagem em água (1 dia, 3 e 6 meses), sobre a resistência da união ao cisalhamento de cinco sistemas adesivos em substrato dentinário bovino e concluíram que o Scotchbond Multi Purpose Plus, Prime & Bond NT e o Etch & Prime 3.0 foram semelhantes estatisticamente em todos os períodos de armazenagem. O Clearfil Liner Bond 2V apresentou a média mais alta em 3 meses, e que não foi estatisticamente diferente aos 6 meses. Além disso, este sistema teve as mais altas médias em todos os períodos testados. O Optibond Solo teve a menor média aos 6 meses, o que foi estatisticamente menor aos 3 meses e também em 1 dia.

Trabalhos como o de Hashimoto *et al.* (2004), revelam que os sistemas baseados em adesivos hidrofóbicos ainda apresentam melhor desempenho. Com relação a força de adesão e nanoinfiltração, os resultados deste estudo demonstraram que a aplicação de múltiplas camadas consecutivas de adesivos sobre a dentina indicaram que a força de adesão aumentava com cada camada de adesivo aplicada, superior a quatro camadas e a nanoinfiltração diminuía com cada camada tornando-se muito pequena após a quarta camada ou acima.

Yiu *et al.* em 2004 avaliaram as modificações na força de adesão de cinco combinações de resinas experimentais com crescente grau de hidrofília, após conservação em água destilada e óleo. Os autores concluíram que armazenagem em água destas misturas hidrofílicas, tais como as empregadas nos adesivos dentinários, resultam em uma apreciável redução na união. Esta redução ocorre principalmente durante o primeiro mês de armazenagem e o percentual de redução da força de adesão aumenta com a hidrofília das combinações de resina. A adesão

das resinas hidrofóbicas não sofreu evidências negativas ou aumentou após armazenagem em óleo.

Um dos trabalhos mais importantes que norteiam as evidências do risco de utilização inadequada dos sistemas simplificados é o de Sanares *et al* (2001), examinando o efeito de quatro adesivos auto-condicionantes (de frasco único) com diferente acidez sobre a força de união de adesão dos compósitos quimicamente ativados e os fotoativados com a dentina. Concluíram que a resistência de adesão destes adesivos foi afetada negativamente pelo uso das resinas compostas quimicamente ativadas. Características da estrutura sugerem a presença de uma interação da superfície entre os adesivos testados e os compósitos quimicamente ativados. A forte relação entre o baixo pH dos adesivos e a redução na força de adesão sugere que a interação das superfícies está provavelmente relacionada a uma incompatibilidade entre os componentes iniciadores não polimerizados, incluindo monômeros resinosos ácidos na camada de inibição de oxigênio do adesivo e componentes iniciadores nos compósitos quimicamente polimerizados. Os autores provaram a forte evidência que os monômeros ácidos presentes na camada de inibição de oxigênio interagem com os iniciadores básicos da resina, consumindo-os e prevenindo-os de gerarem radicais livres que são requeridos para a correta polimerização da camada de resina que está em contato com o adesivo.

Para Tay *et al.* (2002) a interação química adversa entre adesivos ácidos e resinas compostas não é o único fator que pode comprometer a força de adesão. Os adesivos ácidos simplificados funcionam como membranas permeáveis que permitem a água da dentina hidratada migrar através da camada de adesivo e acumular-se na interface compósito-adesivo. Este movimento da água é conduzido por um gradiente osmótico gerado pelos contatos prolongados das resinas não

polimerizadas com os adesivos. A penetração da água na interface representa um fator adicional (além da interação dos monômeros ácidos e aminas terciárias) contribuindo para a degradação da interface adesiva.

O aumento da permeabilidade do adesivo associada com a união de um adesivo de passo único auto-condicionante numa dentina hidratada permite, dependendo do tempo, o movimento da água através do adesivo polimerizado na interface adesivo-compósito. A junção dos compósitos polimerizados quimicamente ou de cura dual a dentina, é afetada adversamente mesmo quando um catalisador ternário é incorporado ao adesivo (TAY; PASHLEY; PETERS, 2003).

Mesmo para os adesivos que contem catalisadores ternários, o aumento na permeabilidade com a camada de adesivo polimerizada pode resultar em bolhas ao longo da interface adesivo/compósito que resulta num comprometimento da força de adesão (CHEONG *et al.*, 2003).

Adesivos de passo único e auto-condicionantes comportam-se como membranas permeáveis após a polimerização. Este fenômeno pode ser potencializado pela comprometida adesão dos compósitos quimicamente ativados. Pode também comprometer a adesão feita por estes adesivos a compósitos fotopolimerizáveis pela promoção de sorção de água da dentina subjacente, através da camada de adesivo polimerizada. (TAY *et al.*, 2004)

Chersoni *et al.* (2004), examinando a morfologia da adesão da camada híbrida de espécimes armazenados em água após diferentes pré-tratamentos químicos da dentina, concluíram que as gotículas observadas na região suportam a hipótese que pode existir movimento bidirecional da água dentro do complexo adesivo e camada híbrida.

Com relação à degradação pela água da união resina/dentina após quatro anos, De Munck *et al.* (2003) compararam dois adesivos convencionais de dois passos com dois adesivos de três passos e concluíram que a união resina/dentina formada pelos adesivos em questão está propensa a degradação. A exposição direta a água diminui significativamente a força de união dos dois adesivos de dois passos, e que a união resina e esmalte protege a interface resina/dentina contra a degradação a água.

Avaliando criticamente as metodologias que focam sobre os modelos de degradação química de hidrólises e liberação dos componentes da interface, tão bem quanto os conjuntos de testes orientados mecanicamente, tais como medidas de dureza a fratura e fadiga, uma correlação dos dados “in vitro” e “in vivo” revelaram que, atualmente, a maioria dos métodos válidos para avaliar a durabilidade da adesão envolve o envelhecimento da micro-espécie do biomaterial adesivo ou para o esmalte ou para dentina. Após cerca de 3 meses, todas as classes de adesivos exibiram evidências morfológicas e mecânicas de degradação que se assemelham aos efeitos de envelhecimento “in vivo” (DE MUNCK *et al.*, 2005).

Diante da relevância dos aspectos abordados nesta revisão, é nítida sua influência nas diferentes propriedades. Todos estes aspectos devem ser considerados para se analisar o comportamento dos sistemas adesivos frente à reação com a água, inerente ao processo adesivo.

2.2 FONTES DE LUZ FOTOATIVADORAS

Os materiais a base de resina podem ser polimerizados de três diferentes maneiras: quimicamente, após a mistura de dois componentes; pela polimerização

dupla, após a mistura de dois componentes e irradiação com uma fonte de luz polimerizadora; e pela irradiação de um simples componente. (ASMUSSEN e PEUTZFELDT, 2001)

Os sistemas adesivos são em sua maioria polimerizados pela fotoativação, fazendo com que esta seja uma preocupação adicional.

Todos os materiais resinosos contraem e induzem forças na interface que podem levar a formação de fendas e forças interfaciais. (DE MUNCK *et al.*, 2005)

Os atuais adesivos parecem incapazes de selar as margens da restauração e então prevenir totalmente a microinfiltração. (PILO; BEM-AMAR, 1999; BOUILLAGUET *et al.*, 2000; GROBLER *et al.*, 2000; HILTON, 2002)

Sano *et al.* (1995) revelaram que a infiltração pode ocorrer entre a camada híbrida e a dentina intacta, chamada nanoinfiltração, mesmo quando as fendas não podem ser observadas.

As propriedades de selamento e de polimerização diferentes do ideal chamam a atenção para o aspecto de que a falha de uma correta polimerização dos sistemas adesivos pode influenciar grandemente no insucesso das restaurações adesivas.

A variação quanto à correta conversão dos monômeros e o grau de polimerização, podendo estabelecer cadeias lineares e entrelaçadas (“cross-link”), determina comportamentos distintos. Quando ocorre a deficiência da conversão e menor quantidade de formação de cadeias entrelaçadas, é esperado que a presença de monômeros residuais aumente e como conseqüência, os mesmos contribuiriam no estabelecimento de um gradiente osmótico favorável ao movimento do líquido intertubular, facilitando a degradação da interface adesiva (GARCIA *et al.*, 2003; TAY *et al.*, 2002).

Desta forma, as fontes de ativação de luz tornam-se um fator essencial a ser considerado no comportamento dos sistemas adesivos.

As unidades de luz visível polimerizadoras são parte integral dos mais modernos materiais, não sendo diferente para os adesivos odontológicos e são usadas na polimerização de materiais a base de resina, sendo a lâmpada halógena e os diodos emissores de luz (LED) as unidades mais utilizadas e com maiores perspectivas de aplicação clínica dentre os demais recursos disponíveis como o arco plasma e laser (DUNN; BUSH, 2002).

Os bulbos de lâmpada halógena geram luz quando energia elétrica aquece um pequeno filamento de tungstênio em temperaturas extremamente altas. Filtros selecionam separadamente os comprimentos de ondas para que somente a luz azul seja emitida. Moléculas fotoiniciadoras sensíveis à luz azul são ativadas, criando radicais livres que iniciam a polimerização. Os LEDs com tecnologia de 1995, vem com a proposta de usar o estado sólido de luz pela emissão de diodo, e ao contrário da lâmpada halógena, usam a união de semicondutores para gerar luz. Enquanto a lâmpada halógena tem duração de até 100 horas, a vida média do LED pode chegar a 10000 horas. Por outro lado os LEDs podem falhar no processo de polimerização pela iniciação da canforoquinona. (DUNN; BUSH, 2002)

Além das vantagens técnicas oferecidas pelas unidades LED, os principais focos de sua atuação recaem sobre o melhor aproveitamento da energia emitida e a menor geração de calor produzida, o que poderia ocasionar em prejuízo pulpar (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 2003; FUJIBAYASHI *et al.*, 1998).

Os LEDs tem a principal parte de sua radiação na gama azul e tem-se relatado sua menor geração de calor em comparação à lâmpada halógena. Asmussen e Peutzfeldt (2005) mediram o aumento da temperatura induzido por dez

LEDs e três fontes halógenas, além disso relacionaram o aumento das medidas de temperatura a densidade de força das unidades polimerizadoras e concluíram que para os LEDs, o aumento da temperatura ocorreu com o aumento da densidade de potência. Duas das três fontes de lâmpada halógena resultaram em um maior aumento da temperatura do que os LEDs sob a mesma densidade de potência.

No que se refere à qualidade de polimerização, a fotoativação deve ser capaz de permitir maior grau de conversão dos monômeros resinosos e de formação de entrelaçamentos entre as cadeias poliméricas (“cross-link”), conferindo maiores valores de resistência mecânica. Espera-se que um pouco mais de material se dissolva de uma polimerização linear relativamente do que uma que tem mais ligações cruzadas. Polímeros com baixa densidade de ligações cruzadas experimentam mais amolecimento em etanol. Embora nenhuma correlação geral entre deterioração da dureza e grau de conversão (ligações cruzadas) possa ser apresentada, o grau de amolecimento é útil como uma relativa indicação da baixa densidade de ligações cruzadas (ASMUSSEN; PEUTZEFELDT, 2001).

Soh e Yap (2004) investigaram a influência dos modos de fotoativação sobre a densidade das ligações cruzadas nos compósitos dentais e mostraram que a polimerização ativada com pulso tardio resultou em uma baixa densidade de ligações cruzadas, e elevou os polímeros com um aumento da suscetibilidade de amolecimento em etanol. Dessa forma concluíram que a densidade das ligações cruzadas dos compósitos é dependente do modo de fotoativação.

Em outro trabalho bem semelhante quanto aos resultados, Yap *et al.* (2004a) acrescentam que os compósitos fotoativados com LED podem ter menos ligações cruzadas do que aqueles realizados sob lâmpada halógena convencional.

Entretanto, este dado pode estar associado não ao tipo de fonte de luz, mas às propriedades conferidas quanto à densidade de potência e energia gerados.

Compósitos com baixa densidade de ligações cruzadas podem ser mais propensos à hidrólise e sorção de água, levando a perda das propriedades do material e reduzindo sua vida clínica (YAP, TEOH; TAN, 2000).

Segundo Dunn e Bush (2002), comparando a dureza de compósitos híbridos e micropartículas a base de resina, fotoativados com equipamentos de lâmpada halógena e LEDs, disponíveis no comércio, concluíram que a luz produzida dos LEDs disponíveis comercialmente para polimerização de compósitos a base de resina ainda requerem melhoras para se adequar a concorrente polimerização pela lâmpada halógena.

Tarle *et al* (2002) avaliaram o grau de conversão e aumento da temperatura em três diferentes compósitos quando fotoativados por três diferentes fonte de luz: uma luz experimental (diodos emissores de luz super luminosa azul - LEDs) com 9 mW/cm², luz de arco de plasma rápido com 1370 mW/cm², e lâmpada halógena convencional com 560 mW/cm². Seus resultados revelaram valores de conversão significativamente maiores nos casos de polimerização convencional do que com os outros dois tipos de fonte de luz.

Adicionalmente, a correta fotoativação também tem uma preocupação biológica, pois monômeros residuais podem apresentar efeito tóxico às células de tecido conjuntivo. Os monômeros resinosos componentes dos compósitos dentais são tóxicos aos fibroblastos em cultura e deste modo podem interferir com a imunidade do sistema local da polpa, reduzindo a potencial defesa efetiva, ou pela citotoxicidade ou por um mecanismo imune mais específico. Portanto, Jontell *et al.* em 1995, empregaram um estudo para observar os efeitos citotóxicos extraídos por

certos componentes não polimerizados das resinas compostas sobre a função das células acessórias da polpa, e demonstraram através deste estudo “in vitro”, que os componentes da resina composta podem evocar ou imunossupressão ou imunoestimulação sobre a proliferação da mitose conduzida dos linfócitos-T purificados e células do baço. Conseqüentemente, imunossupressão das células imunocompetentes da polpa deduzidas pelos componentes da resina podem aumentar o potencial pela injúria bacteriana do tecido pulpar.

Todos os fatores envolvidos no questionamento do uso das unidades fotoativadoras de materiais a base de resina, deveriam ser aplicadas também aos sistemas adesivos. A presença de monômeros residuais no caso dos sistemas adesivos, poderia ser mais crítico, uma vez que estão em contato direto com o complexo dentino-pulpar.

Estes efeitos adversos são decorrentes da hidrólise provocada pela absorção de água proveniente não apenas do meio externo, mas do próprio complexo dentino-pulpar (YIU, *et al.*, 2004).

A influência desta condição revela efeito negativo na durabilidade de restaurações, como demonstrada por Carrilho *et al.*, 2004 que ao comparar a resistência adesiva de espécimes restaurados com diferentes sistemas adesivos imersos em água ou em óleo, observaram inferioridade daqueles que foram armazenados em água. Isto decorre do efeito plastificador provocado pela presença de água e a hidrólise da cadeia polimérica (FERRACANE, 1994; CARRILHO *et al.*, 2004)

A ação de diferentes unidades pode resultar em diferentes desempenhos, como no estudo realizado por D’Alpino em 2005. Com o objetivo de avaliar *in vitro*, a resistência de união adesiva e a micromorfologia da interface adesiva de

restaurações de resina composta, utilizando diferentes aparelhos de luz fotoativadora para polimerizar um sistema restaurador adesivo, o autor concluiu entre outras coisas que, a espessura da camada de adesivo, localização de fendas e resistência adesiva foram significativamente influenciados pela fonte de luz que polimerizou o sistema adesivo, sendo que quando o PAC – Polimerização com Arco de Plasma (com a maior potência neste estudo em torno de 2130 mW/cm^2) foi utilizado, os melhores resultados foram observados.

Visto a importância desta variável, torna-se relevante considerá-la na verificação do desempenho destas diferentes unidades no comportamento de diferentes propriedades dos sistemas adesivos, como a sorção de água, pois os monômeros residuais decorrentes do processo de polimerização podem afetar adversamente o material.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo geral deste estudo foi o de comparar a sorção e solubilidade de diversos sistemas adesivos dentinários, considerando-se sua classificação e a fonte de luz empregada. As hipóteses nulas testadas foram:

1. Não há diferença na sorção e solubilidade em água dos diferentes sistemas adesivos propostos.
2. Não há diferença no uso de diferentes fontes de luz fotoativadoras na sorção e solubilidade em água dos diferentes sistemas adesivos propostos.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 MATERIAL UTILIZADO

O Quadro 1 lista os sete adesivos usados neste estudo, classificados de acordo com o sistema a qual pertencem (GARCIA *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2004; De MUNCK *et al.*, 2005)

No preparo das amostras de adesivo, foram utilizadas duas fontes de luz, sendo uma de natureza halógena (Optilight Plus – Gnatus, Ribeirão Preto, SP, Brasil) e outra do tipo LED – diodo emissores de luz (Elipar Free Light - 3M ESPE), ilustradas respectivamente pelas Figuras 2 - A e B.

Para cada fonte de luz aplicada, foram obtidos seis discos de cada adesivo estudado, com base na especificação ISO 4049: 2000(E) (INTERNATIONAL STANDARD 4049, 2000), num total de 84 corpos-de-prova, 42 para cada tipo de fonte de luz aplicado.

QUADRO 1 – Características dos adesivos utilizados no estudo

Material	Classificação	Nº. de passos	Fabricante	Lote	Composição
Adper ScotchBond Multi-purpose (SBMP)	Convencional	3	3M ESPE	3NL – (2006/10)	<ul style="list-style-type: none"> • Bisfenol diglicidil dimetacrilato (Bis-GMA) - 60 – 70% • 2 hidroxietilmetacrilato (HEMA) -30 – 40% • canforoquinona
Heliobond (H)	Convencional	3	VIVADENT	C06372 – (2005/02)	<ul style="list-style-type: none"> • Bis-GMA < 60% • Trietileno Glicoldimetacrilato < 40% • Iniciadores e estabilizadores
Excite (EX)	Convencional	2	IVOCLAR – VIVADENT	F61706 – (2006/01)	<ul style="list-style-type: none"> • Ácrilato do ácido fosfínico < 12% • HEMA < 21% • Dimetacrilatos < 45% • Álcool < 26% • Dióxido de silício (SiO₂) • Iniciadores e estabilizadores
Adper Single Bond (SB)	Convencional	2	3M ESPE	4JX – (2007/03)	<ul style="list-style-type: none"> • Álcool Etilico – 30-40% • Bis-GMA – 15-25% • HEMA – 10-20% • Glicerol 1, 3 dimetacrilato – 5-15% • Copolímero de ácido acrílico e ácido itacônico – 5-15% • Diuretano dimetacrilato – 2-8% • Água – 2-8%
Adper Single Bond 2 (SB2)	Convencional	2	3M ESPE	4BR – (2007/11)	<ul style="list-style-type: none"> • Álcool Etilico – 25-35% • Bis-GMA – 10-20% • Silano tratado com nanopartícula de sílica – 10-20% • HEMA – 5-15% • Glicerol 1, 3 dimetacrilato – 5-10% • Copolímero de ácido acrílico e ácido itacônico – 5-10% • Diuretano dimetacrilato – 1-5% • Água < 5%
AdheSE (AD)	Autocondicionante	2	IVOCLAR VIVADENT	F-46035 – (2006/03)	<ul style="list-style-type: none"> • HEMA <25% • Dimetacrilatos <75% • Dióxido de silício (SiO₂) • Iniciadores e estabilizadores
Xeno III (X)	Autocondicionante	1	DENTSPLY	0305001039 – (2005/04)	<ul style="list-style-type: none"> • Líquido A: HEMA, água purificada, etanol, tolueno hidroxibutilato, sílica amorfa. • Líquido B: metacrilato funcionalizado com ácido fosfórico (PIRO-EMA), monofluoro fosfazeno modificado (PEM-F), dimetacrilato de uretano, tolueno hidroxibutilato (THB), canforoquinona, Etil-4-dimetilaminobenzoato



FIGURA 2 – A- Fotopolimerizador de lâmpada halógena Optilight 600 Gnatus; B- Fotopolimerizador LED - Elipar Free Light – 3M ESPE.

4.2 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas matrizes de aço inoxidável constituídas por um cilindro interno que deslizava por um cilindro externo oco. O cilindro interno possuía 5,5 mm de diâmetro, e era preso por um parafuso, permitindo a regulação da espessura dos discos, que para este experimento apresentavam 0,8 mm (Figuras 3 - A e B).



FIGURA 3 – A- Matriz utilizada para a confecção dos corpos-de-prova para os testes de sorção e solubilidade; B- Dispositivo empregado para regular as matrizes, padronizando o tamanho das amostras em 5,5 de diâmetro por 0,8 mm de espessura.

Os adesivos foram dispensados diretamente nas matrizes, ou previamente manipulados de acordo com o fabricante, quando necessário, até preenchimento total das mesmas com ligeiro excesso. Para os sistemas de três passos foram

utilizados somente os adesivos. Durante 30 segundos aplicou-se ar com a seringa tríplice, a uma distância de mais ou menos 30 centímetros, para ajudar na evaporação do solvente. Em seguida uma tira de poliéster (TDV Dental, Santa Catarina, Brasil) foi colocada sobre o material e, sobre essa, uma lamínula de vidro, para então ser fotoativado com uma das fontes de luz, de acordo com o tempo recomendado pelo fabricante, obtendo-se o espécime (Figura 4). O radiômetro foi utilizado para o monitoramento dos aparelhos (Demetron Research Corp., Danbury, CT, USA) obtendo-se um valor de $550\text{mW}/\text{cm}^2$ para a fonte halógena e $360\text{mW}/\text{cm}^2$ para fonte da LED, segundo o fabricante.



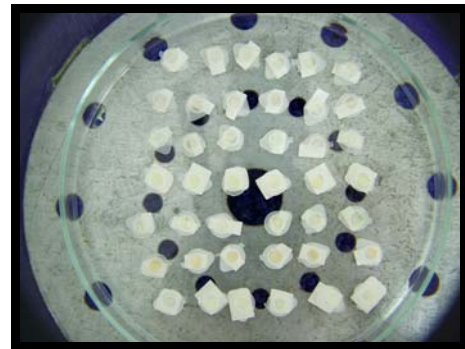
FIGURA 4 - Corpo-de-prova obtido para o teste

4.3 ANÁLISE DE SORÇÃO E SOLUBILIDADE

Logo após a remoção das matrizes, os espécimes foram individualmente aferidos em uma balança analítica modelo Tel Mark, fabricante – Bel, Quimis – SP, (Figura 5 - A) e colocados em recipientes plásticos etiquetados e armazenados em dessecador (Figura 5 - B).



A



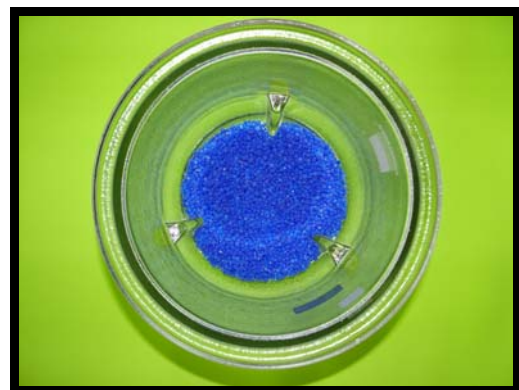
B

FIGURA 5 - A – Balança analítica usada para a pesagem dos corpos-de-prova; B - Corpos-de-prova armazenados no dessecador

O dessecador era constituído de uma cubeta de vidro fechada, contendo sílica em gel (Figuras 6 - A e B). O dessecador contendo os recipientes plásticos com os espécimes era então levado à estufa para serem mantidos a temperatura de 37°C.



A



B

FIGURA 6 - A - Dessecador constituído por cubeta fechada contendo sílica gel; B - sílica gel no fundo do dessecador

As amostras foram pesadas diariamente até alcançarem massa constante (M_1), o que ocorria quando o ganho ou perda de cada espécime fosse menor do que

$\pm 0,2\text{mg}$, tendo isso acontecido após aproximadamente 5 dias. Este ciclo inicial teve como objetivo permitir que toda a água livre fosse removida das amostras.

Estas amostras eram então imersas individualmente em frascos plásticos contendo 3 mL de água deionizada (Figura 7) e mantidos a $37 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Diariamente, estas eram removidas dos frascos, secas com papel absorvente ultra macios (Santepel) e pesadas, até conseguirem massa constante (M_2), o que demorou aproximadamente 9 dias. Após essa pesagem, as amostras voltavam ao dessecador e o ciclo descrito anteriormente era repetido até a obtenção de uma massa constante (M_3).



FIGURA 7 – Amostras colocadas em 3 mL de água deionizada

Os valores de sorção (S) e solubilidade (SB), em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ foram calculados para cada amostra usando as seguintes equações:

$$S = \frac{M_2 - M_3}{V} \qquad SB = \frac{M_3 - M_1}{V}$$

Onde:

M_1 = massa após o primeiro ciclo de dessecação, antes da imersão em água [μg]

M_2 = massa após a imersão em água deionizada [μg]

M_3 = massa após o segundo ciclo de dessecação [μg]

V = volume da amostra [mm^3]

O volume de cada amostra foi calculado usando-se a seguinte fórmula:

$$V = \pi R^2 h \approx 19,01 \text{mm}^3$$

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de sorção (S) e solubilidade (SB) foram submetidos à análise de variância ANOVA a um critério e as diferenças entre os adesivos, dois a dois, analisadas pelo teste de Tukey.

As fontes fotoativadoras foram analisadas pelo teste t de Student, para cada adesivo.

Para todos os testes aplicados, considerou-se o nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos para os testes de sorção e solubilidade dos sistemas adesivos estão apresentados na Tabelas 1 e pelas Tabelas e Figuras em anexo, de acordo com as diferentes fontes de luz empregadas neste estudo.

TABELA 1- Média da sorção (S) e solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e desvio padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com lâmpada halógena e LED

ADESIVOS	FONTES DE LUZ			
	HALÓGENA		LED	
	S (DP)	SB (DP)	S (DP)	SB(DP)
ScotchBond Multi-purpose	101,7 (7,9) ^A	-12,3 (5,4) ^{A***}	96,5 (11,4) ^A	11,4 (21,7) ^{A***}
Heliobond	58,8 (12,6) ^C	-14,0 (7,9) ^A	63,1 (22,8) ^A	-4,4 (21,2) ^A
Excite	185,0 (14,7) ^D	-95,6 (15) ^{B, D}	196,4 (23,5) ^B	-110,5 (22,8) ^{B, C}
Adper Single Bond	241,1 (22,4) ^{B**}	-127,2 (9,1) ^{C***}	197,3 (26,4) ^{B**}	-101,7 (18,4) ^{B***}
Adper Single Bond II	245,5 (21,4) ^B	-85,9 (22,0) ^D	227,1 (21,9) ^B	-84,2 (12,0) ^B
AdheSE	95,6 (16,1) ^A	-6,1(10,7) ^A	105,2 (21,3) ^A	-3,5 (21,5) ^A
Xeno III	268,3 (17,9) ^B	-117,5 (23,7) ^{B, C}	292,0 (66,1) ^C	-146,4 (31,5) ^C

Aceita-se hipótese nula, H_0 ao nível de 5% de risco, para os adesivos com a mesma letra em cada coluna, segundo Teste de Tukey.

***Segundo o test t de Student para sorção, rejeita H_0 , ao nível de 5% de risco, para este adesivo entre as fontes fotoativadoras.*

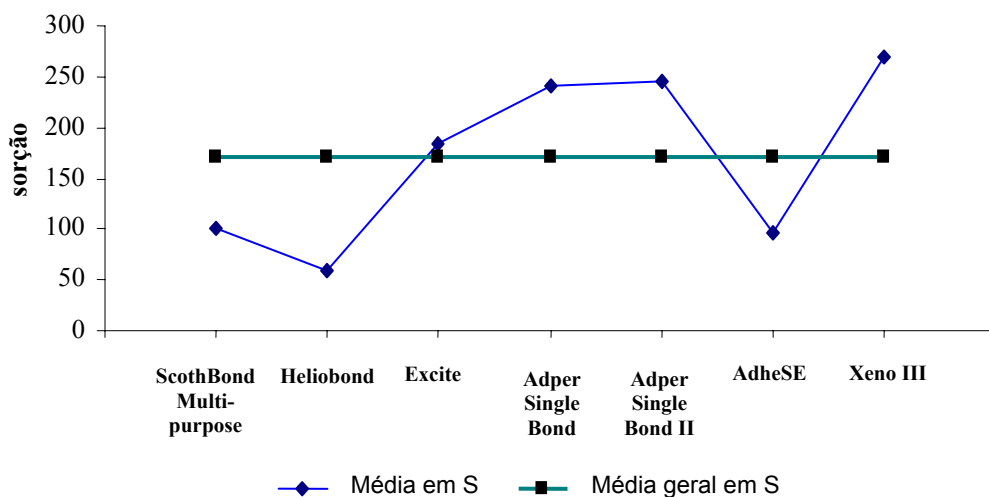
****Segundo o test t de Student para solubilidade, rejeita H_0 , ao nível de 5% de risco, para este adesivo entre as fontes fotoativadoras.*

Segundo a Análise de Variância (ANOVA - $p < 0,05$), para sorção e solubilidade tanto com lâmpada halógena como com LED, rejeita-se hipótese nula H_0 ao nível de 5% de risco, isto é, existem pelo menos dois adesivos que diferem entre si.

De acordo com o Teste de Tukey ($p > 0,05$), aceita-se hipótese nula, H_0 ao nível de 5% de risco, para os adesivos com a mesma letra em cada coluna, conforme Tabela 1.

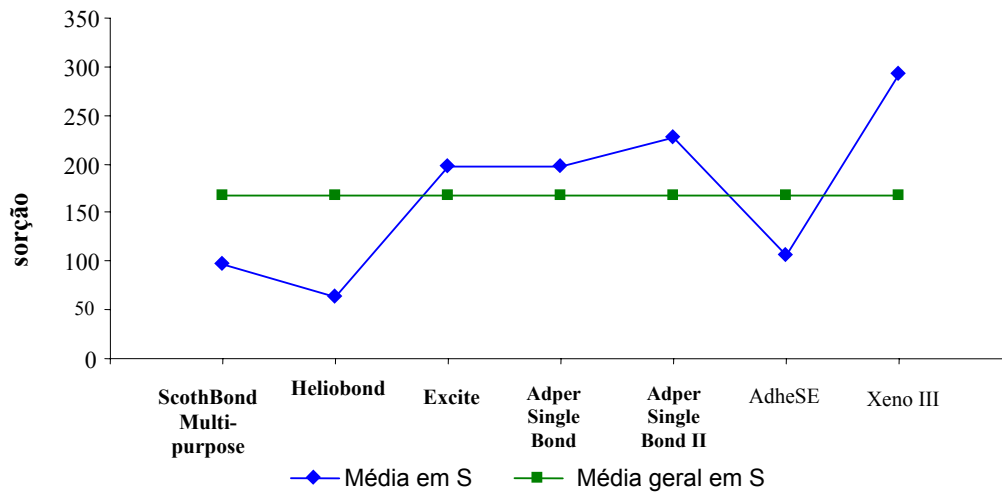
Na análise de sorção, quando os sistemas adesivos foram fotoativados por fonte halógena (Gráfico 1), os sistemas hidrofóbicos apresentaram a menor sorção (Heliobond <Adhese~Scotchbond). O sistema Excite apresentou valor de sorção intermediário e estatisticamente diferente de todos os demais sistemas avaliados. Os sistemas Adper Single Bond, Adper Single Bond 2 e Xeno III foram os sistemas que apresentaram maiores valores de sorção, sem diferenças estatísticas entre os mesmos.

GRÁFICO 1 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção(S) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena.



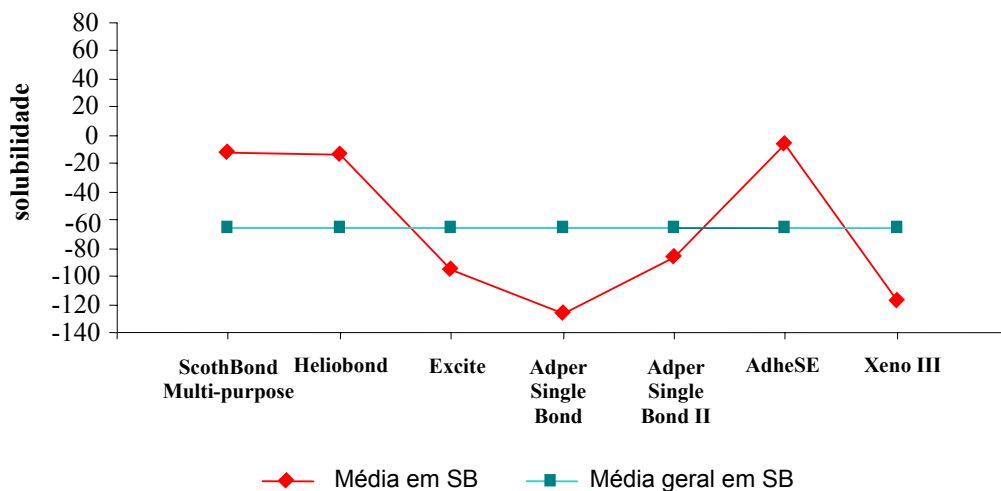
Quando os sistemas foram fotoativados por LED (Gráfico 2), os adesivos hidrofóbicos (Heliobond, Scotchbond, Adhese) apresentaram menor sorção comparado a todos os demais sistemas testados. Os sistemas convencionais de dois passos apresentaram valores intermediários (Excite, Adper Single Bond, Adper Single Bond 2), e são estatisticamente iguais. A maior sorção foi novamente obtida pelo sistema *all-in-one* Xeno III.

GRÁFICO 2 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção(S) de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED.



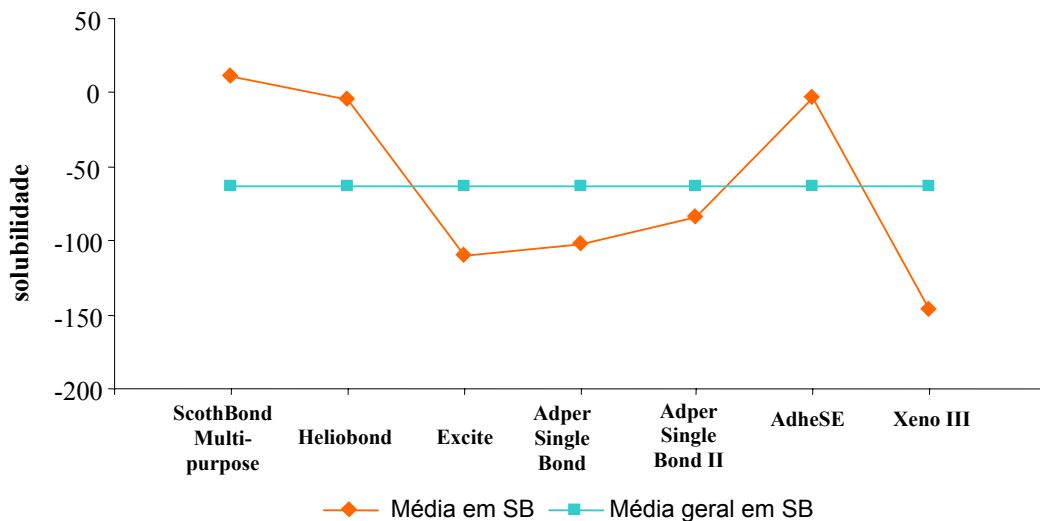
Na análise de solubilidade, quando os sistemas adesivos foram fotoativados por fonte halógena (Gráfico 3), os sistemas hidrofóbicos apresentaram os menores valores (Adhese < Scotchbond < Heliobond), seguidos dos sistemas convencionais de dois passos, Adper Single Bond 2 e Excite iguais estatisticamente, sendo da mesma forma para o Excite e Xeno III, e Xeno III e Adper Single Bond.

GRÁFICO 3 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade (SB) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena.



Quando os sistemas foram fotoativados por LED (Gráfico 4), os adesivos hidrofóbicos (Adhese < Heliobond < Scotchbond) apresentaram os menores valores, como já ocorreu com a fonte de lâmpada halógena, e são estatisticamente iguais. Estatisticamente iguais também, são os sistemas adesivos convencionais de dois passos (Adper Single Bond 2, Adper Single Bond, Excite), para a solubilidade dos adesivos fotoativados por LED. Os valores mais altos de solubilidade foram apresentados pelo sistema Xeno III, sendo estatisticamente igual ao Excite.

GRÁFICO 4 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade (SB) de água obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por LED.



De acordo com o teste t de Student, para as fontes polimerizadoras, aceita-se hipótese nula H_0 ao nível de 5% de risco, para todos os adesivos estudados com exceção do Adper Single Bond na sorção, e na solubilidade rejeita-se H_0 para ScotchBond Multi-purpose e Adper Single Bond.

6 DISCUSSÃO

A simplificação no uso de sistemas adesivos dentinários na Odontologia restauradora tem despertado a atenção quanto ao seu comportamento a longo prazo. No entanto a simplificação deveria ser acompanhada sem perda da qualidade do produto ou confiança na adesão (TAY *et al.*, 2000; DEGRANGE, 2000).

Inicialmente, os profissionais foram seduzidos pela facilidade de aplicação destes sistemas, entretanto não demoraram a que evidências científicas e clínicas apontassem ao insucesso destes produtos em algumas condições (BURROW; SATOH; TAGAMI, 1996; DE MUNCK *et al.*, 2003) A partir de então, as particularidades destes sistemas foram focos de investigações no intuito de se analisar quais eram os mecanismos e fatores envolvidos neste comportamento (HILTON, 2002; DE MUNCK *et al.*, 2003)

Um dos maiores problemas destes sistemas simplificados poderia estar relacionado ao fato de os mesmos serem extremamente hidrofílicos por conterem altas concentrações de monômeros iônicos (YIU *et al.*, 2004).

Esta propriedade está relacionada às observações de falha de união dos sistemas adesivos simplificados, em particular os adesivos auto-condicionantes de passo único, por potencializarem a condição de membranas permeáveis após polimerização (TAY *et al.*, 2002).

Tais fenômenos poderiam ocorrer pela sorção de água e hidrólise dos componentes resinosos hidrofílicos (TAY *et al.*, 2000), como será discutido a seguir, por meio dos resultados deste trabalho.

De acordo com os resultados obtidos, independente da fonte ativadora da polimerização aplicada, os sistemas que apresentam uma camada final de adesivo hidrofóbica apresentaram os menores valores de sorção. Este comportamento confirma o melhor desempenho dos sistemas convencionais de três passos e os sistemas auto-condicionantes de dois passos, ou seja, os que apresentam uma camada separada de adesivo propriamente dito. Uma provável explicação para que o sistema Heliobond tenha alcançado uma sorção menor que os demais sistemas de sua categoria, é o fato de não apresentar em sua composição o HEMA (PASHLEY *et al.*, 1998), diferentemente dos demais produtos. Este fator, como já mencionado anteriormente, é importante na sorção de água, uma vez que corresponde a um monômero resinoso hidrofílico.

O melhor comportamento dos sistemas menos simplificados é reforçado na literatura com as observações de trabalhos “in vivo” e “in vitro”. (NAKABAYASHI; TAKARADA, 1992; PASHLEY *et al.*, 1998)

Para os sistemas convencionais simplificados, os mesmos apresentaram comportamento intermediário, ou seja, maior sorção em relação aos sistemas hidrofóbicos, porém inferior ao sistema de passo único. O sistema Excite apenas diferiu dos sistemas Adper Single Bond e Adper Single Bond 2 no grupo fotoativado por fonte halógena. Quando fotoativado por LED, apesar de não haver diferença estatística, apresentou o menor valor. Possivelmente o melhor comportamento do Excite se remete ao fato de os demais dois sistemas apresentarem água em sua composição, podendo ter sido o fator diferencial. A presença ou ausência de cargas nanoparticuladas apresentadas pelos sistemas Excite e Adper Single Bond 2 não parece ter exercido diferença nesta propriedade.

O sistema Xeno III, representando os sistemas simplificados de passo único, foi o que demonstrou maior sorção sob ambos os sistemas de fotoativação. Sob a fotoativação halógena, não houve diferença com os sistemas simplificados Adper Single Bond e Adper Single Bond 2, mas sob a fotoativação LED, alcançou os piores resultados de todas as combinações testadas. A maior sorção alcançada pelo Xeno III é evidenciada pela presença de monômeros extremamente ácidos, necessários para a promoção de desmineralização da dentina. A presença de água que é um componente essencial nestes adesivos permite que os monômeros ácidos sejam efetivamente ionizados para que eles possam desmineralizar os substratos dentais, e desta forma, tornam-se mais hidrófilos (TAY; PASHLEY, 2001).

Nos sistemas simplificados, a evidência de canais de dimensão nanométrica no interior da camada híbrida foi demonstrada por Tay e Pashley (2003b), onde eles descreveram a presença de um modelo reticular demarcado por nitrato de prata dentro da camada híbrida, acreditando que os mesmos representam a retenção de volumes de água entre as fibras de colágeno desmineralizadas.

As observações de Chersoni *et al.* (2004) estão consistentes com essas observações e também revelam a água livre da camada híbrida, sugerindo que a esta poderia se comportar como uma membrana permeável. Este movimento sugere que a camada híbrida é uma membrana permeável que permite movimento da água em ambas as direções.

Os modelos de difusão são governados ou pela “teoria do volume livre”, na qual a água difunde através de nanoporos sem qualquer relação mútua com a polaridade das moléculas no material, ou a “teoria da interação” na qual a difusão da água através de material que se liga sucessivamente aos grupos hidrofílicos (BELLENGER; VERDU, 1989).

Na “teoria do volume livre”, tem sido proposto que a concentração de equilíbrio da água é governada principalmente pela avaliação da fração do volume livre, na qual os fluidos se difundem através de microcavidades ou outro defeito morfológico sem qualquer conexão mútua com o lado polar do material. Na “teoria da interação” moléculas de água seriam ligadas sucessivamente aos grupos polares das cadeias de polímeros, especialmente aqueles que formam pontes de hidrogênio, principalmente hidroxilas. Ultimamente, tem sido assumido que ambas as maneiras podem ser válidas, cada uma para uma definida amostra familiar ou ambas simultaneamente (BELLENGER; VERDU, 1989).

Outros autores (BURROW; INOKOSHI; TAGAMI, 1999) têm especulado sobre a sorção de água pelas resinas hidrofílicas dentro da camada híbrida. Esta ocorrência pode ser responsável pela degradação da força de adesão entre resina e dentina e por uma rápida deterioração das propriedades mecânicas da interface (HASHIMOTO *et al.*, 2000). Chersoni *et al.* (2004) concluíram em seus estudos que a camada híbrida parece comportar-se como uma esponja, absorvendo e liberando água. A formação de bolhas de água pode depender da composição química da camada híbrida, já que remoção das fibrilas de colágeno pela solução de hipoclorito de sódio (NaOCl), tem demonstrado prevenir a formação de bolhas de água.

A presença de carga em sistemas como o Excite, Adper Single Bond 2 e Xenon III não revelaram por meio deste teste exercer nenhuma influência. Talvez a baixa porcentagem de carga destes sistemas não seja suficiente para minimizar o efeito da sorção, como pode ser evidenciado em sistemas de resinas compostas, por exemplo. A quantidade da água absorvida pelos materiais restauradores tende a ser menos do que 1% comparado com aproximadamente 4% em peso para os agentes de união, devido às diferenças do material, onde os primeiros contêm cargas e os

agentes de união contêm baixa porcentagem ou não contêm carga. (BURROW; INOKOSHI; TAGAMI, 1999)

Todos esses trabalhos corroboram com o fato de que os sistemas simplificados representam sistemas mais hidrofílicos, despertando a atenção quando de sua indicação.

Ainda com base nos resultados do presente trabalho, o efeito da influência do sistema fotoativador somente se revelou para o sistema Adper Single Bond, na sorção e para os sistemas ScotchBond Multi-purpose e Adper Single Bond na solubilidade.

Dalpino (2005) observou uma evidente influência ao se variar a fonte de luz fotoativadora na análise de diferentes propriedades dos sistemas adesivos. Essa diferença pode ser atribuída claramente à densidade de potência dos aparelhos utilizados. Enquanto no presente trabalho houve uma manutenção da densidade de potência entre a fonte halógena e LED, no estudo de Dalpino, a variação da natureza da fonte de luz foi acompanhada da variação da densidade de potência aplicada.

Além do tipo de adesivo, um importante fator relacionado à sorção de água dos materiais à base de resina é o grau de polimerização (BURROW, INOKOSHI; TAGAMI, 1999). O trabalho de Asmussen e Peutzfeld (2005) reforça que a densidade de potência é um fator relevante para se gerar maior ou menor formação de cadeias poliméricas por rearranjos cruzados.

Pearson e Longman (1989) demonstraram que a sorção e solubilidade de água de um material restaurador híbrido e com micropartículas foram afetados significativamente pela incompleta polimerização. Conseqüentemente, com relação ao material restaurador, a própria sorção de água pode não causar problemas

significantes, mas se associado com incompleta polimerização o sucesso a longo prazo de uma restauração pode ser comprometido.

Quanto menor a presença de monômeros resinosos e maior o grau de polimerização, o estabelecimento de ligações cruzadas seria mais efetivo, melhorando a qualidade da polimerização (DALPINO, 2005).

Na análise de solubilidade, a maioria apresentou resultados negativos. De acordo com YAP *et al.* (2004), isto pode representar que o material é mais sensível à sorção, mascarando a solubilidade.

Os sistemas hidrofóbicos mais uma vez apresentaram comportamento mais favorável, com menores valores de solubilidade. Este resultado vem a somar as vantagens deste tipo de sistema.

Ao contrário, os sistemas simplificados, mesmo com valores negativos e sob a fotoativação de qualquer um dos sistemas testados apresentaram maior evidência de solubilidade, o que vem a demonstrar mais uma limitação destas. A solubilidade destes adesivos pode resultar na reação de produtos lixiviáveis com células do complexo dentino-pulpar e em alguns casos, comprometer a integridade pulpar. (YAP *et al.*, 2004b)

Alguns autores como (KANCA, 1992; MACIEL *et al.*, 1996; FINGER; FRITZ, 1996; SANO *et al.*, 1999; DE MUNCK *et al.* 2005) demonstram que a degradação da interface não deve ser atribuída exclusivamente aos sistemas adesivos em si, mas também devem considerar a degradação hidrolítica do colágeno exposto. Esta degradação se deve ao fato de que, durante o condicionamento ácido as fibras de colágeno expostas e sem a devida proteção pela hidroxiapatita e pelos monômeros resinosos ficam susceptíveis a ação das metaloproteinases.(CARRILHO *et al.*, 2005). Essas enzimas são do próprio hospedeiro e podem ser liberadas da matriz de

dentina, e uma vez livres colaboram na degradação do colágeno. Somado ao potencial de degradação devido à sorção de água são responsáveis pelo insucesso de restaurações adesivas.

Os resultados obtidos com a metodologia proposta sugere que os sistemas adesivos simplificados (convencionais de dois passos e auto-condicionante de um passo) oferecem maiores possibilidades de insucesso, devendo ser utilizado com maior atenção. Ao se associar a fonte de luz fotoativadora, há de se considerar que estes podem exercer influência quanto à qualidade de polimerização realizada.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste estudo e de acordo com a metodologia utilizada, pode-se concluir que:

- O tipo de sistema adesivo influencia no grau de sorção e solubilidade dos mesmos em solução aquosa;
- A fonte de luz ativadora está na dependência do sistema para determinar diferença ou não no grau de sorção e solubilidade dos diferentes sistemas adesivos.
- Rejeita-se H_0 para as duas hipóteses propostas, ou seja, há diferença na sorção e solubilidade dos diferentes sistemas adesivos propostos e há diferença no uso de diferentes fontes de luz fotoativadoras na sorção e solubilidade em água dos diferentes sistemas adesivos propostos.

REFERÊNCIAS

ABATE, P. F.; RODRIGUEZ, V. I.; MACCHI, R. L. Evaporation of solvent in one-bottle adhesives. **J. Dent.**, v. 28, n. 6, p. 437-440, Aug. 2000.

ARMSTRONG, S. R. *et al.* Resin-dentin interfacial ultrastructure and microtensile dentin bond strength after five-year water storage. **Oper. Dent.**, v. 29, n. 6, p. 705-712, Nov./Dec. 2004.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Light-emitting diode curing: influence on selected properties of resin composites. **Quintessence Int.**, v. 34, n. 1, p. 71-75, Jan. 2003.

_____. Polymerization of resin composites and the influence properties. **V International Symposium - Odontoiatria Adesiva e Ricostrutiva**, v.6, n.7, p.55-61, Apr 2001.

_____. Temperature rise induced by some emitting diode and quartz-tungsten-halogen curing units. **Eur. J. Oral. Sci.**, v. 113, n. 1, p.96-98, Feb. 2005.

BELLENGER, V.; VERDU, J. Structure-properties relationship for densely crosslinked epoxy-amine systems based on epoxies or amine mixtures. **J Mater Sci**, v.24, p.63-68, 1989.

BOUILLAGUET, S. *et al.* Ability of adhesive system to seal dentin surfaces: an in vitro study. **J. Adhes. Dent.**, v. 2, n.1, p. 201-208, Autumn. 2000.

BUONOCORE, M.; WILEMAN, W.; BRUDEVOLD, F. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **J Dent Res**, v. 35, n.6, p. 846-851, 1956.

BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v. 34, n.6, p. 849-853, 1955.

BURROW, M. F.; INOKOSHI, S.; TAGAMI, J. Water sorption of several bonding resins. **Am. J. Dent.**, v. 12, n.6, p. 295-298, Dec 1999.

BURROW, M. F.; SATOH, M.; TAGAMI, J. Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. **Dent. Mat.**, v. 12, n. 5, p. 302-307, Sep.1996.

CARRILHO, M.R.O. Mechanical stability of resin-dentin bond components. **Dent Mat.**, v.21, n.3, p.232-241, Mar 2005.

CARRILHO, M.R.O. *et al.* Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. **Am. J. Dent.**; v.17, n.2, p.104-8, Apr. 2004.

CARVALHO, R. M. *et al.* Effects of HEMA/ solvent combination on bond strength to dentin. **J. Dent. Res.**, v. 82, n. 8, p. 597-601, Aug. 2003.

_____. *In vitro* study on the dimensional changes of human dentin after demineralization. **Arch. Oral. Biol.**, v. 41, n.4, p. 369-377, Apr. 1996.

_____. Sistemas adesivos: fundamentos para a compreensão de sua aplicação e desempenho em clínica. **Biodonto**, v. 2, n. 1, p. 1-86, Jan./Fev. 2004.

CHEONG, C. *et al.* Incompatibility of self-etch adhesives with chemical/dual-cured composites: two-step vs one-step systems. **Oper. Dent.**, v. 28, n. 6, p. 747-755, Nov./Dec. 2003.

CHERSONI, S. *et al.* Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. **Dent. Mat.**, v. 20, n.9, p. 796-803, Nov. 2004.

D'ALPINO, P. H. P. Influência da fonte de luz fotoativadora na resistência de união e na micromorfologia da interface adesiva de restaurações de resina composta: um estudo *in vitro* com microscopia de fluorescência. Bauru, 2005. Tese – (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo, 2005.

DEGRANGE, M. The cost of saving time. **J. Adhes. Dent.**, v. 2, n.2, p. 79-80, Summer 2000.

DE MUNCK, J. *et al.* A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. **J. Dent. Res.**, v. 84, n. 2, p.118-132, Feb. 2005.

_____. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. **J. Dent. Res.**, v. 82, n. 2, p. 136-140, Feb. 2003.

DUNN, W. J.; BUSH, A. C. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 133, n. 3, p. 335-341, Mar. 2002.

FERRACANE, J. L. Elution of leachable components from composites. **J. Oral. Reab.**, v. 21, n. 4, p. 441-452, July 1994.

FINGER, W. J.; FRITZ, U. Laboratory evaluation of one-component enamel/dentin bonding agents. **Am. J. Dent.**, v. 9, n. 5, p. 206-210, Oct. 1996.

FUJIBAYASHI, K. *et al.* Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. **Dent. Jpn.**, v. 34, p. 49-53, 1998.

FUSAYAMA, T. *et al.* Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J. Dent. Res.**, v. 58, n. 4, p. 1364-1370, Apr. 1979.

GARCIA, F.C.P. Estudo sobre o papel dos solventes na produção de união à dentina. Bauru, 2005. Tese – (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Bauru. Universidade de São Paulo, 2005

GARCIA, F. C. P. *et al.* Paradoxo da evolução dos sistemas adesivos. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, v. 57, n. 6, p. 449-453, nov./dez. 2003.

GRIFFITHS, B. M.; WATSON, T. F.; SHERRIF, M. The influence of dentine bonding systems and their handling characteristics on the morphology and micropermeability of th dentine adhesive interface. **J. Dent.**, v. 27, n. 1, p. 63-71, Jan.1999.

GROBLER, S. R. *et al.* Shear bond strength, micro-leakage, and confocal microscopy of 4 amalgam alloy bonding agents. **Quintessence Int.**, v. 31, n. 7, p. 501-508, Jul./Aug. 2000.

GWINNETT, A. J. Dentin bond strength after air drying and rewetting. **Am. J. Dent.**, v. 7, n.3, p. 144-148, Jun. 1994.

HAGGER, O. Neue katalysatoren sur polymerization der äthene beiraumtemperatur (New catalystfor polymerization of ethylene at room temperature). **Helv. Chin. Acta.**, v. 31, n.6, p. 1624-31, 1948.

HASHIMOTO, M. *et al.* Effects of multiple adhesive coating on dentin bonding. **Oper. Dent.**, v. 29, n. 4, p. 416-423, Jul./Aug. 2004.

_____. *In vivo* degradation of resin-dentin bonds in human over 1 to 3 years. **J. Dent. Res.**, v. 79, n. 6, p. 1385-1391, Jun. 2000.

HILTON, T. J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 1. **Am. J. Dent.**, v. 15, n.3, p. 198-210, Jun. 2002.

INOUE, S. *et al.* Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. **J. Adhes. Dent.**, v. 3, n. 3 p. 237-245, Fall 2001.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATIONS. **International Standard 4049:** dentistry-polymer-based filling, restorative and luting materials. Geneva, 2000.

ITO, S. *et al.* Effects of resin hidrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. **Biomaterials**, v.26, n.33, p. 6449-6459, Nov. 2005.

JACOBSEN, T.; SODERHOLM, K.J. Some effects of water on dentin bonding. **Dent. Mat.**, v. 11, n.2, p.132-136, Mar. 1995.

JONTELL, M. *et al.* Effects of unpolymerized resin components on the function of accessory cells derived from the rat incisor pulp. **J. Dent. Res.**, v. 74, n. 5, p. 1162-1167, May 1995.

KANCA, J. 3rd Resin bonding to wet substrate I Bonding to dentin. **Quintessence Int.**, v. 23, n. 1, p. 39-41, Jan. 1992.

- KNEZEVIC, A. et al. Degree of conversión and temperatura rise during polymerization of composite resin simples with blue dioses. **J. Oral Rehabil.**, v. 28, n. 6, p. 586-591, Jun. 2001.
- KONNO, A. N. K. *et al.* Storage effect on the shear bond strength of adhesive systems. **Braz. Dent. J.**, v. 14, n. 1, p. 42-47, 2003.
- MACIEL, K. T. *et al.* The effects of acetone, ethanol, HEMA, and air on the stiffness of human decalcified dentin matrix. **J. Dent. Res.**, v. 75, n. 11, p. 1851-1858, Nov. 1996.
- MIJÖR, I. A. The morphology of dentin and dentinogenesis. In: LINDE, A. (Ed.). **Dentin an dentinogenesis**. Boca Raton, Flo.: CRC Press, 1984. v.1.
- MITRA, S. B.; WU, D.; HOLMES, B. N. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **JADA**, v. 134, n. 10, p. 1382-1390, Oct. 2003.
- MORTIER, E. *et al.* Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent: resin-based filling material. **Oper. Dent.**, v. 29, n. 6, p. 669-676, Nov./Dec.2004.
- MUNKSGAARD, E. C.; PEUZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. **Eur. J. Oral. Sci.**, v. 108, n. 4, p. 341-345, Aug. 2000.
- NAKABAYASHI, J.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. **J. Biomed. Mater. Res.**, v. 16, n. 3, p. 265-273, May. 1982.
- NAKABAYASHI, N.; TAKARADA, K. Effect of HEMA on bonding to dentin. **Dent. Mat.**, v. 8, n. 2, p. 125-130, Mar. 1992.
- PASHLEY, D.H. *et al.* Solvent-induced dimensional changes in EDTA-demineralized dentin matrix. **J. Biomed. Mater. Res.**;v. 56, n.2, p. 273-281. Aug 2001
- PASHLEY, E. L. *et al.* Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. **Dent. Mat.**, v. 14, n. 1, p. 6-10, Jan. 1998.
- PEARSON, G. J.; LONGMAN, C. M. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system. **J. Oral. Rehabil.**, v. 16, n. 1, p. 57-61, Jan.1989.
- PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; ASMUSSEN, E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. **Dent. Mater.**, v. 16, n.5, p. 330-336, Sep. 2000.
- PILO, R.; BEN-AMAR, A. Comparison of micro-leakage for three one-bottle and three multiple-step dentin bonding agents. **J. Prosthet. Dent.**, v. 82, n. 2, p. 209-213, Aug. 1999.

REIS, A. *et al.* Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture and adhesive solvent component. **Dent. Mater.** v. 20, n. 7, p. 669-676, Sep. 2004.

REIS, A. F. *et al.* The effect of organic solvents on one-bottle adhesives bond strength to enamel and dentin. **Oper. Dent.**, v. 28, n. 6, p. 700-706, Nov./Dec. 2003.

SADEK, F. T.; TAVARES, A. U.; CARDOSO, P. E. C. Efeito do armazenamento de adesivos de frasco único sobre a resistência de união à dentina. **Cienc. Odontol. Bras.**, v. 6, n. 2, p. 29-34, 2003.

SANARES, A.M.E. *et al.* Adverse surface interactions between one-bottle light-cured adhesives and chemical-cured composites. **Dent. Mater.**, v. 17, n. 6, p. 542-556, Nov. 2001.

SANO, H. *et al.* Long term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, *in vivo*. **J. Dent. Res.**, v. 78, n. 4, p. 906-911, Apr. 1999.

_____. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. **Oper. Dent.** , v. 20, n. 1, p. 18-25, Jan. / Feb. 1995.

SOH, M.S.; YAP, A.U.J. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. **J. Dent.**, v.32, n.4, p.321-326, May 2004.

TANAKA, J. *et al.* Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. **Dent. Mater. J.**, v. 18, n. 1, p. 11-18, Mar. 1999.

TARLE, Z. *et al.* Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc, and an experimental blue LED curing unit. **J. Oral. Rehabil.**, v. 29, n. 7, p. 662-667, Jul. 2002.

TAY, F. R. *et al.* An ultrastructural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. **J. Adhes. Dent.**, v. 2, n. 2, p. 83-98, Summer 2000.

_____. Single-step adhesives are permeable membranes. **J. Dent.**, v. 30, n. 7, p. 371-382, Sep. /Nov. 2002.

_____. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part I. Bond strength and morphologic evidence. **Am. J. Dent.**, v. 17, n. 4, p. 271-278, Aug. 2004.

TAY, F. R.; CARVALHO, R. M.; PASHLEY, D. H. Water movement across bonded dentin: too much of a good thing. **J. Appl. Oral. Sci.**, v. 12, n. esp., p. 12-25, 2004.

TAY, F. R.; PASHLEY, D. H. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. **Dent. Mater.**, v. 17, n. 4, p. 296-308, Jul. 2001.

_____. Have dentin adhesives become too hydrophilic? **J. Can. Dent Assoc.**, v. 69, n. 11, p. 726-731, Dec. 2003a.

_____. Water treeing: a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. **Am. J. Dent.**, v. 16, n.1, p. 6-12, Feb. 2003b.

TAY, F. R; PASHLEY, D. H.; PETERS, M. C. Adhesive permeability affects composite coupling to dentin treated with a self-etch adhesive. **Oper. Dent.**, v. 28, n. 5, p. 610-621, Sep./Oct.2003.

WANG, Y.; SPENCER, P. Hybridization efficiency of the adhesives/dentin Interface with wet bonding. **J. Dent. Res.**, v. 82, n. 2, p. 141-145, Feb. 2003.

YAP, A.U.J. *et al.* Elution of leachable components from composites after LED and halogen light irradiation. **Oper. Dent.** , v.29, n.4, p.448-453, Jul. / Aug. 2004a

YAP, A.U.J. *et al.* Influence of curing lights and modes on cross-link density of dental composites. **Oper. Dent.**, v.29, n.4, p.410-415, Jul. / Aug. 2004b.

YAP, A.U.; TEOH, S.H.; TAN, K.B. Influence of water exposure on three-body wear of composite restoratives. **J. Biomed. Mater. Res. (Applied Materials)**, v.53, n.5, p.547-553, Sep. 2000.

YIU, C.K.Y. *et al* Effect of resin hydrophilicity and water storage on resin strength. **Biomaterial**, v. 25, n.26, p. 5789-5796, Nov. 2004

YOUSSEF, J.A. *et al.* Resistência de união à dentina de resinas compostas associadas a sistemas adesivos com e sem carga. **Pesq. Odontol. Bras.**, v. 5, n. 2, p. 157-160, Abr./Jun. 2001.

GRÁFICO 6 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por lâmpada halógena

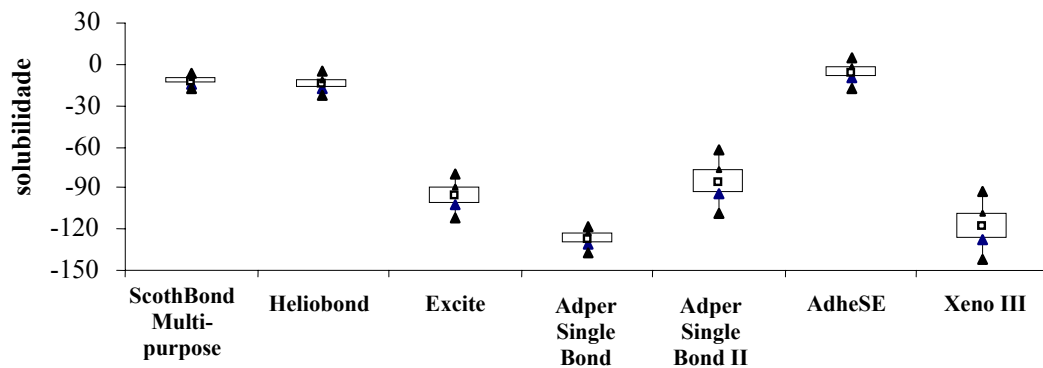


TABELA 4 - Média da Sorção (S) e Solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e Desvio Padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com lâmpada halógena

ADESIVOS	S (DP)	SB (DP)
ScotchBond Multi-purpose	101,7 (7,9) ^A	-12,3 (5,4) ^A
Heliobond	58,8 (12,6) ^C	-14,0 (7,9) ^A
Excite	185,0 (14,7) ^D	-95,6 (15,0) ^{B, D}
Adper Single Bond	241,1 (22,4) ^B	-127,2 (9,1) ^C
Adper Single Bond II	245,5 (21,4) ^B	-85,9 (22,0) ^D
AdheSE	95,6 (16,1) ^A	-6,1(10,7) ^A
Xeno III	268,3 (17,9) ^B	-117,5 (23,7) ^{B, C}

GRÁFICO 7- Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção e solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por lâmpada halógena

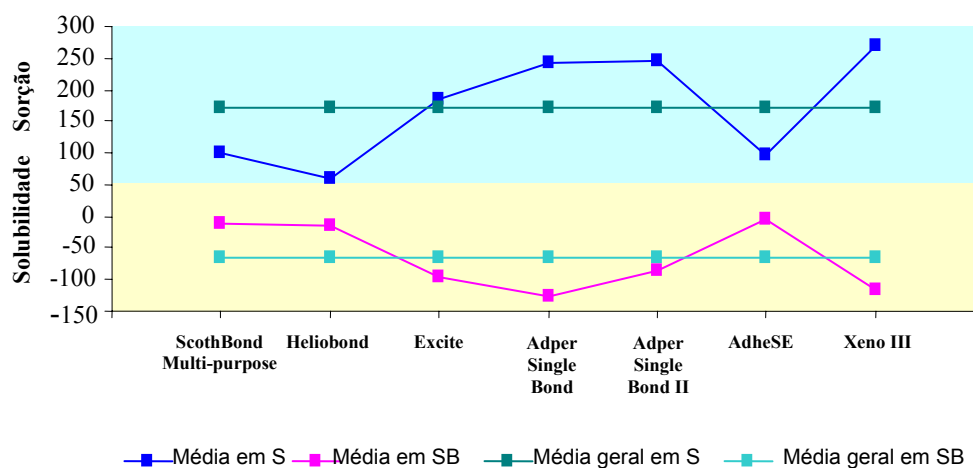


GRÁFICO 9 - Gráfico representativo dos valores de média e erro padrão de solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados, fotoativados por LED

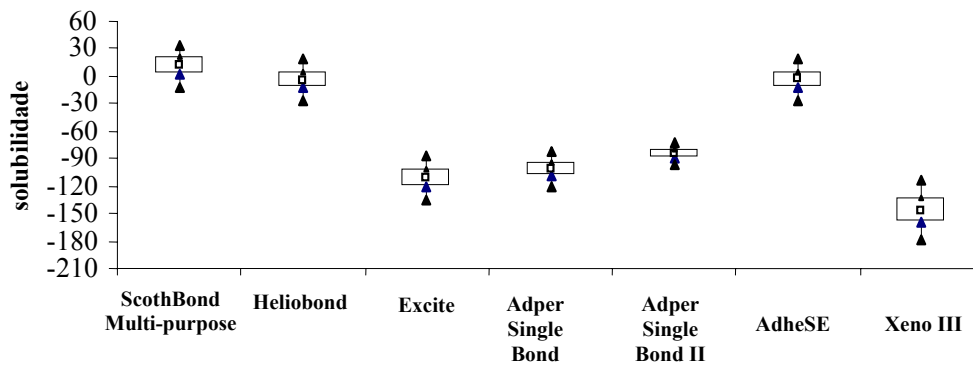


TABELA 7 - Média da sorção (S) e solubilidade de água (SB) em $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e Desvio Padrão (DP), obtidos com as espécies polimerizadas com luz de LED

ADESIVOS	S (DP)	SB (DP)
ScotchBond Multi-purpose	96,5 (11,4) ^A	11,4 (21,7) ^A
Heliobond	63,1 (22,8) ^A	-4,4 (21,2) ^A
Excite	196,4 (23,5) ^B	-110,5 (22,8) ^{B,C}
Adper Single Bond	197,3 (26,4) ^B	-101,7 (18,4) ^B
Adper Single Bond II	227,1 (21,9) ^B	-84,2 (12,0) ^B
AdheSE	105,2 (21,3) ^A	-3,5 (21,5) ^A
Xeno III	292,0 (66,1) ^C	-146,4 (31,5) ^C

GRÁFICO 10 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção e solubilidade de água, obtidos dos sistemas adesivos testados fotoativados por LED

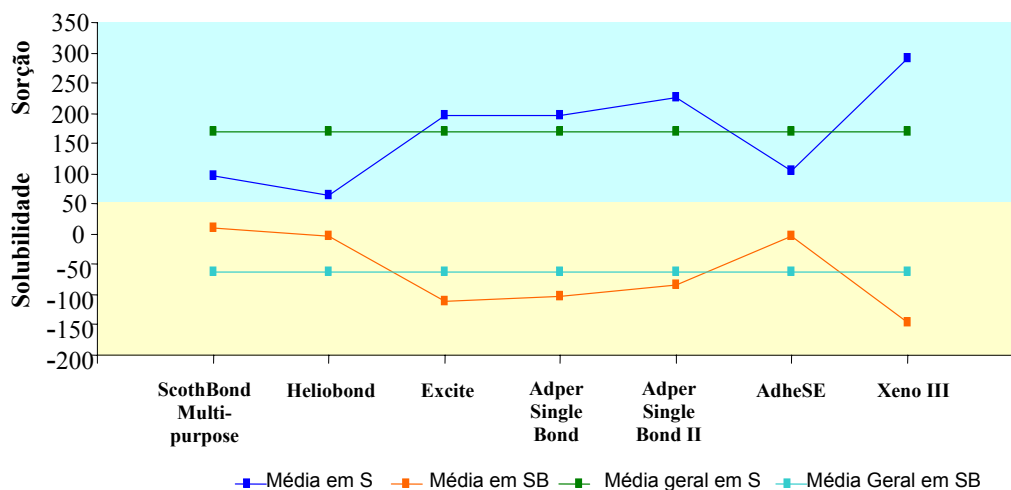
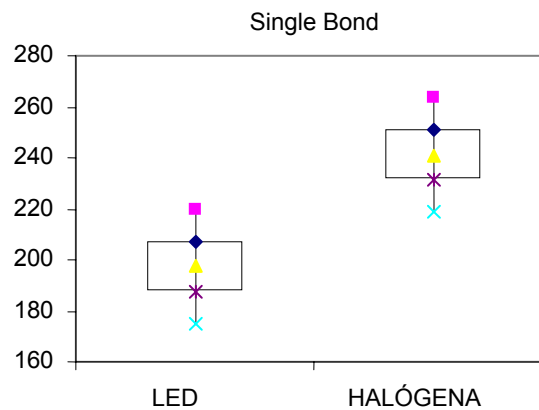


TABELA 8 – Teste *t* de Student para sorção.

SORÇÃO	Single Bond	
	LED	HALÓGENA
Estadísticas		
<i>Média</i>	197,30	241,14
<i>Variância</i>	694,81	502,88
<i>Variância (agrupada)</i>	598,84	598,84
<i>GL</i>	10,00	
α	0,05	
<i>p</i>	0,01	
<i>t(calculado)</i>	-3,10	
<i>t(critico)</i>	2,23	
<i>Conclusão</i>	Rejeita - se H0	

GRÁFICO 11 - Gráfico representativo comparando os valores de média de sorção de água obtidos do sistema adesivo Single Bond, para cada fonte de luz

TABELA 9 – Teste *t* de Student para solubilidade

SOLUBILIDADE	ScotchBond Multi-purpose		Single Bond	
	LED	HALÓGENA	LED	HALÓGENA
Estadísticas				
<i>Média</i>	11,40	-12,28	-101,72	-127,15
<i>Variância</i>	469,66	29,53	339,56	82,12
<i>Variância (agrupada)</i>	249,59	249,59	210,84	210,84
<i>GL</i>	10,00		10,00	
α	0,05		0,05	
<i>p</i>	0,03		0,01	
<i>t(calculado)</i>	2,60		3,03	
<i>t(critico)</i>	2,23		2,23	
<i>Conclusão</i>	Rejeita - se H0		Rejeita - se H0	

GRÁFICO 12 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade de água obtidos do sistema adesivo ScotchBond Multi-purpose, para cada fonte de luz

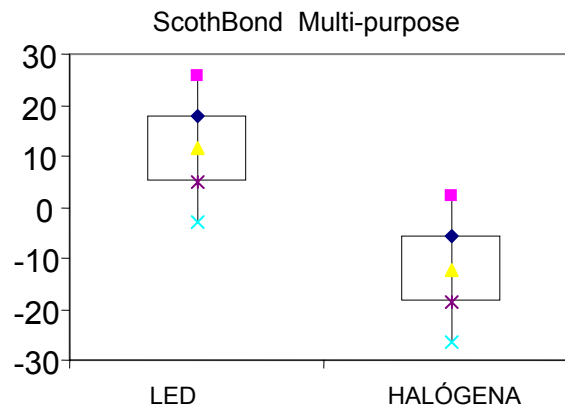


GRÁFICO 13 - Gráfico representativo comparando os valores de média de solubilidade de água obtidos do sistema adesivo Single Bond, para cada fonte de luz.

