



Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Universidade Estadual de Campinas



Roberta Caroline Bruschi Alonso
Cirurgiã-Dentista

**EFEITO DOS MÉTODOS DE
FOTOATIVAÇÃO E DE FORRADORES
RESINOSOS NA ADAPTAÇÃO MARGINAL
DE RESTAURAÇÕES EM COMPÓSITO
ODONTOLÓGICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Materiais Dentários.

Piracicaba
2003

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Universidade Estadual de Campinas

Roberta Caroline Bruschi Alonso
Cirurgiã-Dentista

**EFEITO DOS MÉTODOS DE FOTOATIVAÇÃO E DE
FORRADORES RESINOSOS NA ADAPTAÇÃO
MARGINAL DE RESTAURAÇÕES EM COMPÓSITO
ODONTOLÓGICO**

Orientador:

Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Banca Examinadora:

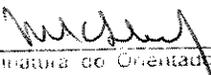
Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Prof. Dr. Mário Fernando de Góes

Prof. Dr. Walter Gomes Miranda Júnior

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83

CPG, 30 / 04 / 03


Assinatura do Orientador

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Materiais Dentários.

Piracicaba
2003

UNIDADE	Be
Nº CHAMADA	UNICAMP
	AL 72e
V	EX
TOMBO BC	54297
PROC.	124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	24/06/03
Nº CPD	

CM00185466-4

BIB ID 293055

Ficha Catalográfica

AL72e

Alonso, Roberta Caroline Bruschi.

Efeito dos métodos de fotoativação e de forradores resinosos na adaptação marginal de restaurações em compósito odontológico. / Roberta Caroline Bruschi Alonso. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2003. xxx, 138p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. 2. Resinas compostas. 3. Fotopolimerização. I. Sinhoreti, Mário Alexandre Coelho. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 19 de Fevereiro de 2003, considerou a candidata ROBERTA CAROLINE BRUSCHI ALONSO aprovada.

1. Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI *M. Coelho*

2. Prof. Dr. WALTER GOMES MIRANDA JÚNIOR *W. Miranda*

3. Prof. Dr. MARIO FERNANDO DE GOES *M. F. de Goes*

019068002

“Em toda luta por um ideal se tropeça em adversários e se cria inimizadas. O homem firme não os ouve e nem se detém a contá-los. Segue sua rota irreduzível em sua fé, imperturbável em sua ação, porque quem marcha em direção de uma luz não pode ver o que ocorre nas sombras.”

Autor Desconhecido

Dedico este trabalho aos meus pais Jaime e Neide, que inúmeras vezes renunciaram a seus momentos para vivenciarem cada etapa do meu caminho, nunca permitindo que as dificuldades e o cansaço me atingissem, amenizando minhas derrotas e valorizando minhas realizações. Agradeço pelo amor incondicional e pelo precoce incentivo que germinou em mim uma vontade de sempre aprender...

A eles, meu eterno amor e gratidão.

“O verdadeiro amor não se conhece por aquilo que exige,
mas por aquilo que oferece.”
(Jacinto Benavente)

Agradeço a Deus por, nessa vida, me proporcionar alegrias e conquistas, iluminando meu caminho e gerando em mim confiança e determinação para superar os obstáculos.

"É vã toda obra humana que não começa no céu."
(Pietro Metastásio)

Agradeço aos meus irmãos Renata e Jaiminho, pela
alegria do convívio, pela sincera amizade que nos une
de uma maneira que vai muito além dos laços
fraternos e pelo eterno incentivo nas minhas
realizações.

Que fique o exemplo, com carinho e entusiasmo da
irmã mais velha...

Agradeço a toda minha família, que faça chuva, faça sol,
sempre apoiou, sempre esteve presente, sempre amparou ...

"A maior de todas as artes é a arte de viver juntos."
(William Lyon Phelps)

Agradeço ao meu namorado Kiko, pelo amor e paciência, por entender a ausência que se fez necessária nesses infindáveis dias, por suportar a distância mantendo acesa a chama do nosso amor e da amizade que nos une. Agradeço também pela dedicação e incentivo que sempre a mim dirigiu. A ele, apenas meu maior amor...

“...ainda que eu falasse a língua dos anjos, sem amor eu nada seria.”
(Primeira Carta de São Paulo aos Coríntios)

Agradeço ao grande amigo Leonardo Gonçalves Cunha,
meu companheiro desde o início dessa caminhada,
pela exaustiva participação na confecção deste trabalho
e de tantos outros.

Agradeço especialmente pela sincera amizade.

A ele, também, minha maior amizade...

Às minhas amigas Gisele Maria Correr e
Ângela Scarparo Caldo-Teixeira pela amizade
sincera, pelo incentivo e por toda a ajuda prestada
desde a época de Graduação.

"Todas as glórias deste mundo não valem um amigo fiel."
(Voltaire)

Agradecimentos Especiais

Ao Prof. Doutor Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Professor Associado da Área Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, que muito contribuiu para meu crescimento profissional e pessoal, com empenho e dedicação na orientação deste trabalho. Agradeço pela amizade e confiança, pelo exemplo de dignidade e competência, pela orientação segura e incentivo constante dedicados à minha formação.

Um professor influi para a eternidade;
nunca se pode dizer até onde vai sua influencia.
(Henry B. Adams)

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba , da Universidade Estadual de Campinas, nas pessoas do seu diretor Prof. Dr Thalles Rocha de Mattos Filho e do diretor associado Prof. Dr. Oslei Paes de Almeida por minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e suporte financeiro, possibilitando a realização do Curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Simonides Consani, pesquisador exemplar, com visão e sabedoria singular, pela seriedade, amabilidade e ensinamentos passados durante o curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Mário Fernando de Goes, minha grande admiração pela competência científica, pela grande ajuda e gentileza ao ceder materiais e transmitir valiosos conhecimentos que tanto auxiliaram na confecção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho pela colaboração e extensiva motivação que sempre a nós dedicou, assim como pelos conhecimentos transmitidos durante o curso de Pós- Graduação.

À Profa. Dra. Regina Maria Puppini Rontani pela disponibilidade e constante colaboração para minha formação científica durante os curso de Graduação e Pós-Graduação e especialmente pela amizade.

Ao Prof. Luís André Freire Pimenta pela presença na banca de Qualificação, cujas considerações foram de grande importância para o enriquecimento científico desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Washington Barbosa Leite, da Faculdade de Geologia da UNESP de Rio Claro, pelo livre acesso à lupa que permitiu a análise dos resultados dessa Tese.

À Profa. Dra. Cecília Gatti Guirado pela gentileza e amabilidade, além do carinho e amizade que sempre em mim depositou.

Ao engenheiro Marcos Blanco Cangiani, técnico especializado da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, verdadeiro exemplo de trabalho e dedicação, pela colaboração na parte fotográfica e prestatividade durante a confecção deste trabalho.

À Sra. Selma A. Barbosa Segalla, secretária da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela simpatia e por todo o auxílio prestado no decorrer do curso.

À bibliotecária Marilene Girello, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela preciosa orientação nas referências bibliográficas.

À Tia Nenê, pela atenção e carinho na correção gramatical e ortográfica desta Tese e especialmente pelo amparo, auxílio e amizade desde que cheguei em Piracicaba.

À Luciana Machion e ao Júnior, pela amizade e pelo prestativo auxílio na correção do Abstract.

Às minhas amigas Cristiane, Paula, Juliana e Lívia pela amizade, companhia e atenção durante os momentos difíceis desses 2 anos.

Aos demais colegas de Pós-Graduação: Giovanni, Paulinho, Gilberto, Janaína, Danilo, Rogério, Murilo, Luciana, Daniela e Mônica, pela amizade, convívio e conhecimentos trocados durante o curso.

Aos amigos Fabinho, Rogério, Daniel, Alessandra, Larissa, Ciça, Laura, Marlise, Mirela, Alex, Du, Carlos Augusto, Luís, Carol, Thaís, Carol Kalil, Denisinha, Grace, Stênio, Camila, Margareth, Larissa Ribeiro, Tatiana, Vanessa, Nilton, Fernando, Renatão, Luciano, José, Galeano, Marcelo e tantos outros pelo calor humano, pela alegria e pela oportunidade de conhecer com vocês.

A todos que indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos

Sumário

Resumo	1
Abstract	3
1. Introdução	5
2. Revisão da literatura	11
3. Proposição	81
4. Material e Métodos	83
4.1 Material	83
4.2 Métodos	84
4.2.1. <i>Seleção e preparo das amostras</i>	84
4.2.1.2 <i>Preparo Cavitário</i>	86
4.2.1.3 <i>Restauração das cavidades</i>	87
4.2.1.4 <i>Avaliação da adaptação marginal</i>	95
4.2.1.5 <i>Análise estatística</i>	97
5. Resultados	99
6. Discussão	105
7. Conclusão	119
Referências Bibliográficas	121
Anexos	129

Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito dos métodos de fotoativação e de forradores resinosos na adaptação marginal de restaurações em compósito. Para isto, foram selecionados 200 incisivos bovinos, os quais tiveram a superfície vestibular desgastada de modo a expor uma área plana de pelo menos 6 mm de diâmetro de dentina, onde uma cavidade circular com 4 mm de diâmetro e 1,5 mm de profundidade foi confeccionada. As paredes cavitárias foram condicionadas com ácido fosfórico durante 15s e o sistema de união Scotchbond Multi-uso aplicado de acordo com as instruções do fabricante. Os dentes foram então separados em 5 grupos, segundo o método de fotoativação empregado: 1) Luz halógena contínua (800 mW/cm² por 20s); 2) Dupla intensidade de luz (150 mW/cm² por 10s, seguido por 800 mW/cm² por 15s); 3) Luz pulsátil (600 mW/cm² por 40s); 4) LED (370 mW/cm² por 40s); 5) Arco de plasma de xenônio (1800 mW/cm² por 3s). Cada grupo foi subdividido segundo a técnica restauradora utilizada: A) Controle – (1 camada de adesivo); B) Aplicação de 3 camadas de adesivo C) Aplicação do compósito Filtek Flow como forramento; D) Aplicação do compósito Protect Liner F como forramento. Após, todas as cavidades foram restauradas com o compósito Z250 e armazenadas em água destilada a 37°C, durante 24h. As amostras foram então submetidas a acabamento e polimento em politriz refrigerada a água, utilizando lixas de granulação decrescente 400, 600 e 1200. Para análise dos resultados, as amostras foram coradas com solução de propileno glicol e ácido vermelho (Caries Detector – Kuraray Co. Japão), o que permitiu a evidência das fendas formadas. As fendas foram observadas em lupa estereoscópica e a imagem da restauração foi captada e transferida a um computador equipado com um programa de mensuração para determinar o comprimento da fenda. Tal valor foi convertido

em porcentagem, pela razão entre o comprimento de fenda e o comprimento total da margem cavitária, multiplicada por 100. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados demonstraram que as três técnicas restauradoras experimentais (3 camadas de adesivo, Filtek Flow e Protect Liner F) melhoraram significativamente a adaptação do compósito às margens cavitárias, em relação ao grupo controle (1 camada de adesivo), para o método de fotoativação por luz halógena contínua. Para os outros métodos de fotoativação não foram encontradas diferenças significativas entre as técnicas restauradoras. Com relação aos métodos de fotoativação, somente foram detectadas diferenças significativas no grupo controle (1 camada de adesivo), no qual o método pulsátil apresentou redução significativa no percentual de fendas formadas em relação aos métodos de luz halógena contínua e dupla intensidade de luz. Os grupos ativados por LEDs e lâmpada de arco de plasma de xenônio apresentaram resultados intermediários, não diferindo estatisticamente dos demais. Pôde-se concluir que, o método pulsátil melhorou efetivamente a qualidade marginal na técnica restauradora convencional (1 camada de adesivo) e que o uso de forradores resinosos reduziu a formação de fendas marginais quando a ativação do compósito foi feita com luz halógena convencional.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of the polymerization methods and the use of resin liners on marginal adaptation of composite restorations. Two hundred bovine incisors were selected for the study. The buccal surfaces of the teeth were grounded until a minimum of 6mm in diameter of dentin was exposed. A circular cavity (4mm in diameter x 1.5mm in depth) was prepared in this area. The cavity walls were etched and Scotchbond Multi Purpose system was applied according to the manufacturer's instructions. These teeth were randomly assigned into five groups, according to the polymerization method: 1- Halogen continuous light (800mW/cm² for 20s); 2- Soft start polymerization (150mW/cm² for 10s followed by 800mW/cm² for 15s); 3- Pulsating light (600mW/cm² for 40s); 4- LED – light emitting diodes (370mW/cm² for 40s); 5- Plasma arc xenon (1800mW/cm² for 3s). Each group was subdivided into four subgroups, according to the liner used: A- Control (1 adhesive layer); B- Application of three adhesive layers; C- Application of low viscosity composite Filtek Flow as a liner; D- Application of low viscosity composite Protect Liner F as a liner. All cavities were then restored with a single increment of Filtek Z250 restorative composite and stored in distilled water at 37°C for 24h. After storage, each restoration was polished with a sequence of wet sand paper (400, 600, and 1200 grid). For the analysis of the results, a solution of red acid and propylene glycol (Caries Detector – Kuraray Co. Japan) was applied on each specimen for 5s. This procedure allowed the verification of marginal gap through dye penetration. Dye penetration images were observed under stereomicroscope and transferred to a computer measurement program so that the extension of the dye penetration (gap) could be determined. The gap values were obtained by the

dyed margin length divided by the total cavity length, then multiplied by 100. Data were submitted to ANOVA and Tukey's test ($p < 0,05$). Results showed that when the halogen continuous method was used, the three resin liner restorative techniques have significantly increased marginal adaptation of the composite to the dentin margins when compared to control group (1 adhesive layer). When the other polymerization methods were used, no significant differences were detected among the restorative techniques. Regarding the polymerization methods, significant differences were only detected when the control restorative technique (1 adhesive layer) was used. Pulsating light showed better marginal quality than the other halogen methods (continuous and soft start polymerization). Within the limits of this study, it can be concluded that pulsating light and the use of resin liners with halogen continuous light significantly decrease marginal gap formation.

1. Introdução

O objetivo de muitos estudos na Odontologia moderna tem sido a união dos compósitos restauradores resinosos às estruturas dentais. Em 1955, BUONOCORE foi o primeiro pesquisador a introduzir uma técnica para aumentar a resistência de união da resina acrílica ao esmalte dentário através do condicionamento do substrato com ácido fosfórico a 85% por 1 minuto. Tal procedimento alterava sua morfologia superficial, criando microporosidades onde a resina fluida penetrava e se polimerizava, formando efetiva união mecânica com o esmalte dental.

Com relação à dentina, a efetividade de união dos materiais restauradores resinosos tem sido um desafio aos clínicos e pesquisadores, principalmente devido à característica heterogênea desse substrato (PASHLEY & CARVALHO, 1997). MARSHALL, em 1993, caracterizou a dentina como um compósito complexo hidratado, cuja organização estrutural varia em função de processos formativos, fisiológicos e patológicos. Porém, a realização de intensas pesquisas na busca do conhecimento de sua composição, líquidos intrínsecos, permeabilidade, entre outros fatores, propiciou o desenvolvimento de uma técnica de condicionamento ácido total associado à aplicação de monômeros hidrófilos e hidrófobos em concentrações balanceadas (NAKABAYASHI *et al.*, 1982). A interdifusão dos monômeros para o interior da rede colágena e posterior polimerização resultou na formação de uma barreira resistente à penetração de ácidos, fluidos bucais e toxinas bacterianas (NAKABAYASHI *et al.*, 1982). A formação da camada híbrida e dos prolongamentos resinosos no interior dos túbulos tende a selar a dentina, prevenindo a microinfiltração e a irritação pulpar e por conseqüência aumenta a longevidade das restaurações em compósito (NAKABAYASHI & PASHLEY, 1999).

Os compósitos resinosos vêm sendo aprimorados desde o início da década de 70, e atualmente apresentam diversas características vantajosas que propiciaram a ampliação de suas indicações na Odontologia moderna. Tais características são: a capacidade de reproduzir esteticamente a estrutura dental perdida, a possibilidade de união com os substratos dentais (PASHLEY & CARVALHO, 1997), além de propriedades físicas e mecânicas satisfatórias que permitem sua aplicação em dentes anteriores e posteriores (PEUTZFELDT, 1997).

Entretanto, os compósitos têm como desvantagem inerente a contração de polimerização, decorrente de reações químicas na matriz orgânica do compósito (ASMUSSEN, 1975; DAVIDSON & FEIZER, 1997). Atualmente, diversas técnicas e materiais vêm sendo desenvolvidos com o intuito de reduzir ou mesmo eliminar a contração de polimerização (UNO & ASMUSSEN, 1991; PEUTZFELDT, 1997; SAKAGUCHI & BERGE, 1998).

Quando os compósitos polimerizam *in situ*, na cavidade dentária, e portanto, em condição restrita, ocorre o desenvolvimento de tensões na interface dente-restauração (FEILZER *et. al.*, 1987). Se tais tensões forem superiores à resistência de união imposta pelo sistema adesivo, inevitavelmente formar-se-ão fendas, que certamente representarão locais propícios para a instalação e proliferação bacteriana. A colonização bacteriana desses locais pode resultar em manchamento da interface, sensibilidade pós-operatória, cárie recorrente e inflamação pulpar, culminando no fracasso da restauração (COX, 1994).

Todavia, apesar da contração de polimerização ser a causa, as tensões por ela geradas são consideradas o mecanismo responsável pelos problemas de união na prática clínica (DAVIDSON & FEILZER, 1997). Dessa maneira, uma vez que a contração de polimerização é uma característica inerente de cada compósito e função direta do seu grau de conversão (ASMUSSEN, 1975), a tensão de contração incidente na interface dente-

compósito deve ser encarada como fator a ser reduzido, ou preferencialmente eliminado, para a manutenção de uma boa integridade marginal das restaurações. DAVIDSON & DE GEE, em 1984, observaram que parte considerável das tensões de contração (até 96%) pode ser compensada pelo acomodamento das cadeias poliméricas durante a cura, fato definido pelos autores como escoamento.

Diante disso, vários métodos para reduzir as tensões de contração e melhorar a qualidade das restaurações em compósito foram sugeridos por diversos autores, entre eles estão a redução do fator de configuração cavitária (FEILZER *et al.*, 1987; DAVIDSON *et al.*, 1984; FEILZER *et al.*, 1990); o aumento da capacidade de escoamento e flexibilidade dos materiais restauradores (FEILZER *et al.*, 1990; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995); alteração na formulação dos compósitos (WATTS & HINDI, 1999; PEUTZFELDT, 1997); a inserção criteriosa do compósito na cavidade através da técnica incremental (LUTZ *et al.*, 1991); o uso de técnicas alternativas para a fotoativação de compósitos (KORAN & KÜRSCHNER, 1998; ERNST *et al.*, 2000; BOUSCHLICHER *et al.*, 2000); e a utilização de materiais com baixo módulo de elasticidade como forradores resilientes (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990; SAKAGUCHI & BERGE, 1998; UNTERBRINK & LIEBENBERG, 1999).

Para o forramento de cavidades, os compósitos de baixa viscosidade têm sido utilizados, pois apresentam baixo módulo de elasticidade quando comparados aos compósitos convencionais, o que lhes confere maior resiliência (BAYNE, 1998). Dessa forma, a aplicação desses materiais como forramento de restaurações em compósito pode minimizar os efeitos das tensões geradas pela contração de polimerização do compósito restaurador, melhorando a qualidade marginal, uma vez que esses forradores resilientes podem atenuar as tensões que incidem na interface (SWIFT JR, 1996; ESTAFAN, 2000; BELLI, 2001).

Um outro método para minimizar as tensões de contração é alterar a cinética de polimerização pela modulação da emissão de luz durante a fotoativação dos compósitos (ERNST *et al.*, 2000). Essa modulação pode ser realizada através de fotoativação com dupla intensidade luminosa ou por luz pulsátil, utilizando aparelhos com lâmpada halógena. O método de dupla intensidade luminosa consiste na irradiação inicial do compósito com baixa intensidade de luz, o que possibilita redução da contração de polimerização pós-gel e das tensões por ela induzidas, seguida pela exposição à alta intensidade, o que garante grau de conversão adequado (SAKAGUCHI & BERGE, 1998; SILIKAS *et al.*, 2000). Como demonstrado por UNO & ASMUSSEN (1991) e YOSHIKAWA *et al.* (2001), o método de fotoativação por dupla intensidade pode melhorar a adaptação marginal de compósitos resinosos às paredes cavitárias pela redução da tensão de contração.

O método pulsátil utiliza luz intermitente para a fotoativação dos compósitos. No período em que a luz está apagada e o compósito não está sendo irradiado, há possibilidade de redução das tensões geradas pela contração de polimerização, como ocorre no método de ativação por dupla intensidade luminosa (OBICI *ET AL*, 2002). A redução dessas tensões ocorre devido ao prolongamento do período visco-elástico, o que garante ao compósito maior capacidade de escoamento (MEHL, 1997) e pode permitir melhor adaptação marginal às restaurações ativadas por tal método.

Além das técnicas alternativas, que empregam a lâmpada halógena, também estão disponíveis no mercado novas tecnologias para fotoativação de compósitos que têm como objetivo substituir o método convencional, buscando proporcionar menor tempo de exposição e/ou melhor qualidade de luz.

A fonte de luz visível mais utilizada atualmente na prática clínica provém dos aparelhos fotoativadores baseados em lâmpada halógena. Entretanto esses aparelhos apresentam diversas desvantagens, pois partes importantes como o bulbo da lâmpada, o refletor e o filtro apresentam degradação significativa com o tempo, devido a grande quantidade de calor produzida durante os ciclos de uso. Além disso, a lâmpada halógena possui vida útil inferior a 100 horas (MIYAZAKI *et al.*, 1998; MARTIN, 1998; PILO *et al.*, 1999). Outro fator a ser considerado é que o espectro de luz emitido pela lâmpada halógena tem seu pico em torno de 700nm e, portanto, a maior parte da energia emitida por este tipo de lâmpada não é absorvida pelo fotoiniciador canforoquinona (cujo intervalo de absorção varia entre 410 e 500nm), e dessa maneira a energia acaba sendo desperdiçada na forma de calor (FUJIBAYASHI *et al.*, 1998). Assim, devido aos problemas inerentes às unidades fotoativadoras a base de lâmpadas halógenas, a tecnologia LED (*Light Emitting Diodes*) tem sido proposta para ativação de compósitos odontológicos.

Recentes estudos apontam e demonstram o uso de LEDs como alternativa promissora na fotoativação de compósitos (FUJIBAYASHI *ET AL.*, 1998; STAHL *ET AL.*, 2000; MILLS *ET AL.*, 2002). Isto porque o espectro de absorção da canforoquinona tem um valor pico de 470nm e os LEDs azuis possuem um pico de emissão, justamente em 470nm, sendo assim não há necessidade de filtros como acontece com as lâmpadas halógenas (JANDT *et al.*, 2000). Ainda, os LEDs utilizam semi-condutores para emissão de luz, enquanto que as lâmpadas halógenas utilizam um filamento metálico e, por esta razão, as unidades LEDs têm menor aquecimento, sem apresentar degradação significativa com o tempo (MILLS *et al.*, 1999).

Além da tecnologia LED, estão disponíveis no mercado, fotoativadores com lâmpadas de arco de plasma de Xenônio, as quais emitem luz através de um plasma

incandescente. Essas unidades também emitem luz num comprimento de onda limitado em torno de 470nm. A principal vantagem é que o tempo de fotoativação pode ser incrivelmente reduzido devido à alta intensidade luminosa emitida (PEUTZFELDT *et al.*, 2000; SHARKEY, 2001; MILLAR & NICHOLSON, 2001).

Assim, em vista da problemática lançada a respeito dos métodos de fotoativação e do uso de forradores cavitários com material resiliente, observa-se a necessidade de pesquisas com o intuito de avaliar as características de polimerização e a capacidade de produção de restaurações clinicamente aceitáveis com melhor qualidade marginal, objetivando aumentar sua longevidade.

2. Revisão da literatura.

BUONOCORE, em 1955, relatou um método para aumentar a união da resina acrílica ao esmalte dental. Os métodos utilizados no tratamento do esmalte foram: o uso de uma diluição de 50% de um reagente fosfomolibidênio contendo sódio-tungstênio em conjunto com uma solução de ácido oxálico a 10%, visando remover a camada superficial do esmalte e com a possibilidade do grupo tungstênio ligar-se à parte orgânica do esmalte; o segundo método consistia na aplicação de ácido fosfórico a 85%, para determinar o efeito da descalcificação na união ao substrato dental. De acordo com os resultados o autor concluiu que o uso do ácido fosfórico e do ácido oxálico alterou a superfície do esmalte e esta alteração gerou melhores resultados de resistência da união. Assim, o autor sugeriu que este procedimento deveria ser utilizado no selamento de fôssulas e fissuras como método de prevenção à cárie.

Em 1976, KIDD definiu a microinfiltração como a passagem clinicamente indetectável de bactérias, fluidos, moléculas ou íons entre a parede cavitária e o material restaurador, podendo causar uma variedade de condições desfavoráveis que incluem cáries recorrentes, descoloração marginal, hipersensibilidade pós-operatória e até mesmo alterações pulpares. Assim, com base na importância que o fenômeno da microinfiltração apresenta frente ao processo de cárie recorrente, este estudo teve como objetivo avaliar quantitativamente o grau de infiltração de restaurações em amálgama e compósito resinoso e determinar a produção de lesões de cárie artificial nas paredes cavitárias em relação a cada material, além de descrever os fatores histológicos associados a estas lesões.

A contração de polimerização é uma característica inerente dos compósitos odontológicos. Essa contração muitas vezes resulta na formação de fendas entre as paredes da cavidade e o material restaurador. Tendo em vista essa característica, em 1975, ASMUSSEN investigou a relação entre a composição desses materiais e a contração de polimerização. Foram investigadas diversas marcas comerciais de compósitos, contendo Bis-GMA juntamente com quantidades variáveis de monômeros diluentes. Para tanto, cavidades cilíndricas com diâmetro e profundidade de 2,5mm foram confeccionadas em dentes humanos e restauradas com os diversos compósitos odontológicos. A largura das fendas foi mensurada em microscópio. Como resultado, o autor observou correlação positiva entre a largura das fendas e a quantidade de monômeros diluentes. Esses monômeros são adicionados aos compósitos com o intuito de diminuir a viscosidade e, portanto melhorar as propriedades de manipulação das pastas, entretanto devido ao baixo peso molecular, acarretam em aumento da contração de polimerização. Com base nos resultados obtidos, o autor concluiu que a composição da fase orgânica dos compósitos odontológicos é de importância primária na taxa de contração de polimerização desses materiais.

A importância da penetração de monômeros resinosos no substrato dental e também os mecanismos de adesão dos monômeros HNPM (2 hidroxi-3-2-naftoxopropil metacrilato), fenil-P (ácido fosfórico fenil 2 metacriloxietil) e 4-META (4 metacriloxietil trimetilato anidro) ao tecidos duros foram esclarecidos por NAKABAYASHI *et al.*, em 1982. As superfícies de esmalte ou dentina foram condicionadas com uma mistura aquosa de 1% de ácido cítrico e 1% de cloreto férrico (1:1) ou 10% de ácido cítrico e 3% de cloreto ferroso (10:3) por 30s e lavadas com água. Monômeros somente de MMA

(monometil metacrilato) (I), ou 5% de 4-META em MMA (II) e TBB-O (tri-n-butil borano parcialmente oxidado) foram misturados com 0,1g de pó de PMMA (polimetil metacrilato) para preparar o cimento. Um cilindro de acrílico de 5mm de diâmetro foi fixado perpendicularmente às superfícies de esmalte e dentina com cimento. As amostras foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura. As superfícies dentinárias humanas condicionadas com a solução 10:3 mostraram superfícies fraturadas perpendiculares aos túbulos. Rachaduras em forma de cogumelos foram vistas na superfície dos túbulos e foram presumivelmente formadas pela contração durante a polimerização da resina no túbulo. A grande diferença entre o valor de 18MPa para o cimento 4-META polimerizado com TBB-O e aquele de 5MPa para o cimento MMA polimerizado com peróxido de benzoíla – amina terciária é o resultado da infiltração de monômeros na dentina intra e intertubular antes da polimerização. A infiltração de monômeros nos substratos dentais ocorreu apenas após a aplicação da pasta adesiva na dentina condicionada; e a polimerização é iniciada *in situ* pelo TBB-O. A análise em MEV sugeriu que os monômeros possuem afinidade pelo tecido dentinário, pois infiltraram na dentina desmineralizada peri e intertubular. Os autores concluíram que os substratos dentais podem ser reforçados por monômeros biocompatíveis, contendo grupamentos hidrófobos e hidrófilos, que penetram nas irregularidades do substrato e, então, polimerizam-se.

Com o intuito de determinar as características da reação de polimerização e da conseqüente contração, DAVIDSON & de GEE, em 1984, investigaram o efeito do escoamento na contração de polimerização de compósitos odontológicos durante os estágios iniciais da polimerização, considerando que este é o período no qual a maior parte da contração ocorre. Os compósitos utilizados foram Silar e Concise. A contração de

polimerização foi determinada com o uso de um dilatômetro, nas condições livre e restrita. Para avaliação do escoamento e da tensão gerada pela contração, moldes em forma de algarismos foram posicionados no dilatômetro que, conectado a um tensilômetro, pôde mensurar a tensão de contração, que foi calculada a partir da movimentação da célula de carga do tensilômetro (cada micrometro correspondia a 100N de força). Para efeito de comparação, a tensão teoricamente gerada na contração foi calculada a partir do módulo de elasticidade e da taxa de contração de cada compósito. A discrepância entre a tensão teórica e a tensão avaliada foi atribuída ao escoamento. Cinco leituras foram realizadas para cada material. A contração total observada, tensão avaliada pelo tensilômetro, a tensão calculada foram respectivamente 2,75%, 3,9MPa e 32,2MPa para Silar e 2,43%, 2,8MPa e 68,2MPa para Concise. O relaxamento por escoamento, determinado a partir das tensões observadas e calculadas, foi de 88% para Silar e 96% para Concise. A partir dos resultados, os autores concluíram que parte considerável das tensões de contração pode ser relaxada pelo escoamento do material quando polimerizado na condição aderida. Dessa forma, se houver união efetiva entre o substrato e o material restaurador, uma boa adaptação pode ser encontrada, pois o material escoará durante a reação de polimerização, diminuindo dessa forma o potencial de formação de fendas marginais.

A proposta do estudo realizado por DAVIDSON *et al.*, em 1984, foi investigar o desenvolvimento da resistência da união entre compósito e dentina e relacioná-la às tensões de contração em função do tempo de polimerização. A influência do desenvolvimento de tensões de contração durante a polimerização na união à dentina tratada com adesivo dentinário foi estudada para compósitos microparticulados em modelos lineares e 3D. No modelo linear a resistência da união foi mensurada por um tensilômetro em diferentes

intervalos de tempo, do início até o final da polimerização e comparada ao desenvolvimento de tensões de contração. Os resultados obtidos sugeriram que a força de união é sempre superior à força de contração, fato explicado pela possibilidade de escoamento do compósito durante o processo de polimerização. Para a realização do segundo teste, foram utilizados os mesmo compósitos, Silar e Silux juntamente com o sistema de união Scotchbond para restaurar cavidades classe V em dentes bovinos, formando assim o modelo tridimensional, no qual mais de duas paredes foram unidas durante a confecção da restauração. Os dentes restaurados foram submetidos ao teste de microinfiltração, com imersão em solução corante de azul de metileno durante 10 minutos, para então serem observados em lupa estereoscópica, que possibilitou a verificação da formação de fendas entre a dentina e o compósito. Nesse caso, a união de mais de duas paredes gerou uma situação na qual o escoamento é severamente prejudicado e os valores das tensões de contração podem exceder os valores de resistência de união, levando à formação de fendas na interface. Com base nesses resultados, os autores concluíram que uma união durável entre dentina e material restaurador somente pode ser formada em condições favoráveis, como em superfícies planas ou em cavidades rasas. E sugerem ainda que para diminuir a ocorrência de falhas marginais, seria necessário o desenvolvimento não só de agentes de união com maior resistência como também de compósitos com menor taxa de contração de polimerização.

Como foi determinado pelo estudo anterior, a tensão de contração é maior quando se une duas ou mais paredes durante a confecção da restauração, dessa maneira a configuração da cavidade exerce grande influência no desenvolvimento de tensões de contração na situação aderida. Assim, com base nesta afirmação, o papel da configuração

da cavidade no desenvolvimento de tensões de contração em restaurações de compósito foi avaliado por FEILZER *et al.*, em 1987, com o objetivo de estabelecer parâmetros que possam melhorar a adesão dos compósitos à dentina. Com esse propósito, desenvolveram um modelo experimental baseado em discos de aço silanizados montados em um tensilômetro, cuja função seria registrar a tensão provocada pelo estresse de contração entre os discos. Compósitos odontológicos foram inseridos entre esses discos, de forma a simular as configurações de cavidade descritas por BLACK. As tensões de contração foram então registradas de acordo com a aproximação dos discos e deslocamento dos transdutores em função do Fator C e do volume de compósito utilizado. O Fator C foi definido como a relação existente entre o número de paredes aderidas e as não aderidas em uma restauração. Sendo assim, teríamos valores de $C=5$ para cavidades classe I e V, $C=2$ para classe II, $C=1$ para classe III e $C=0,5$ para classe IV. Partindo desse modelo experimental, diversas situações de Fator C foram simuladas com volumes variáveis de compósito, empregando-se no teste materiais quimicamente ativados. Assim, os autores observaram que quando o fator C era menor ou igual a 1, as tensões se desenvolviam lentamente, sendo relaxadas pelo escoamento e suprimidas pelas faces livres de modo suficiente para manter a coerência da amostra e da união. No caso de fator C com valor entre 1 e 2 os resultados se mostraram inconsistentes, pois algumas amostras apresentaram falha espontânea, denotando desenvolvimento rápido de tensões e outras não. Clinicamente, esta situação poderia gerar tensões suficientemente altas para romper a união gerando falhas marginais. E considerando situações nas quais o fator C fosse superior a 2, os autores afirmaram que a união poderia ser fortemente prejudicada devido ao desenvolvimento extremamente rápido das tensões de contração. Após análise dos resultados, os autores concluíram que quanto maior o número de paredes aderidas, ou seja, quanto maior o fator C, menor a capacidade

de escoamento do compósito durante a polimerização, de modo que as forças de adesão tornam-se insuficientes para preservar a união na interface dente-restauração.

FEILZER *et al.*, em 1990, relataram que quando os compósitos são polimerizados na condição aderida, ocorre o desenvolvimento de tensões devido à condição restrita da contração. Caso estas tensões excedam o limite elástico do material ocorre deformação plástica. Durante os primeiros estágios da presa, a rede polimérica ainda é fraca e o limite elástico é baixo. Deformações plásticas por tensões ocorrem sem prejuízo da estrutura interna do compósito e da união adesiva, uma vez que as moléculas ainda podem sofrer reorientação para posições mais favoráveis. Esse tipo de deformação pode ser definido como escoamento. Com o decorrer da reação, a contração e o escoamento decrescem gradualmente, enquanto que a tenacidade e a rigidez aumentam. Como resultado, as tensões que ainda irão desenvolver-se com o passar de tempo podem causar sérios problemas para a manutenção da união adesiva ou ainda, podem causar falha coesiva no material restaurador ou na estrutura dental circundante. Assim, uma vez que a habilidade do compósito em deformar-se plástica ou elasticamente é dependente da configuração cavitária, a magnitude das tensões também será configuração-dependente. Então, o propósito desse estudo foi estabelecer a redução das tensões de contração pela deformação dos compósitos em várias configurações de cavidade, através da comparação da tensão de contração calculada. Para avaliar a deformação foi utilizado um modelo experimental que consistia de dois discos de aço idênticos e opostos entre os quais foi inserido o compósito. Cada configuração foi fixada pelo denominado fator C, que variou entre 0,5 e 5. Um disco foi conectado a uma célula de carga e o outro, a um tensilômetro. A contração de polimerização livre foi determinada durante 60 minutos por um dilatômetro de mercúrio modificado. Os resultados

provaram que para um baixo fator C, as tensões se desenvolvem sem a interferência da fratura, mas para altos valores de fator C, a falha do material resulta da insuficiente capacidade de deformação. Para amostras com fator C de 0,5, em 10 minutos de presa, 71% das tensões de contração foram aliviadas pela deformação, enquanto que em um fator C de 2, o alívio foi de apenas 35%. Para amostras com fator C de 2,5 ou 5, a redução das tensões pela deformação (24% e insignificante, respectivamente) não foi suficiente para prevenir a fratura, visto que nesses casos a capacidade de deformação foi excedida pela tensão gerada. Os autores concluíram que a redução das tensões pela deformação é dependente da capacidade de deformação do material, assim como da configuração da cavidade. E, embora os autores não dispusessem de dados suficientes para os compósitos fotoativados, alertaram que devido ao rápido desenvolvimento da reação de polimerização, a redução das tensões pela deformação seria mais restrita do que para materiais autoativados. Portanto, preservar a união à estrutura dental parece ser mais difícil com compósitos fotoativados do que com aqueles ativados quimicamente devido à alta velocidade de reação dos primeiros.

Um método eficiente para melhorar a qualidade marginal de restaurações em compósito foi sugerido por KEMP-SCHOLT & DAVIDSON, em 1990. A capacidade de selamento marginal de alguns sistemas adesivos em combinação com vários materiais forradores foi avaliada, com especial atenção à flexibilidade desses materiais como mecanismo de compensação das tensões de contração. A flexibilidade foi definida como a habilidade dos materiais em deformar-se, sem que essa deformação se torne permanente. Foram utilizados 96 dentes bovinos, nos quais cavidades classe V foram confeccionadas com 4mm de diâmetro. As amostras foram divididas aleatoriamente em doze grupos segundo a técnica restauradora e o material forrador utilizado: ionômero de vidro ou

sistema de união com adesivo de baixa viscosidade. As cavidades foram restauradas com o compósito Silux. As amostras foram então submetidas à termociclagem e avaliadas em microscopia eletrônica de varredura, segundo a qualidade marginal. Amostras para teste de resistência ao cisalhamento também foram confeccionadas e a tensão de contração foi avaliada em cavidades simuladas. Com isso os autores puderam observar que o selamento marginal foi melhorado pelo material forrador devido à redução nos valores de tensão de contração. O material de base com espessura de cerca de 150µm pode reduzir as tensões em até 50%, o que tem forte correlação com a redução na formação de fendas. Os autores atribuíram essa redução ao aumento da flexibilidade da restauração como um todo pela presença da base intermediária com material de baixo módulo de elasticidade e concluíram que esse aumento de flexibilidade pode compensar as tensões geradas pela contração e preservar a integridade marginal das restaurações em compósito.

KEMP-SCHOLTE *et al.*, em 1990, avaliaram a adaptação marginal de uma série de combinações entre sistema de união e compósito restauradores em restaurações classe V e sua relação com a resistência de união. Para avaliação da adaptação marginal, cavidades cilíndricas com 4mm de diâmetro e 2mm de profundidade foram confeccionadas em dentes bovinos na região cervical, de modo que a margem incisal da restauração estivesse em esmalte e a margem gengival se localizasse em dentina. Foram utilizados os sistemas de união Bondlite, Scotchbond 2, Gluma Bond, Tenure Bond e Visar Seal com ou sem a aplicação de camada intermediária de Silux Enamel Bond em combinação com os compósitos Herculite, P-10, P-30, Durafill, Silar e Silux. Os sistemas restauradores foram utilizados de acordo com as instruções do fabricante, perfazendo um total de 10 amostras para cada grupo. Depois de restauradas, as amostras foram submetidas à termociclagem e,

então, avaliadas quanto a formação de fendas em microscopia eletrônica de varredura. A resistência de união foi determinada em teste de resistência ao cisalhamento em períodos de 5, 15, 60 minutos e 24h após a confecção das amostras. Como resultados, os autores não encontraram correlação entre adaptação marginal e resistência de união, porém determinaram uma correlação positiva entre fenda marginal e módulo de Young, uma vez que os materiais mais rígidos apresentaram maior índice de desajuste marginal e que a utilização de camada intermediária com baixo módulo permitiu a ocorrência de melhor adaptação.

UNO & ASMUSSEN, em 1991, investigaram o efeito da fotoativação com dupla intensidade de luz na adaptação marginal, resistência ao cisalhamento e resistência à compressão diametral de um compósito resinoso. Um transformador foi acoplado a um aparelho fotoativador de modo a diminuir a intensidade luminosa emitida, possibilitando dessa forma a redução na taxa de polimerização do compósito. Molares humanos extraídos foram selecionados e tiveram suas superfícies lingual e vestibular aplainadas com lixa de carborundum #220. Cavidades cilíndricas com 3,5mm de diâmetro por 1,5mm de profundidade foram confeccionadas na superfície de dentina exposta. As cavidades foram tratadas com solução de Al_2O_3 – Glicina com pH=1,25 por 60s, o sistema adesivo Gluma foi aplicado e as cavidades preenchidas com Silux Plus. Os preparos cavitários foram divididos em grupos de cinco cavidades, de acordo com o método de fotoativação: Baseline 1 – 220V por 60s ; Baseline 2 – 220V por 30s; Grupo A – 110V por 5s, 0V por 25s e 220V por 30s; Grupo B – 110V por 10s, 0V por 20s e 220V por 30s; Grupo C – 110V por 20s, 0V por 10s e 220V por 30s; Grupo D – 110V por 30s e 220V por 30s; Grupo E – 110V por 60s. Após, foi realizado acabamento e polimento de modo que 0,1mm de dentina e

resina fosse removido. A mensuração do comprimento máximo de fenda (CF) e extensão da fenda formada (EF - em porcentagem de comprimento total da periferia da restauração) foi realizada em microscópio óptico. A partir dos valores encontrados foi calculado o Índice Marginal (IM): $IM = CF \times EF/100$. Para o teste de resistência ao cisalhamento foram obtidas superfícies planas de dentina, que foram tratadas da mesma forma do teste de adaptação marginal. Cilindros do compósito Silux foram então adaptados e fotoativados como descrito para Baseline 1 e 2 e grupos D e E do teste anterior. O teste de resistência ao cisalhamento foi realizado em máquina de testes mecânicos Instron. O teste de resistência à compressão diametral foi realizado de acordo com a especificação nº27 da ADA com 6 corpos de prova de 3mm de espessura por 6mm de diâmetro e também foi conduzido em máquina Instron com velocidade de 10mm/min. Com relação à adaptação marginal, não houve diferença entre o Baseline 1 e 2, porém o grupo D apresentou redução significativa tanto no comprimento da fenda formada quanto no índice marginal, entretanto não houve diferença na extensão da fenda. O grupo E apresentou os melhores resultados. Com relação ao teste de resistência de união e resistência à compressão diametral, os resultados mostraram não haver diferença significativa entre Baseline 1 e 2 e o grupo D, porém o grupo E apresentou valores significativamente mais baixos para os 2 testes. Os autores afirmaram que a polimerização em grau reduzido aumenta o escoamento e possibilita concomitantemente o relaxamento de tensões de contração. Porém, apesar dos bons resultados de adaptação marginal alcançado pelo grupo E que utilizou somente baixa intensidade, houve prejuízo das propriedades mecânicas indicando baixo grau de conversão, e por isso tal prática não pôde ser recomendada. Entretanto, de acordo com os resultados do grupo D, os autores puderam concluir que a pré-polimerização com baixa

intensidade de luz seguida por polimerização com alta intensidade melhora a adaptação marginal sem alterar negativamente as propriedades mecânicas, consistindo portanto num meio viável e apropriado para produzir restaurações de melhor qualidade marginal.

A qualidade e durabilidade da adaptação marginal de restaurações adesivas foram foco da pesquisa de LUTZ *et al.*, em 1991. Os autores indicaram que a durabilidade desse tipo de restauração é negativamente afetada pelas tensões residuais internas decorrentes da contração de polimerização; pela degradação química do adesivo na interface dente-restauração e pela diferença de propriedades físicas entre a estrutura dental e o material restaurador durante as variações térmicas e incidência de cargas oclusais. Com base nesses conceitos, o objetivo do estudo foi investigar até que ponto a magnitude das tensões internas residuais estava correlacionada com a durabilidade da adaptação marginal. Esta correlação foi avaliada em dois estágios: pela análise da deformação dental induzida pela contração de polimerização e pela avaliação das alterações na qualidade marginal produzidas pelas tensões térmicas e mecânicas. Para realização da parte experimental do estudo foram selecionados 36 molares humanos, nos quais preparo cavitário MOD foi confeccionado. Os dentes foram posteriormente separados em 6 grupos, segundo a técnica restauradora empregada: 1) Restauração com compósito quimicamente ativado em único incremento; 2) Restauração com compósito fotoativado em único incremento; 3) Restauração com compósito fotoativado pela técnica incremental em dois passos; 4) Restauração com compósito fotoativado pela técnica incremental em três etapas; 5) Restauração com compósito fotoativado pela técnica incremental em dois passos com adição de base em ionômero de vidro e 6) Inlay em compósito resinoso ativado pelo calor, cimentado com cimento resinoso dual. As restaurações foram confeccionadas de acordo

com as instruções dos fabricantes dos compósitos. A mensuração da deformação dental foi determinada pela variação na distância intercuspídea durante e 40 minutos após a fotoativação ou cimentação da restauração. Essa mensuração também foi realizada antes e após a incidência de uma carga de 90N sobre as restaurações. A adaptação marginal foi determinada em microscopia eletrônica de varredura com a técnica da réplica, nas margens oclusal e proximais antes e após a incidência da carga de 90N. Os resultados indicaram que ocorre perda de qualidade marginal e estreitamento da distância entre cúspides em decorrência da contração rígida sofrida pelos compósitos durante o processo de polimerização e a contração rígida é influenciada pela técnica restauradora empregada. Fato que pôde ser comprovado pelo melhor desempenho da técnica restauradora indireta, com *inlay* em compósito. Uma vez que nessa técnica a contração de polimerização ocorre fora da boca e diminui as tensões geradas e a própria contração rígida *in situ*. Não foi observada alteração dimensional detectável com a aplicação da carga de 90N. Dessa maneira, os autores concluem que a qualidade marginal e sua durabilidade são inversamente proporcionais às tensões internas residuais induzidas pela contração rígida *in situ*. Os autores ainda apontam para a redução da quantidade de compósito polimerizado *in situ* e da proporção de superfícies aderidas como fatores chave na redução de tensões e melhora na adaptação marginal de restaurações em compósitos.

MARSHALL Jr., em 1993, considerou a dentina um substrato fundamental para a dentística restauradora, afirmando que suas propriedades e características são a chave determinante para o sucesso de procedimentos restauradores e preventivos. O conhecimento da estrutura dentinária permite melhora no procedimento adesivo, uma vez que encontrando-se uma união durável e adequada resistência de união e prevenindo-se a

microinfiltração, certamente as restaurações adesivas serão bem sucedidas. O autor caracterizou a dentina como um compósito complexo hidratado, composto por 4 elementos: o túbulo dentinário, a dentina peritubular altamente mineralizada, a dentina intertubular composta por colágeno e hidroxiapatita e o fluido dentinário. A organização estrutural e variações na microestrutura são reflexos de influências formativas, como o tamanho e a forma dental, e de alterações causadas pela idade, injúria ou doenças. A permeabilidade dentinária pode variar amplamente dentro do órgão dental, de acordo com as diferenças regionais (quanto maior a proximidade com a polpa maior é a permeabilidade), as irregularidades tubulares associadas com deposição mineral, a presença de componentes orgânicos do processo odontoblástico ou depósitos intratubulares de colágeno. Ainda com relação à composição, apesar de grande variabilidade existente, de uma maneira geral, a dentina tem 50% de seu volume representado por hidroxiapatita, 30% matriz orgânica (essencialmente colágeno tipo I) e 20% fluido dentinário. O autor ainda cita que brocas e outros instrumentos de preparo produzem alterações morfológicas superficiais no substrato dentinário, formando a *smear layer*, camada que cobre a dentina e penetra nos túbulos criando os *smear plugs*. Devido a sua fraca resistência de união à dentina (em torno de 3 a 5 MPa) sua manutenção resulta em desvantagem para o procedimento adesivo e, sendo assim, a maioria dos sistemas de união disponíveis atualmente preconiza a remoção dessa camada. Como conclusão, o autor atenta para a necessidade de pesquisas que enriqueçam os conhecimentos a respeito das relações entre propriedades, estrutura e composição da dentina, fatores essenciais para o avanço da odontologia adesiva.

COX, em 1994, redigiu uma revisão de literatura com o objetivo de esclarecer as causas e conseqüências da microinfiltração bacteriana, com ênfase nos fenômenos

biológicos relacionados ao complexo dentina-polpa. O autor considera que a dentina é uma extensão da polpa e por isso a biocompatibilidade de um material restaurador está em função direta de sua capacidade de prevenir a microinfiltração. As restaurações em compósitos resinosos freqüentemente apresentam percolação marginal, sendo assim, a natureza permeável da interface entre o dente e o compósito permite a colonização e proliferação bacteriana, além da penetração dessas bactérias nos túbulos dentinários causando recorrência de cáries, irritação pulpar e até mesmo, necrose. Além disso, a microinfiltração tem como conseqüência a sensibilidade dentinária pós-operatória devido ao movimento hidrodinâmico do fluido dentinário dentro do complexo dentino-pulpar. Apesar disso, o autor esclarece que a hibridização da dentina, mesmo em casos de microexposição pulpar gera adesão efetiva à estrutura dental e pode ser capaz de evitar a microinfiltração e manter a saúde pulpar.

A influência da intensidade luminosa na integridade da interface dente/restauração em restaurações classe V *in vitro* e na contração de polimerização como medida indireta do grau de conversão foram determinados por FEILZER *et al.*, em 1995. Em adição, o efeito da aplicação de uma camada intermediária na absorção de tensões de contração também foi avaliado. A integridade da interface dente restauração foi determinada através de exame em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para tanto, 24 pré-molares e caninos humanos foram selecionados e cavidades classe V foram preparadas nas superfícies lingual e vestibular com profundidade de $1,5 \pm 0,1$ mm em dentina. Assim, as cavidades foram separadas em 3 grupos de acordo com a elasticidade do material restaurador: Grupo 1 – Protect Liner + Clearfil Lustre; Grupo 2 – Clearfil Lustre; Grupo 3 – Protect Liner. Os grupos foram então subdivididos, segundo o método de fotoativação: Subgrupo A –

Fotoativador Translux CL – 250 mW/cm² e Subgrupo B – Fotoativador Elipar II – 650 mW/cm². Os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados com pontas diamantadas e discos Soflex e após, as amostras foram termocicladas por 400 ciclos a 15 e 65 °C e então, seccionadas e preparadas para análise em MEV. A interface foi dividida em 5 zonas que foram classificadas em aberta ou fechada, a partir do que foi calculada a porcentagem de margem íntegra. A contração de polimerização foi determinada com uso de linômetro. Os corpos de prova possuíam 1,5 mm de espessura e a fotoativação foi realizada com descrita para subgrupos A e B. A contração linear foi registrada e a partir desta calculada a contração volumétrica através de fórmula: $vol\% = 3lin\% - 0,03 (lin\%)^2$. Para cada intensidade 5 mensurações foram realizadas. Após análise estatística dos resultados, observou-se que não houve diferença significativa entre as técnicas restauradoras, fato atribuído à boa resistência de união promovida pelo sistema de união selecionado e também porque o módulo de elasticidade dos 2 materiais era próximo (Clearfil Lustre 6,1 GPa e Protect Liner 4,9 GPa), entretanto, à todas as técnicas restauradoras foram atribuídos resultados favoráveis. Com relação às técnicas de fotoativação o uso de baixa intensidade luminosa (250 mW/cm²) reduziu a presença de defeitos marginais quando comparada ao uso de alta intensidade (650 mW/cm²). Esse comportamento pôde ser explicado pelas diferenças no padrão de polimerização com as intensidades alta e baixa. O uso da baixa intensidade luminosa permite atraso no curso da reação de polimerização, fato que diminui o desenvolvimento de tensões de contração na interface pois possibilita maior escoamento do compósito. Com relação à contração de polimerização, apenas houve diferença nos períodos iniciais, entre 3s e 15min, após 1h a contração foi semelhante, revelando que um mesmo grau de conversão foi obtido com ambas intensidades de luz e sendo assim

presume-se que as propriedades mecânicas não foram afetadas. Com base nos resultados obtidos, os autores puderam concluir que o uso de baixa intensidade luminosa contribuiu para obtenção de restaurações com melhor integridade marginal sem prejuízo de propriedades mecânicas. Além disso, os autores atentam para o fato de que o tempo de reação influencia nas características de escoamento do compósito, moderando o desenvolvimento de tensões na interface.

UNTERBRINK & MUESSNER, em 1995, examinaram os efeitos da intensidade luminosa na formação de fendas marginais, desenvolvimento de resistência e módulo flexural e profundidade de polimerização de dois compósitos resinosos, buscando estabelecer possíveis correlações entre as características avaliadas. A análise marginal foi realizada através de exame em MEV. Para tanto, uma área plana de dentina foi exposta na superfície vestibular de dentes bovinos, onde cavidades circulares com 3,2mm de diâmetro e 2,5mm de profundidade foram confeccionadas com margem totalmente localizada em dentina, de modo que o fator C da cavidade fosse superior a 2,5. Para restaurar as cavidades foram utilizados dois compósitos (Tetric e Z100) em combinação com dois sistemas de união (Syntac e Scotchbond Multi Purpose). Os compósitos foram fotoativados com dois aparelhos (Visilux 2 – 450mW/cm² e Vivalux – 250mW/cm²). Após restauradas, as amostras foram polidas e replicadas em resina epóxica para análise em MEV. As margens foram classificadas segundo o critério: 0- margem excelente; 1- imperfeição; 2- fenda. Além disso, foi calculado o índice marginal, através dos valores de extensão de formação de fenda e seu máximo comprimento. As propriedades mecânicas dos compósitos também foram avaliadas. A resistência à flexão e módulo flexural foram determinados através de teste descrito pela ISO 4049; a contração de polimerização, através do método da densidade

e a profundidade de polimerização através da dureza Vickers, avaliada na porção interna de corpos-de-prova com 8mm de diâmetro e 6mm de altura. Os resultados mostraram que a variação na intensidade de luz não afeta significativamente a contração de polimerização e a dureza até uma profundidade de 4,5mm para ambos os compósitos. Entretanto, o módulo flexural foi reduzido pela fotoativação com baixa intensidade, o que possivelmente foi o fator responsável pela melhora na adaptação marginal. Assim, os autores puderam estabelecer que a relação entre intensidade de luz e tensão de contração pode ser primariamente função do módulo de elasticidade desenvolvido pelo compósito. Assim, a redução da rigidez do compósito (determinada pela redução do módulo flexural), provavelmente representa o fator mais importante na redução das tensões de contração. Com isso, os autores concluíram que a qualidade marginal das restaurações pode ser negativamente afetada pelo uso de alta intensidade de luz durante a fotoativação.

Em 1996, MIYAZAKI *et al.* conduziram um estudo a fim de investigar a resistência à fratura (tenacidade) e a resistência flexural de compósitos irradiados com diferentes intensidades de luz e tempos de exposição, numa tentativa de relacionar propriedades mecânicas e exposição à luz. No estudo foram utilizados quatro compósitos: Clearfil AP-X, Herculite XRV, Palfique Estelite e Z100. A tenacidade foi determinada por teste de três pontos utilizando corpos-de-prova de 25mm x 2,5mm x 5mm com entalhe com 2,5mm de profundidade por 0,5mm de abertura. Para fotoativação das amostras foram utilizados três métodos: 400 mW/cm² por 30s; 200 mW/cm² por 60s e 100 mW/cm² por 120s. O método de ativação foi selecionado de modo que a energia total transferida aos corpos-de-prova fosse a mesma (a quantidade de energia total é dada pelo produto da intensidade luminosa pelo tempo de exposição). Foram confeccionados seis corpos-de-prova para cada grupo e o

teste foi conduzido em máquina de testes universal Instron com velocidade de 0,5mm/min. Para a mensuração da resistência à flexão, foram confeccionados corpos-de-prova de 25mm x 2mm x 2mm e o teste foi conduzido de acordo com a especificação da ISO 4049 de 1988. O resultados determinaram que não há diferença entre os métodos de fotoativação no que se refere à tenacidade, resistência à flexão e módulo flexural. Isso porque com uma mesma energia acumulada, independente da intensidade luminosa, é possível se obter um grau de conversão semelhante e, com isso, propriedades mecânicas adequadas. Assim, os autores puderam concluir que se uma quantidade de energia adequada é dada ao compósito durante a fotoativação, as propriedades mecânicas não serão alteradas, mesmo que a intensidade luminosa seja baixa, pois isso pode ser compensado, dentro de certos limites, pelo aumento proporcional do tempo de exposição. Ressaltaram que a energia acumulada é um parâmetro seguro para produzir amostras com propriedades semelhantes.

SWIFT Jr. *et al.*, em 1996, realizaram um estudo com o objetivo de determinar o efeito do uso de compósitos de baixa viscosidade como material forrador na microinfiltração de restaurações adesivas. Foram utilizados 132 molares humanos, nos quais cavidades classe V foram confeccionadas nas faces vestibular e lingual, de modo que a margem oclusal ficasse localizada em esmalte e a margem gengival, em cemento. As amostras foram divididas de acordo com o sistema de união utilizado (All Bond 2, Prime & Bond e Scotchbond Multi Purpose) em associação ou não com compósitos de baixa viscosidade (Optibond FL ou Protect Liner F). O compósito Z100 foi utilizado para restaurar todas as cavidades. Após restauradas, as amostras foram polidas, termocicladas e imersas em solução aquosa de nitrato de prata a 50% em sala escura por 2 horas, seguido pela secção e análise das amostras segundo a penetração da solução corante. Como

resultados os autores obtiveram que a utilização de sistema de união Scotchbond Multi Purpose em associação com o compósito de baixa viscosidade Protect Liner F gerou redução dos valores de microinfiltração. Dessa forma, os autores sugerem que o uso de um compósito intermediário de baixa viscosidade pode melhorar a capacidade de selamento dos sistemas de união. Além disso, sugerem um provável efeito clínico de absorção de impactos originários das tensões mastigatórias durante a vida útil das restaurações em compósito, uma vez que essa camada intermediária com compósito com baixo módulo de elasticidade atua como camada flexível capaz de absorver e amortecer tensões, melhorando as características da interface dente-compósito restaurador.

Os fatores relacionados à contração de polimerização dos compósitos odontológicos foram discutidos por CARVALHO *et al.*, em 1996. De acordo com os autores, a contração de polimerização é uma característica desses materiais capaz de gerar na interface dente-restauração tensão suficiente para causar o rompimento da união entre o compósito e as paredes do preparo. Esta é a principal causa de falha marginal, e a subsequente microinfiltração pode levar a cárie secundária, fato que tem sido apontado como principal motivo para substituição de restaurações em compósito. Os fatores diretamente relacionados às características dessas tensões são: a composição do compósito, o fator de configuração da cavidade e a resistência de união imposta pelo sistema de união. Entretanto, os autores ressaltam que as tensões podem ser controladas, de modo a diminuir ou mesmo eliminar a ocorrência de falha marginal. Intensas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de desenvolver sistemas monoméricos virtualmente livres de contração. A incorporação de partículas de carga em quantidades consideráveis é fator de relevância na diminuição da contração e conseqüentemente das tensões por ela geradas. O

modo de ativação do compósito também é um fator importante no desenvolvimento de tensões uma vez que influencia na capacidade de escoamento. Os compósitos fotoativados, por exemplo, tem capacidade de escoamento diminuída quando comparado àqueles quimicamente ativados devido à alta velocidade da reação de polimerização, o que causa redução de período viscoelástico e conseqüente redução da capacidade de escoamento. O desenvolvimento de tensões também pode ser reduzido mantendo-se o fator C tão baixo quanto possível, o que pode ser conseguido pela técnica de inserção incremental. As paredes aderidas devem ter área menor que as paredes livres pois dessa forma o escoamento não será prejudicado durante o processo de polimerização. O uso de bases intermediárias com baixo módulo de elasticidade também favorece o relaxamento das tensões de contração, uma vez que essa camada pode atuar como amortecedor de tensões. Outro fator considerado relaciona-se aos sistemas de união, que precisam desenvolver altos valores de resistência de união imediata para que suportem as tensões de contração sem a ocorrência de fenda marginal. Dessa forma, os autores buscaram trazer conceitos relacionados à técnica restauradora adesiva necessários para prover aos clínicos a oportunidade de controlar as variáveis relacionadas à técnica e com isso melhorar a qualidade das restaurações adesivas.

Os compósitos resinosos têm sua estabilidade dimensional comprometida pela contração decorrente da reação de polimerização da matriz resinosa. A conversão dos monômeros numa estrutura polimérica é acompanhada por aproximação molecular, o que causa diretamente a redução do volume do material, sendo essa uma característica inerente dos compósitos odontológicos utilizados atualmente. Assim, devido à problemática envolvida no mecanismo de contração, DAVIDSON & FEILZER, em 1997, através de

revisão da literatura, discutiram os diversos aspectos relacionados a esse tema. A contração de polimerização relaciona-se com o módulo de elasticidade do material e sua habilidade de escoamento, assim como com a situação em que ela ocorre, livre ou restrita. Com isso, salientaram que na situação clínica, o material restaurador é sujeito a contração em situação restrita, aderido a estruturas rígidas e que portanto a contração do corpo do material não pode ocorrer de maneira direta, gerando altas tensões na parede aderida, que podem ocasionar em falha coesiva na estrutura dental adjacente, aumento de porosidade ou perda de coerência interna. Mas apesar da contração ser a causa, essas tensões são vistas como o mecanismo responsável pelos problemas relacionados à adesão na prática clínica. Os autores também descrevem as diversas maneiras para avaliação laboratorial, tanto da contração de polimerização como das tensões geradas. Ilustram ainda, métodos para minimizar essas tensões, tais como: o controle da configuração cavitária, pela redução do fator C; a aplicação de materiais forradores com baixo módulo de elasticidade, para que possam agir como amortecedores e distribuir as tensões de maneira mais homogênea; a modulação da reação de polimerização permitindo redução do grau de conversão nas áreas mais profundas e com isso maior possibilidade de movimentação do material entre o centro de contração e as paredes cavitárias. Os autores concluíram que os materiais restauradores resinosos não são capazes de garantir perfeita integridade marginal das restaurações em consequência da contração de polimerização e das tensões dela originárias e, dessa forma apenas o desenvolvimento de materiais e técnicas que possam reduzir os seus efeitos ajudarão os clínicos a obter restaurações em compósitos clinicamente aceitáveis.

A composição dos compósitos odontológicos é fator determinante na taxa de contração. Com base nessa afirmação, torna-se de vital importância a descrição da

composição desses materiais. Em revisão da literatura realizada em 1997, PEUTZFELDT avaliou a história dos monômeros utilizados ao longo do desenvolvimento dos compósitos resinosos. A matriz resinosa exerce importante influência nas propriedades dos compósitos, fator associado principalmente ao grau de conversão dos monômeros após a fotoativação. Atualmente o sistema monomérico mais frequentemente encontrado nos compósitos comercialmente disponíveis é baseado em Bis-GMA ou derivados. O Bis-GMA (bisfenol A glicidil metacrilato) é um monômero difuncional com alto peso molecular, extremamente viscoso à temperatura ambiente e, portanto, necessita da adição de monômeros diluentes de baixo peso molecular e alta funcionalidade para produção de pastas clinicamente aceitáveis com alto conteúdo de carga e boas propriedades de manipulação. Entretanto, a adição de monômeros diluentes, apesar de gerar aumento do grau de conversão e diminuição da viscosidade, provoca aumento da contração de polimerização e problemas relacionados à biocompatibilidade. Com o objetivo de melhorar propriedades, foi desenvolvido um derivado do Bis-GMA, o Bis-EMA (Bis-GMA etoxilado). Este monômero possui menor viscosidade e maior hidrofobicidade, o que lhe confere diminuição da sorção água, característica favorável, uma vez a água provoca enfraquecimento da matriz resinosa e degradação hidrolítica da união entre matriz e partículas, gerando redução de propriedades mecânicas e menor resistência ao desgaste. A autora ainda discute as diversas tendências em pesquisa para desenvolvimento de sistemas monoméricos livres de contração ou com possibilidade de liberação de flúor e conclui que os avanços na tecnologia dos monômeros aumentarão a longevidade de restaurações em compósito, expandindo a aplicação clínica desses materiais.

Em 1997, PASHLEY & CARVALHO realizaram uma revisão de literatura com o objetivo de elucidar a relação entre permeabilidade dentinária e a união adesiva. A avaliação da estrutura dentinária, a descrição da permeação de monômeros resinosos nos túbulos e nos espaços criados entre as fibras colágenas pelo condicionamento ácido, bem como o papel da água no procedimento adesivo foram amplamente discutidos. A penetração do adesivo na dentina foi classificada como permeabilidade dentinária intertubular, que pode ser aumentada pelo condicionamento ácido devido à remoção da *smear layer* e *smear plugs*, além da remoção de conteúdo mineral da dentina intertubular subjacente a uma profundidade de 2 a 7 μ m. Os espaços deixados por essa remoção ao redor das fibras colágenas podem então ser preenchidos por monômeros para formar a camada híbrida. Os autores atribuem a essa camada e aos *tags* resinosos a responsabilidade pela resistência de união à dentina, consideram ainda que a camada híbrida é o maior e mais efetivo método para se unir resina à dentina, e que quando formada adequadamente, promove alta resistência de união e ótimo selamento da dentina condicionada, além de atuar na absorção de tensões decorrentes da contração de polimerização. Porém, para formação de camada híbrida efetiva a permeabilidade dentinária deve ser levada em consideração, pois, apesar do condicionamento ácido promover a remoção do conteúdo mineral da *smear layer*, seu conteúdo orgânico ainda atua como barreira à penetração dos monômeros, reduzindo a permeabilidade dentinária. A água está intimamente envolvida no processo de adesão e, sendo assim, também é um fator capaz de interferir neste processo. A permeabilidade intertubular e, por conseqüência, a penetração de monômeros pode ser amplamente reduzida pela obliteração das porosidades pelo colapso das fibras colágenas causado pela secagem de dentina desmineralizada. Esse fato pôde ser comprovado pela

redução da resistência de união nas condições secas em comparação com condições úmidas. Apesar disso, deve-se levar em consideração que um sobre-umedecimento também gera enfraquecimento da união, uma vez que o excesso de água interfere no processo adesivo. Nesse caso, a água pode preencher a superfície e suas porosidades impedindo fisicamente a penetração de monômeros, além disso, a água pode diluir a concentração de monômeros hidrófilos interferindo quimicamente na adesão. Os autores concluem ressaltando a importância do conhecimento sobre a permeabilidade dentinária nas diversas condições em que a dentina pode se apresentar, pois tal informação é crucial para tornar efetiva a adesão da resina à estrutura dental.

MEHL *et al.*, em 1997, investigaram a influência de diferentes condições iniciais de fotoativação, seguidas por irradiação final com alta intensidade nas propriedades de dois compósitos fotoativados. Foram determinados: módulo flexural, resistência à flexão, dureza Vickers e formação de fenda marginal antes e após termociclagem. Os compósitos selecionados para este estudo foram Tetric e Charisma. A resistência e o módulo flexural foram determinadas de acordo com EN 24049:1993 em corpos-de-prova com 25mm de comprimento, 2mm de largura e 2mm de altura. A intensidade luminosa de 100% foi de 450 mW/cm² e as distâncias de 2, 4, 6, 8, 10, 20 e 50mm correspondiam a 80, 70, 62, 56, 50, 37e 13%, respectivamente. Cada grupo continha dez amostras que foram polimerizadas inicialmente com as intensidades apresentadas durante 20 ou 40s, seguido por exposição final com 100% da intensidade de modo a completar 60s de exposição total. O grupo controle foi irradiado por 60s com intensidade 100%. O teste de três pontos foi conduzido em máquina de testes universal com velocidade de 0,7mm/min, com 20mm de distância entre os suportes, de acordo com os parâmetros NIST n° 4877. O teste de microdureza foi

selecionado pois é indicativo do grau de polimerização. Os mesmos materiais do teste anterior foram selecionados para confecção de cilindros com 9 mm de diâmetro por 2 mm de altura, os grupos testados também foram os mesmos descritos anteriormente. A dureza Vickers foi mensurada com carga de 500g por 20s e três medidas foram feitas em cada superfície. Para avaliação da integridade marginal, 32 molares humanos foram selecionados e cavidades classe V com 2 mm de diâmetro por 1,8mm de profundidade, com bisel de 0,5 - 1mm foram confeccionadas na região da junção cimento/esmalte. Para restauração das cavidades utilizou-se o sistema adesivo Syntac e o compósito Tetric. O grupo controle foi irradiado por 60s a 100% de intensidade de luz, os grupos testes foram irradiados por 20s com 70, 50 ou 37% seguido por 40s a 100%. Os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados com discos Soflex. Então, foram confeccionadas réplicas em resina epóxica antes e após termociclagem. A termociclagem foi conduzida por 500 ciclos com banhos de 30s a 5 e 55 °C. As margens das restaurações foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura com aumento de 200X e as margens classificadas no seu comprimento em: Margem perfeita, Fenda marginal, Subpreenchimento ou Falta de material, Excesso de material, Fratura e Sem possibilidade de avaliação. O comprimento de cada categoria foi calculado como porcentagem do comprimento total. Adicionalmente, após a termociclagem foi realizado teste de penetração do corante, utilizando-se solução corante de azul de metileno durante 5 min. Os dentes foram cortados e suas margens classificadas em 1- penetração de corante através da margem ou 0- outra situação. Os resultados mostraram que o uso de ativação com baixa intensidade de luz inicial não afeta a microdureza, o que significa que o grau de conversão é mantido com o uso de dupla intensidade de luz. A resistência à flexão e módulo flexural foram aumentados pela

utilização da dupla intensidade, fato explicado pela redução nas tensões internas e melhora na cinética de polimerização, permitindo a formação de cadeias moleculares mais longas com maior número de ligações cruzadas. Os resultados também mostraram que a integridade marginal foi melhorada com o uso da baixa intensidade inicial, pois a porcentagem de fendas marginais foi reduzida entre 5 e 25%, isso porque se permite que o compósito escoe mais, gerando menor incidência de tensão na interface com a estrutura dental. O teste de penetração do corante teve resultados análogos aos do teste de integridade marginal em MEV, porém a análise estatística não pôde detectar diferenças entre os grupos. Apesar disso, os autores concluem que o uso de dupla intensidade é um método adequado, pois combina melhora na qualidade marginal e manutenção de propriedades físicas em restaurações em compósito.

FUJIBAYASHI *et al.*, em 1998, realizaram um experimento com objetivo de avaliar as características ópticas de aparelhos baseados em LEDs, além da profundidade de polimerização e grau de conversão determinados em um compósito microparticulado. Primeiramente, foi determinada a distribuição do espectro de emissão dos comprimentos de onda entre 300 e 800nm, e a partir disso foi calculada a disponibilidade dos aparelhos, ou seja, a porcentagem da emissão situada entre 410 e 500nm. Após, o compósito Silux Plus na cor XL foi selecionado para determinação da profundidade de polimerização e grau de conversão. A profundidade de polimerização foi determinada de acordo com as normas da ISO 4049 em cinco corpos-de-prova com 4mm de diâmetro por 8 mm de altura, com tempos de exposição de 10, 20, 40 e 60s. Após a fotoativação, a parte não polimerizada foi removida cuidadosamente com auxílio de espátula e a altura resultante do espécime foi determinada com micrômetro. O grau de conversão foi determinado através de

espectroscopia de Fourier nos mesmos corpos-de-prova do teste anterior com tempo de exposição de 40s em cortes de 0,1 mm. Com relação às características ópticas dos aparelhos, os resultados mostraram que o pico de emissão e disponibilidade foram, respectivamente, 444nm e 84% para LED1, 466nm e 96% para LED2 e 484nm e 94% para Optilux. A profundidade de polimerização aumentou com o tempo de exposição. Aos 40s foram obtidas as seguintes profundidades: 7,14mm para LED2, 6,66mm para LED1 e 6,57mm para lâmpada halógena. LED2 também apresentou os melhores resultados no que diz respeito ao grau de conversão. Assim os autores puderam concluir que o aparelho LED2 é efetivo na polimerização de compósitos, principalmente porque seu pico de emissão está situado muito próximo ao pico de absorção da canforoquinona. Porém os autores ressaltam para a necessidade de melhoras no *desing* desses aparelhos para incorporação de um maior número de LEDs a fim de se obter energia suficiente para fotoativação de compósitos resinosos.

SAKAGUCHI & BERGE, em 1998, avaliaram a relação entre intensidade luminosa e (1) contração de polimerização linear pós-gel e (2) grau de conversão de um compósito odontológico. Para tanto foram confeccionadas amostras do compósito Bisfil P com 5,4mm de diâmetro e 1,7mm de altura. Essas amostras foram ativadas por aparelho Dementron 400 por 40s como se segue: Grupo A- $116\text{mW}/\text{cm}^2$ (equivalente a 34% da energia total dada pelo aparelho – densidade energética: $5544\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$); Grupo B- $164\text{mW}/\text{cm}^2$ (49% - $7858\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$); Grupo C- $241\text{mW}/\text{cm}^2$ (71% - $11544\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$); Grupo D- dupla intensidade- 20s a $241\text{mW}/\text{cm}^2$ (71%) e 20s a $337\text{mW}/\text{cm}^2$ (100% - $13855\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$) e Grupo E- controle- $337\text{mW}/\text{cm}^2$ (100% - $16166\text{mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$). Seis corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo. A contração de polimerização foi mensurada

continuamente durante o ciclo de polimerização através de um medidor de precisão acoplado ao fundo do molde. A avaliação do grau de conversão foi feita em 5 amostras por espectroscopia de Fourier tanto na superfície com na região de fundo. Como resultados, os autores obtiveram que a contração linear pós-gel aumenta linearmente com o aumento da intensidade luminosa. A contração ocorrida no grupo D foi semelhante à ocorrida no grupo C, porém menor que a ocorrida no grupo controle E. O grau de conversão foi semelhante para os grupos C, D e E, portanto considera-se que o grau de conversão foi mantido com o uso da técnica de dupla intensidade de luz. Assim os autores concluem que a contração de polimerização está linearmente relacionada com a densidade energética (maior intensidade gera maior taxa de contração). Dessa forma, a aplicação de dupla intensidade de luz oferece oportunidade para reduzir a contração de polimerização, uma vez que a densidade energética é ligeiramente reduzida, sem alterar significativamente o grau de conversão.

KORAN & KÜRSCHNER, em 1998, desenvolveram um estudo para examinar o efeito da fotoativação com dupla intensidade de luz nas características de um compósito. As características avaliadas foram contração de polimerização, dureza, viscosidade, adesão e grau de conversão. A avaliação da dureza foi considerada um indicativo indireto do grau de conversão. Foram confeccionados 55 corpos-de-prova de 6mm de diâmetro por 3,5mm de altura e divididos em onze grupos conforme o método de fotoativação (intensidades luminosas e tempos de exposição variados foram utilizados). O teste foi conduzido com bola padronizada para teste de dureza, de acordo com DIN 53456. Para avaliar a adesão, matrizes de aço inoxidável pré-tratadas com Rocatec e ESPE Sil com cavidades em forma de funil com 9mm de diâmetro na parte superior e 6mm na base foram selecionadas e preenchidas com a resina Pertac. Estas amostras foram separadas em quatro grupos com

nove amostras cada de acordo com o método de fotoativação: 1) 150 mW/cm² por 10s + 500 mW/cm² por 30s; 2) 150 mW/cm² por 10s + 700 mW/cm² por 30s 3) 500 mW/cm² por 40s 4) 700 mW/cm² por 40s. Após a fotoativação, os valores de adesão foram mensurados em máquina Zwick com velocidade de 0,5mm/min. A máxima força necessária para deslocamento do compósito da matriz de metal era equivalente ao valor de adesão. A contração linear e volumétrica foi calculada com uso de linômetro ACTA durante o processo de fotoativação e 2 minutos após, utilizando-se os mesmos corpos-de-prova de teste de adesão. A viscosidade foi mensurada durante a fotoativação em função do tempo, com reômetro modificado de Bohlin. Cinco corpos-de-prova com 150mg de compósito com 1mm de espessura foram utilizados em cada grupo (G1 - 150 mW/cm² por 10s + 700 mW/cm² por 30s ; G2 - 700 mW/cm² por 40s). Para determinar que a fotoativação com dupla intensidade conduz a uma adequada polimerização comparada com ativação por luz contínua, a concentração de monômero residual foi mensurada, utilizando se os mesmos parâmetros para fotoativação utilizados nos testes de adesão e contração. Com relação à dureza superficial , os resultados indicaram que quando a dose final de energia é maior que 17000 mJ/cm² a dureza tende a permanecer constante, e que doses de energia superiores a este não levam a melhoras significativas. E uma vez que a dose de energia final é adequada, o uso da fotoativação com dupla intensidade de luz é viável e não causa prejuízo às propriedades finais do compósito. O teste de adesão mostrou que há aumento nos valores com a utilização da fotoativação com dupla intensidade de luz, o que indica que a adesão é enfraquecida pela polimerização rápida e que pode ser melhorada com o período inicial de polimerização com baixa intensidade de luz. Com relação à contração, os valores finais são semelhantes, independente do método de fotoativação, se a dose final de energia for suficiente para promover polimerização adequada. Mas o uso da dupla intensidade de luz

altera a cinética da polimerização, pois durante o início do processo, a contração é menor nos corpos-de-prova irradiados com menor intensidade luminosa. Com relação à viscosidade, grau de conversão e concentração de monômero residual, no grupo polimerizado com dupla intensidade de luz aos 10s a viscosidade era de apenas 20 KPas e o grau de polimerização cerca de 60%, enquanto que no grupo polimerizado com alta intensidade, aos 10s a viscosidade era de 450KPas com grau de polimerização de 80%. Ao final da fotoativação ambos apresentavam viscosidade de 700 Kpas e grau de polimerização de 90%, indicando que a polimerização ocorre de maneira mais lenta com o uso de baixa intensidade luminosa inicial. A concentração final de monômero residual também foi semelhante em todos os grupos testados. Com isso os autores puderam concluir que o método de fotoativação com dupla intensidade de luz promove melhores resultados que o método convencional, pois a baixa intensidade inicial leva a uma polimerização mais lenta, permitindo melhor escoamento do material e com isso menores tensões de contração e, por outro lado, a polimerização final com alta intensidade luminosa permite um grau de conversão adequado, o que gera propriedades mecânicas satisfatórias, tornando o método com dupla intensidade de luz um meio prático e eficiente para produzir restaurações em compósito odontológico mais adequadas.

Com o objetivo de caracterizar os compósitos de baixa viscosidade, BAYNE *et al.*, em 1998, publicaram um estudo considerando diversos aspectos, tais como, profundidade de polimerização, escoamento, desgaste, resistência à compressão, resistência à tração diametral, resistência à flexão e tenacidade, além de realizar uma comparação desse tipo de compósito e os convencionais. Os testes para determinação das propriedades mecânicas foram conduzidos de acordo com os parâmetros da ISO 4049 e ISO/DIS 6872, utilizando-se

oito marcas comerciais de compósitos de baixa viscosidade e duas marcas de híbridos. Como resultados, os autores obtiveram que as propriedades mecânicas desses compósitos, de maneira geral, foram reduzidas a 60 a 90% dos valores obtidos para os compósitos convencionais. Os valores relacionados ao desgaste foram similares àqueles encontrados para compósitos microparticulados e de partículas pequenas, devido ao reduzido espaço entre partículas (hipótese da proteção) encontrado em todos esses tipos de compósitos de baixa viscosidade e além disso, o padrão de desgaste é semelhante. Um outro fator considerado foi o módulo de elasticidade desses compósitos, o módulo encontrado nos compósitos de baixa viscosidade foi menor que aquele observado nos compósitos convencionais, além do óbvio aumento do escoamento desses materiais de baixa viscosidade. Com isso, os autores puderam concluir que os compósitos de baixa viscosidade não são tão robustos quanto os compósitos convencionais, considerando as propriedades mecânicas testadas, porém o excelente escoamento observado em alguns desses materiais favorece seu uso como material restaurador em áreas não expostas a altas tensões mastigatórias, ou mesmo como material forrador, associado com outro tipo de compósito.

MIYAZAKI *et al.*, em 1998, realizaram um estudo com o propósito de avaliar a intensidade luminosa emitida pelos aparelhos fotoativadores utilizados em consultórios particulares e taxar a eficiência de polimerização dessas unidades pela mensuração da resistência a compressão de um compósito ativado por esses aparelhos. Além disso, diferenças na intensidade luminosa e eficiência de polimerização foram determinadas quando lâmpada, filtros e/ou feixes de fibra óptica foram trocados. Foram avaliados 105 aparelhos de consultórios na região de Tóquio por dois investigadores calibrados, que

colheram informações sobre ano de aquisição dos aparelhos, frequência de uso e frequência de avaliação da intensidade luminosa. Após, foi realizada mensuração da intensidade luminosa emitida 10s após o início da irradiação com radiômetro digital Quantum. Foram obtidos três valores e a média desses foi considerada a intensidade emitida pelo aparelho. Também foi realizado teste de resistência a compressão em amostras cilíndricas de 4mm de diâmetro por 6 mm de altura do compósito Lite fil II, que foram fotoativadas durante 30s por essas unidades. O efeito da troca de peças foi determinado no aparelho Visilux 2 por ser o mais frequentemente encontrado nos consultórios visitados. As intensidades encontradas variaram entre 1364 e 28 W/cm², ficando distribuídos de seguinte forma: 41,9% entre 0 e 500W/cm², 45,7% entre 500 e 1000 W/cm² e 12,4% entre 1000 e 1500 W/cm². As unidades encontradas nos consultórios apresentaram decréscimo na intensidade luminosa de 15,9% a 82,1% em comparação com os aparelhos novos fornecidos pelos fabricantes. O tempo de uso nos consultórios resultou em redução da resistência à compressão do compósito e da intensidade luminosa dos aparelhos. A troca das peças resultou em aumentos significativos na intensidade de luz emitida, a troca do filtro, da lâmpada e do feixe de fibra óptica resultou num aumento de 322,7% na intensidade do aparelho. Assim, os resultados indicaram que a intensidade luminosa emitida pelos aparelhos fotoativadores utilizados em consultório é menor a necessária para polimerização adequada de compósitos odontológicos e como há redução da intensidade emitida pelo desgaste de peças, uma avaliação periódica dessas unidades é de grande importância para assegurar adequada intensidade e com isso máxima performance das restaurações fotoativadas.

MARTIN, em 1998, realizou uma avaliação geral com o propósito de determinar a eficiência dos fotoativadores utilizados em consultórios da Austrália, determinando se a

intensidade, o padrão de uso e de manutenção dos fotoativadores eram adequados. A avaliação foi realizada por examinadores treinados para recolhimento de dados padronizados e informações como: tipo e idade do aparelho fotoativador, tempo de exposição empregado, história de manutenção e troca de peças dos aparelhos. A mensuração da intensidade luminosa foi realizada com aparelho Demetron, com três leituras para cada unidade e determinação de média. Foram encontrados 19 modelos de aparelhos de 15 fabricantes diferentes, com tempo de aquisição médio de 5,2 anos. As intensidades mensuradas variaram entre 50 e 900mW/cm², e distribuíram-se da seguinte forma: 47% intensidade adequada (mais de 400mW/cm²), 27% intensidade aceitável desde que haja aumento do tempo de exposição (entre 201 e 399mW/cm²) e 26% intensidade inadequada (menos de 200mW/cm²). O tempo de exposição mais freqüente foi de 20s ou menos (44,2% dos profissionais), o que significa que a maioria dos profissionais cujos aparelhos apresentavam intensidade entre 201 e 399mW/cm², não aumentava o tempo de exposição para ativação dos materiais. Os autores ainda observaram uma redução gradativa da intensidade luminosa com o passar do tempo. Apesar disso, constataram a manutenção não era realizada por muitos profissionais, 49,1% deles nunca haviam checado a intensidade de seus aparelhos. Com isso, os autores concluíram que há falta de consciência por parte dos profissionais no que diz respeito à manutenção dos fotoativadores, apesar da necessidade absoluta de manutenção que esses aparelhos requerem.

A direção da contração de polimerização de compósitos fotoativados foi assunto abordado por ASMUSSEN & PEUTZFELDT em 1999. Nesse estudo, a influência da retenção mecânica e da espessura do material foi avaliada em relação ao vetor de contração. Os corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz em forma de anel com diâmetro

externo de 20mm e interno de 6mm com 3, 4, ou 5mm de altura, que foi posicionada entre duas lamínulas de vidro acopladas a um transdutor de movimento sensível às variações de posição dessas lamínulas. O compósito Z100 foi inserido nesse sistema, no qual a região superior foi denominada região *flash* por apresentar retenção mecânica exercida pelo excesso de compósito que foi deixado entre a matriz e a lamínula. A região inferior foi denominada região *flush* e não apresentava qualquer espécie retenção. Os corpos-de-prova foram irradiados por um dos lados do espécime e então a concavidade ou convexidade gerada no compósito pela contração de polimerização foi determinada. Os resultados demonstraram que o padrão de contração do compósito é influenciado pela espessura da matriz, pela direção na qual a luz incide e pela localização da retenção no sistema. No grupo cuja espessura de matriz era de 3mm, a contração se deu em direção ao feixe de luz, independente da localização da retenção. Entretanto, quando a espessura da matriz era de 4 ou 5mm, a retenção mecânica determinava a direção da contração. Assim, os autores concluíram que a contração de polimerização se desenvolve de forma complexa, sofrendo influência do volume de compósito, do local de incidência da luz e da presença ou ausência de retenções.

Os aparelhos fotoativadores utilizados em consultórios particulares foram avaliados por PILO *et al.*, no ano de 1999. Nesse estudo, a intensidade luminosa de 130 unidades fotoativadoras foi avaliada por meio de radiômetro de calor e de intensidade específica para ativação de compósitos e 50 desses aparelhos foram aleatoriamente selecionados para avaliação da qualidade de polimerização, determinada através de teste de dureza Knoop em amostras cilíndricas com 3mm de espessura irradiadas por 50s, segundo instruções do fabricante. A dureza foi medida na região de superfície e fundo e a uniformidade de

polimerização, calculada através da proporção entre esses valores. As intensidades mensuradas pelos radiômetros de intensidade específica e calor foram, respectivamente, 25-825 e 0-325mW/cm². A estimativa da qualidade de polimerização através da proporção da dureza de superfície e fundo determinou uma relação linear entre este parâmetro e a intensidade luminosa. Com isso os autores concluíram que a habilidade de polimerização dos fotoativadores pode ser prevista pela verificação da intensidade luminosa com radiômetro de intensidade específica, devido à forte correlação encontrada. Além disso, foi detectada a necessidade manutenção em 46% dos aparelhos testados devido à verificação de intensidade luminosa reduzida.

A utilização dos compósitos de baixa viscosidade como coadjuvante na redução das tensões de contração dos compósitos resinosos foi demonstrada em 1999, por UNTERBRINK & LIEBENBERG, através de uma revisão de literatura. Os autores descreveram a importância do equilíbrio entre a resistência de união desenvolvida pelo sistema de união e a tensão gerada pela contração de polimerização para o sucesso das restaurações adesivas. A contração de polimerização gera tensões na interface dente restauração que podem levar a formação de fendas marginais, microinfiltração e conseqüente fracasso precoce da restauração adesiva. Essas tensões estão diretamente relacionadas à configuração da cavidade, à técnica restauradora e às características do material restaurador. A união entre o material restaurador resinoso e a estrutura dental atualmente se dá através do processo de hibridização, porém camadas muito finas de adesivo sofrem inibição de polimerização pelo oxigênio, o que dificulta o estabelecimento de uma boa união entre o compósito e a estrutura dental. A aplicação de camadas mais espessas de adesivo sem carga pode, entretanto, causar confusão no diagnóstico

radiográfico devido a radiolucência dessa camada, além de contribuir para degradação das margens da restauração, onde essa camada é exposta ao meio bucal. Por estas razões, os autores sugerem a utilização de adesivos com carga, pois estes materiais oferecem as vantagens de eliminação da inibição pela maior espessura conseguida e dos problemas de diagnóstico, devido às características radiopacas das partículas empregadas. Além disso, sugerem que essa camada de adesivo com carga ou forramento com compósito de baixa viscosidade é capaz de atuar como amortecedor, absorvendo as tensões de contração, evitando a formação de fendas marginais e, por consequência, aumentando a longevidade das restaurações

Neste mesmo ano, LABELLA *et al.* avaliaram o módulo de elasticidade, a contração de polimerização e a cinética de contração de vários materiais resinosos, incluindo compósitos convencionais e de baixa viscosidade, adesivos com e sem adição de partículas de carga, de modo a estabelecer uma comparação entre esses materiais. O módulo de elasticidade foi determinado através da análise do período fundamental de vibração. A contração de polimerização foi determinada *in vitro*, utilizando um protótipo AuVol. Amostras de 5-15 μ l de material não polimerizado foram colocadas em um cilindro rotativo de Teflon. A imagem das amostras foi captada por uma vídeo-câmera digital antes e após a polimerização e a diferença entre as imagens determinou a contração volumétrica. A cinética de contração foi avaliada em corpos-de-prova com formato de disco com 8mm de diâmetro e 1,5mm de altura colocados entre duas lamínulas acopladas a uma sonda laser. A contração de polimerização causava deflexão do sistema promovendo deslocamento vertical da lamínula, fato registrado pela sonda laser. As amostras eram monitoradas durante 250s, incluindo o período de fotoativação de 40s. Como resultados, os autores

obtiveram valores de módulo de elasticidade entre 4.5 e 22.3 GPa, sendo que os compósitos de baixa viscosidade apresentaram de uma maneira geral módulo de elasticidade significativamente menor que os compósitos convencionais. A contração de polimerização dos materiais variou entre 1,9 e 13,5%, os compósitos de baixa viscosidade apresentaram contração maior que os convencionais e menor que a dos adesivos. Com isso, os autores apontam para o uso dos compósitos de baixa viscosidade na absorção de tensões na interface, pois apesar de sua taxa de contração ser maior, o módulo de elasticidade é reduzido, tornando o material mais flexível e dessa forma com características favoráveis a preservação da integridade na interface dente restauração. Com relação à cinética de contração, os autores concluíram que esta é uma característica específica para cada material, não sendo possível determinar classes de materiais de acordo com esse parâmetro.

KINOMOTO *et al.*, em 1999, investigaram a influência do tipo de ativação de compósitos na distribuição e magnitude de tensões internas geradas pela contração de polimerização. Para isso, foram elaborados dois compósitos transparentes, um ativado por reação química e outro por luz. A avaliação das tensões foi conduzida através de análise fotoelástica. Os resultados mostraram que a distribuição das tensões foi similar para ambos os tipos de compósito e o vetor de contração se deu em direção às paredes cavitárias aderidas. Entretanto, a magnitude dessas tensões foi duas vezes maior para o compósito fotoativado, fato atribuído a maior velocidade de reação. Isso porque a polimerização mais lenta do compósito quimicamente ativado permite maior escoamento do material durante a polimerização e portanto maior liberação de tensões. Com base nessas informações, os autores sugerem que o desenvolvimento de materiais e/ou procedimentos para reduzir a

velocidade de reação dos compósitos levarão a redução dessas tensões sem degradação das propriedades mecânicas.

O processo de hibridização dos tecidos dentais foi definido por NAKABAYASHI & PASHLEY, em 1999. Neste livro, as características da dentina hígida, sua variabilidade estrutural e sua interação com os sistemas de união são descritos, de modo a esclarecer as possibilidades de união nos diversos aspectos desse processo. A dentina intacta mineralizada não permite a difusão de quantidade adequada de monômero, e dessa maneira, necessita de condicionamento para criar porosidades suficientes para possibilitar tal difusão. Entretanto, o desafio é manter os espaços entre as fibras colágenas desmineralizadas após a remoção do conteúdo mineral, tal função hoje é atribuída aos *primers*, que buscam manter ou recuperar tais espaços. Em seguida, a agente de união é aplicado e polimerizado de forma a concretizar a formação da camada híbrida, que atualmente permite a realização de diversos tratamentos restauradores com manutenção dos tecidos dentais saudáveis, uma vez que tal procedimento não necessita de retenções macromecânicas no preparo por permitir união efetiva com as estruturas dentais, com altos valores de resistência (45 MPa de resistência de união avaliada em teste de microtração). Os autores ainda discutem as possibilidades para falha de união, além da aplicabilidade clínica e da dificuldade técnica do procedimento de hibridização. E concluem que a hibridização é a chave da Odontologia moderna, abrindo fronteiras para a utilização dos diversos materiais restauradores odontológicos, em especial os compósitos resinosos.

WATTS & HINDI, em 1999, investigaram a hipótese de que um compósito a base de multi-acrilatos podia exibir comportamento atípico na cinética de contração de

polimerização em relação aos compósitos controle baseados em di-acrilatos. Foram selecionados os compósitos controles Charisma, Charisma F e Tetric Ceram e o compósito teste Solitaire baseado em acrilatos multi funcionais. Para determinar o padrão de contração dos compósitos convencionais, o compósito Charisma foi ativado de forma convencional (40s com intensidade luminosa fixa) e com a utilização de dupla intensidade de luz (10s com baixa e 30s com alta intensidade luminosa) em aparelho Elipar Highlight. Os demais compósitos foram ativados com aparelho XL300 com intensidade luminosa fixa. A taxa de contração de polimerização foi mensurada através da técnica do disco aderido com auxílio de transdutor de contato com sonda acoplada. Foram realizadas 5 mensurações para cada grupo. Com isso, os autores observaram que com o uso do método de dupla intensidade a taxa de contração inicial aos 0,2 minuto era de 0,11% enquanto que no método convencional esta taxa era de 1,24%, uma diferença estatisticamente significativa. Entretanto ao final de 20 minutos a taxa de contração era similar para ambos os métodos (2,54% para dupla intensidade e 2,56% para o método convencional). O compósito Solitaire apresentou cinética de contração semelhante àquela observada no compósito convencional com dupla intensidade de luz. Com isso, os autores puderam concluir que o método de dupla intensidade assim como o uso de monômeros acrilatos multi funcionais pode alterar a cinética de contração, retardando a desenvolvimento da contração durante o período inicial de polimerização, além disso, o uso de alta intensidade fixa ou uso de monômeros di-acrilato geram aumento imediato da magnitude da contração de polimerização.

Em 1999, MILLS *et al.* avaliaram a profundidade de polimerização determinada por fotoativadores baseados em lâmpada halógena e em LEDs, através de teste de dureza. A

qualidade da luz emitida pelos aparelhos também foi determinada através de avaliação da irradiância e do espectro de luz emitido. Com isso, os autores puderam demonstrar que há grande diferença na distribuição do espectro da luz emitida, sendo que o fluxo espectral da lâmpada halógena exibe distribuição mais ampla nos diferentes comprimentos de onda, enquanto que o fluxo do LED possui maior concentração de emissão ao redor de 470nm. A irradiância dos aparelhos foi de 455mW/cm² para o aparelho baseado em lâmpada halógena e 290mW/cm² para o baseado em LEDs, entretanto quando se considera a irradiância entre os comprimentos de onda 410 e 500nm (faixa de emissão realmente efetiva), o aparelho a base de LEDs gera intensidade de 276mW/cm² enquanto que o aparelho a base de lâmpada halógena gera 388mW/cm². O teste de dureza revelou que a profundidade de polimerização dos corpos-de-prova ativados pelo aparelho à base de LEDs foi significativamente maior que aquela encontrada nos ativados por luz halógena, fato atribuído justamente às características da luz emitida pelos LEDs. Com isso, concluiu-se que a tecnologia LED apresenta características favoráveis para a fotoativação de compósitos podendo tornar-se extremamente útil, uma vez que a performance dessas unidades não decai significativamente com o tempo, com acontece com as unidades à base de lâmpadas halógenas.

JANDT *et al.*, em 2000, testaram a profundidade de polimerização e resistência à compressão de um compósito restaurador ativado por aparelhos a base de LEDs ou lâmpada halógena a fim de comparar a efetividade de polimerização dos mesmos. Além disso, a irradiância e o espectro de luz emitido foram determinados. Foram selecionados os aparelhos Spectrum 201 R e uma unidade experimental feita sob encomenda a base de 27 LEDs. A profundidade de polimerização foi determinada em corpos-de-prova de 4mm de

diâmetro por 8mm de altura confeccionados com o compósito Spectrum TPH, nas cores A₂ e A₄, fotoativados durante 40s. Dez amostras foram confeccionadas para cada grupo, nas quais a profundidade foi medida com penetrômetro e pôde ser diretamente lida com medidor de precisão. A resistência à compressão foi determinada es corpos-de-prova de 4mm de diâmetro por 6mm de altura polimerizados durante 40s pelas duas extremidades. Foram confeccionados seis corpos-de-prova por grupo e os testes foram realizados após 6h e 72h em máquina de testes mecânicos Zwick com velocidade de 1mm/min. Como resultados, os autores encontraram os seguintes valores de irradiância 755mW/cm² para o aparelho a base de luz halógena, cujo espectro de emissão foi cerca de 95% da luz emitida entre 398 e 507nm com pico de 497nm e 350mW/cm² para o aparelho a base de LEDs, cujo espectro de emissão foi cerca de 95% da luz emitida entre 430 e 501nm com pico de 465nm. Dentro desses parâmetros é importante ressaltar que a irradiância do fotoativador a base de LEDs entre 450 e 470nm, comprimentos de onda mais efetivos para ativação da canforoquinona, é quase duas vezes aquela do aparelho a base de luz halógena, apesar deste último exibir maior irradiância em todas as outras regiões do espectro, de forma que sua irradiância é 2,2 vezes maior, de uma maneira geral, que o aparelho a base de LEDs. A profundidade de polimerização foi significativamente maior quando se utilizou o aparelho a base de luz halógena, todavia ambos os aparelhos demonstraram efetividade por promover profundidade de polimerização maior que a especificada pela ISSO 4049. Os valores encontrados foram 5,33mm para a cor A₂ e 4,37mm para a cor A₄ quando se utilizou o aparelho a base de LEDs e 6,40mm para a cor A₂ e 5,19mm para a cor A₄ quando se utilizou o aparelho a base de luz halógena. Com relação aos valores de resistência a compressão, não houve diferença estatística entre as amostras ativadas por LEDs ou luz halógena. Com base nos resultados, os autores concluíram que o aparelho baseado em

LEDs é efetivo para fotoativação de compósitos odontológicos e consideraram as características dessa tecnologia de semicondutores satisfatórias, com maior potencial para aplicação clínica que aqueles a base de luz halógena.

Neste mesmo ano, STAHL *et al.* realizaram um estudo com o objetivo de investigar as propriedades flexurais de três compósitos em três diferentes cores, quando polimerizados com aparelhos baseados em LEDs ou em lâmpadas halógenas convencionais. Foram utilizados os compósitos Spectrum TPH e Z100 nas cores A₂ e A₄ e Solitaire nas cores A₂ e A₃. Os fotoativadores utilizados foram Spectrum 201 R, cuja intensidade de luz emitida é de 755mW/cm² e um aparelho composto por 27 LEDs azuis, feito sob encomenda, cuja intensidade de luz emitida é de 350mW/cm². O teste de resistência à flexão foi conduzido de acordo com as instruções da ISO4049. As amostras possuíam dimensões de 25 x 2 x 2 mm e foram irradiadas por 40s. Os resultados mostraram que não há diferença entre cores dentro de um mesmo material, porém na comparação dos compósitos, diferenças são detectadas nos valores de resistência e módulo flexural. Esses valores também são alterados pelos métodos de exposição, pois a resistência à flexão e módulo flexural dos corpos-de-prova ativados com luz halógena foram maiores que os valores obtidos pelas amostras ativadas com LEDs, entretanto todos os materiais testados, independente do modo de ativação, preencheram os requisitos da ISO 4049. Os autores explicam que os LEDs funcionam bem porque pico do comprimento de onda emitido por eles (465nm) é muito próximo ao pico de absorção da canforoquinona (467nm), enquanto que o pico da lâmpada halógena com a presença do filtro é de 497nm. Concluindo, os autores ainda não indicam LED para uso clínico mas consideram este um método que pode tornar-se viável e efetivo para polimerização de compósitos.

Em 2000, SILIKAS *et al.* avaliaram o grau de conversão e a contração de polimerização de compósitos resinosos, utilizando diferentes técnicas de fotoativação e buscando correlacionar tais características. Os compósito Z100 e Tetric Ceram foram selecionados e o grau de conversão avaliado através de espectroscopia FTIR. As amostras foram fotoativadas de quatro maneiras: 1) 750 mW/cm² por 40s (controle- alta intensidade); 2) 200 mW/cm² por 10s + 750 mW/cm² por 30s (dupla intensidade); 3) 200 mW/cm² por 40s (baixa intensidade); 4) 200 mW/cm² por 10s (baixa intensidade e tempo reduzido). A cinética de contração de polimerização foi avaliada pela técnica do disco aderido de WATTS & CASH. As mensurações foram feitas continuamente por 30 minutos iniciando da fotoativação e três repetições foram feitas para cada material e técnica de fotoativação. Como resultados, no que se refere ao grau de conversão não houve diferença significativa entre o grupo controle (TCR- 60,3%; Z100- 55,5%) e o de dupla intensidade (TCR- 61%; Z100- 56,2%). Entretanto, houve redução do grau de conversão nos grupos que utilizou-se somente baixa intensidade luminosa, independente do tempo (40s – TRC- 47,8%; Z100- 35,3% ou 10s – TCR- 36,7%; Z100- 26,9%). Nesse ponto, os autores atentam para o fato de que um grau de conversão inferior a 55% é contra indicado na situação clínica. Com relação à contração de polimerização, houve uma redução significativa da contração quando a intensidade luminosa foi reduzida. A contração foi maior nos grupos 1 (TCR- 2,66%; Z100-2,54%) e 2 (TCR-2,55%; Z100-2,32%), sem diferença estatística e significativamente menor nos grupos 3 (TCR-2,09%; Z100-1,91%) e 4 (TCR-1,44%; Z100- 1,28%). Com base nos resultados, os autores puderam confirmar a hipótese de existência de uma forte correlação entre grau de conversão e contração de polimerização. Além disso, os autores concluíram que o uso do método de fotoativação por dupla intensidade de luz não reduz o grau de conversão e tem efeitos pequenos no que se refere ao impulso de contração

do compósito. Ressaltando que altas intensidades de luz não são essenciais, pois baixas intensidades podem manter as propriedades do compósito e efetivamente reduzem a velocidade de reação, trazendo benefícios como a redução no desenvolvimento de tensões de contração na interface aderida, por estender o período de escoamento viscoso, o que pode compensar o desenvolvimento de parte das tensões.

Ainda em 2000, BOUSCHLICHER *et al.* avaliaram o efeito do uso da fotoativação com dupla intensidade de luz nas tensões de contração e grau de conversão de um compósito híbrido. Para mensurar as tensões de contração, o compósito Pertac II foi aderido a duas rodas de aço de 5mm de diâmetro acopladas a máquina de testes universais MST 318, que possuía um extensômetro. A altura de compósito era de 1,25 mm (fator C 2). Assim, com a obtenção desse cilindro, o compósito foi fotoativado e as tensões calculadas em N pelo extensômetro. Os métodos de fotoativação usados foram: 1) 800 mW/cm² por 40s (densidade energética = 32 J/cm²); 2) 100 mW/cm² por 10s + 800 mW/cm² por 30s (densidade energética = 25 J/cm²); 3) 800 mW/cm² por 60s (densidade energética = 48 J/cm²); 4) 100 mW/cm² por 10s + 800 mW/cm² por 50s (densidade energética = 41 J/cm²). O período de avaliação das tensões de contração foi de 300s e foram confeccionados dez corpos-de-prova por grupo. O grau de conversão foi determinado através de espectroscopia de Fourier, avaliando os mesmos métodos de fotoativação descritos para o teste anterior. Foi avaliado o grau de conversão da região superficial e 2mm abaixo, utilizando três corpos-de-prova para cada condição testada. As tensões de contração foram 177N para o grupo 1, 172N para o grupo 2, 213N para o grupo 3 e 197N para o grupo 4. Com isso a análise estatística não detectou diferenças entre os grupo fotoativado durante o mesmo intervalo de tempo, houve porém alteração da dinâmica de contração pois nos grupos

fotoativados com dupla intensidade de luz o intervalo para desenvolvimento da tensão máxima foi 10s maior, correspondendo justamente ao período fotoativado com baixa intensidade luminosa. A taxa de contração (N/s) não foi afetada pelo uso do método de dupla intensidade de luz. O uso da dupla intensidade de luz também não afetou o grau de conversão, quando o tempo de exposição foi o mesmo. Tempo de exposição maior (60s) resultou em aumento do grau de conversão, considerando uma espessura de 2 mm. Os autores observaram também haver uma forte correlação positiva entre densidade energética e tensão máxima de contração. Sendo assim, os autores concluem que o método de dupla intensidade de luz não causa efeitos deletérios no grau de conversão, nem reduz a tensão máxima de contração, apesar de retardar seu desenvolvimento.

FRIEDL *et al.*, também no ano de 2000, avaliaram a influência dos métodos de fotoativação utilizando intensidades luminosas variáveis na integridade marginal de um compósito resinoso e duas resinas modificadas por poliácidos em restaurações classe V. Para isso, 60 terceiros molares humanos recém extraídos foram selecionados. Cavidades padronizadas em forma de caixa com paredes paralelas e dimensões de 5mm no sentido méseo distal, 3mm ocluso gengival e 1,5mm de profundidade (fator C \cong 3) foram confeccionadas de modo que a margem gengival ficasse localizada 1mm abaixo da junção cemento esmalte. Os dentes foram então separados em seis grupos de dez dentes cada, segundo a técnica restauradora e o método de fotoativação: Grupo 1 – Prime&Bond 2.1 + Dyract (800mW/cm² por 40s); Grupo 2 – OSB Primer + Hytac (800mW/cm² por 40s); Grupo 3 – Prime&Bond 2.1 + Spectrum (800mW/cm² por 40s); Grupo 4 – Prime&Bond 2.1 + Dyract (150mW/cm² por 10s 800mW/cm² por 30s); Grupo 5 – OSB Primer + Hytac (150mW/cm² por 10s 800mW/cm² por 30s); Grupo 6 – Prime&Bond 2.1 + Spectrum

(150mW/cm² por 10s 800mW/cm² por 30s). As restaurações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante e os procedimentos de acabamento e polimento foram realizados com pontas diamantadas e disco Sof-lex . Após as amostras foram armazenadas em água deionizada por 7 dias a 37°C e cicladas térmica (5000 ciclos com banhos de 30 segundos a 5 e 55°C) e mecanicamente (500000 ciclos no centro da superfície oclusal dos dentes com frequência de 1,7Hz e carga de 72,5N). As amostras foram avaliadas em microscopia eletrônica de varredura antes e após as ciclagens térmica e mecânica através da obtenção de réplicas, que foram analisadas quantitativamente através da classificação das margens nos critérios: margem perfeita, fenda marginal, imperfeição marginal e margem não definida (*marginal swelling*). A qualidade da margem foi calculada como porcentagem do comprimento total da margem. A análise de penetração do corante foi realizada após a termociclagem. Dessa forma, as amostras foram armazenadas por 16h em solução de fucsina básica a 0,5% a 37°C. Após, os dentes foram cortados na direção vestibulo-lingual em fatias de 200µm e analisados em lupa estereoscópica com aumento de 16X e fotografadas por ambos os lados. A penetração do corante foi analisada através de escaneamento da fotografia e mensuradas em porcentagem do comprimento total da restauração. Com isso, os autores obtiveram que o método de fotoativação com dupla intensidade não teve influência significativa na adaptação marginal dos materiais testados, considerando esmalte ou dentina e antes e após a termociclagem. Baseados nos resultados obtidos o autor concluiu que a polimerização inicial com baixa intensidade de luz pode resultar em efeitos negativos pela protelação da reação de polimerização e que este método não melhora a adaptação marginal de restaurações em compósito ou resina modificada por poliácidos.

ERNST *et al.*, em 2000, avaliaram a tensão gerada pela contração de polimerização nos métodos convencional e de dupla intensidade de luz, através de análise fotoelástica. Foram selecionados diversos compósitos odontológicos para confecção de amostras que foram fotoativadas por dois métodos: o convencional ($700\text{mW}/\text{cm}^2$ por 40s) e o de dupla intensidade luminosa ($150\text{mW}/\text{cm}^2$ por 10s seguido por $700\text{mW}/\text{cm}^2$ durante 30s). Os resultados demonstraram que para a maioria dos compósitos testados houve redução significativa das tensões de contração. Esse fato foi atribuído ao prolongamento do período viscoso, no qual a capacidade de escoamento do compósito é aumentada com consequente redução das tensões de contração. Os autores concluíram que o método de fotoativação por dupla intensidade de luz é um meio efetivo de reduzir as tensões decorrentes da contração de polimerização dos compósitos odontológicos.

Em 2000, PEREIRA avaliou o efeito da aplicação de uma camada intermediária com compósito de baixa viscosidade na infiltração marginal de restaurações em compósito. Trinta e seis cavidades do tipo classe V foram preparadas nas faces vestibular e lingual na região do limite amelo-cementário de molares humanos. As cavidades foram então separadas em três grupos, segundo a técnica restauradora empregada: 1) Sistema de união Single Bond (SB) e restauração em incremento único com o compósito Filtek Z250; 2) SB, camada intermediária do compósito de baixa viscosidade Flow-It e restauração com Z250; 3) SB, camada intermediária do compósito de baixa viscosidade Protect Liner F e restauração com Z250. Após armazenagem por 24h e procedimentos de acabamento e polimento, as amostras foram preparadas para o teste de infiltração marginal, e imersas em solução corante de nitrato de prata 50% durante 24h. Em seguida os dentes foram lavados e armazenados em solução fotográfica reveladora por 12h e seccionados longitudinalmente.

Os resultados foram analisados em lupa estereoscópica, e o comprimento total de penetração do nitrato de prata na interface foi mensurado e convertido em porcentagem do comprimento total da cavidade. Os valores médios de penetração do corante foram 21,11% para o grupo 1, 7,89% para o grupo 2 e 2,65% para o grupo 3, demonstrando portanto a efetividade da aplicação de uma camada intermediária com baixo módulo na diminuição na incidência de infiltração marginal. Através de análise da interface dente-restauração em MEV, o autor ainda pôde observar uma adaptação adequada do compósito de baixa viscosidade à camada de adesivo subjacente.

ESTAFAN *et al.*, em 2000, avaliaram a adaptação marginal de compósitos de alta e baixa viscosidade à parede pulpar de cavidades em dentes posteriores, além disso, o uso dos compósitos de baixa viscosidade como forramento para restaurações confeccionadas em compósitos compactáveis foi avaliado. Com esse objetivo, quinze molares humanos foram selecionados e cavidades classe I com extensão de 4mm no sentido mesio distal e profundidade de aproximadamente 0,5 a 1mm em dentina foram confeccionadas. Os dentes foram então separados em três grupos segundo a técnica restauradora: 1) Controle - Heliomolar; 2) Flow It + Alert; 3) Alert. Os dentes então foram submetidos a termociclagem e seccionados para análise de formação de fendas em MEV. Como resultados, os autores observaram que o forramento das restaurações com compósito de baixa viscosidade impediu completamente a formação de fendas na interface entre a estrutura dental e o material restaurador, o que foi atribuído ao baixo módulo de elasticidade do compósito Flow It, sua alta capacidade de molhamento e/ou à sua baixa tensão de superfície. As cavidades restauradas unicamente com compósito de alta viscosidade apresentaram fendas marginais, atribuídas ao baixo molhamento da superfície

dentinária pelo compósito devido à alta viscosidade, ao alto módulo de elasticidade do mesmo e/ou à contração de polimerização. O grupo controle, restaurado com Heliomolar apresentou características intermediárias quanto à formação de fendas, não diferindo estatisticamente dos grupos 2 e 3. Com base nos resultados os autores concluem que o uso de forramento com compósito de baixa viscosidade nas restaurações de compósitos compactáveis reduz significativamente a formação de fendas marginais e conseqüente microinfiltração.

CHOI *et al.*, em 2000, realizaram um estudo com o objetivo de mensurar a tensão gerada pela contração de compósitos em associação com espessuras variadas da camada de adesivo e relacionar o efeito do aumento dessa espessura com a infiltração marginal de restaurações classe V confeccionadas com tal método. A avaliação das tensões de contração foi realizada em máquina de testes mecânicos MTS em associação com um transdutor livre de contato. As amostras foram preparadas sobre *stubs* de vidro com diâmetro de 5mm, jateados com óxido de alumínio e tratadas com primer cerâmico, adesivo Scotchbond Multi Purpose foi aplicado sobre a face livre desses *stubs* em espessuras variadas. O compósito Herculite XRV, selecionado devido aos seus altos valores de contração, foi colocado entre os dois *stubs* cilíndricos cuja altura determinava o fator C do sistema. Para fator C 2, a altura do cilindro foi de 1,25mm e para fator C 3, de 0,83mm. O compósito foi fotoativado simultaneamente pelos lados opostos do cilindro durante 60 segundos com intensidade de 250mW/cm². Foram confeccionados trinta corpos-de-prova com espessura de adesivo variando entre 20 e 300µm para cada fator C. O teste de microinfiltração foi conduzido utilizando-se 24 dentes bovinos, os quais tiveram a superfície vestibular planificada para exposição de área circular com 6mm de diâmetro, onde cavidades cilíndricas foram

preparadas com 1,3mm de profundidade para fator C 2 e 2mm de profundidade para fator C 3. As cavidades foram restauradas seguindo quatro métodos experimentais, nos quais as variáveis eram o fator C e a espessura da camada de adesivo. O sistema Scotchbond Multi Purpose e o compósito Herculite XRV foram utilizados neste teste. Depois de restauradas as amostras foram seladas e imersas em solução de nitrato de prata 3mol% por 24h, seguindo pela secagem e análise do grau de penetração do corante. Os resultados mostraram que a tensão de contração foi significativamente maior para o fator C 3 quando comparado ao fator 2. A aplicação de duas camadas de adesivo causou redução de 17% da tensão de contração, a aplicação de uma terceira camada ainda rendeu uma redução de 13% em comparação com as amostras que utilizaram duas acamadas, considerando o fator C 3. Para o Fator C 2 a aplicação de duas camadas de adesivo reduziu 24% os valores de tensão. Com relação à microinfiltração, não houve diferença entre as cavidades com fator C 2 e 3. A aplicação de duas camadas de adesiva gerou aumento de duas a quatro vezes na espessura, gerando redução nos valores de microinfiltração. Com isso, os autores concluem que a aplicação de camadas de adesivo mais espessas (maior que 100µm) causa redução significativa na tensão de contração e por isso a infiltração marginal também é reduzida, aumentando a longevidade das restaurações em compósito.

PEUTZFELDT *et al.*, em 2000, avaliaram as propriedades obtidas por compósitos fotoativados pelos aparelhos Apolo 95E e 1000 PAC, cuja luz é emitida por plasma incandescente composto por mistura gasosa de moléculas ionizadas e elétrons. Estes aparelhos funcionam com comprimento de onda limitado em torno de 470nm, com alta intensidade luminosa, permitindo dessa forma que o tempo de exposição seja incrivelmente reduzido. Para avaliação dessas unidades fotoativadoras, três compósitos foram

selecionados: Herculite XRV, Apollo Restore e Saremco Microhybrid. Para todos os testes realizados, os métodos para fotoativação eram: Apolo 95E 3s com intensidade de 1370 mW/cm^2 , 1000 PAC 10s com intensidade de 980 mW/cm^2 , o aparelho XR 3000 (controle) 40s com intensidade de 480 mW/cm^2 . As características investigadas foram: 1) Quantidade de duplas ligações remanescentes, através de espectroscopia de Fourier; 2) Profundidade de polimerização, avaliada através de confecção de cavidade cilíndrica em molares humanos extraídos, onde os compósitos foram inseridos e polimerizados. Após, as amostras foram desgastadas de modo a deixar somente metade do cilindro de resina, desse modo pôde-se remover com uma espátula a parte de resina não polimerizada. E a profundidade de polimerização foi medida com medidor de precisão (*dial gauge*); 3) Resistência e módulo flexural, avaliado através de teste de três pontos, com 6mm de distância entre os pontos com corpos-de-prova de $2 \times 2 \times 10 \text{ mm}$. 4) Contração parede-parede, avaliada em molares humanos extraídos foi obtida uma área plana de dentina onde foi confeccionada cavidade cilíndrica com diâmetro de 3,2 – 3,6mm e 1,5 mm de profundidade e restaurada de acordo com as instruções do fabricante. Após, com auxílio de microscópio foi mensurada a fenda obtida no ponto mais largo. A contração foi calculada como largura da fenda em porcentagem do diâmetro da cavidade. Os resultados mostraram que, com o uso do Apolo 95E, as duplas ligações remanescentes foram maiores que no grupo controle que utilizou o XR 3000, isso porque a densidade energética final dada pelo Apolo ($4,1 \text{ J/cm}^2$) é insuficiente para um grau de conversão adequado devido ao tempo de exposição demasiadamente reduzido, a densidade energética final dada pelo XR 3000 é de $19,2 \text{ J/cm}^2$. O fotopolimezador 1000 PAC exibiu eficácia relativa dependendo do compósito utilizado, sendo que a densidade energética final dele foi de $9,8 \text{ J/cm}^2$. Com relação à profundidade de polimerização, houve diferença entre os aparelhos utilizados devido às diferenças na

densidade energética final dada por estes e sendo assim as maiores profundidades de polimerização foram obtidas com o XR 3000, seguido pelo 1000 PAC e o Apolo 95E obteve as menores profundidades. Com relação à resistência a flexão, esta não foi afetada pelos métodos de fotoativação, entretanto o módulo flexural foi reduzido com o uso do Apolo 95E. O módulo flexural é um indicador mais sensível de redução de propriedades mecânicas que a resistência à flexão, pois reflete a alteração no módulo de elasticidade dada pela redução do grau de conversão. E finalmente, a contração de polimerização parede-parede, não foi afetada pelo uso dos fotoativadores de alta intensidade luminosa, pois apesar da redução do grau de conversão, a polimerização extremamente rápida dada por esses aparelhos gera fendas semelhantes às aquelas obtidas com o XL 3000. Com base nesses resultados os autores concluíram que esses novos fotoativadores devem ser utilizados com cautela uma vez que, com os tempos de fotoativação indicados pelos fabricantes desses aparelhos, pode haver redução das propriedades mecânicas dos compósitos restauradores e com isso haver diminuição a vida útil dessas restaurações.

Com o objetivo de avaliar as características de polimerização determinadas por unidades fotoativadores baseadas em arco de plasma, SHARKEY *et al.*, em 2001, determinaram a microdureza Vickers de corpos-de-prova confeccionados em três compósitos comercialmente disponíveis. Vinte corpos-de-prova com 8mm de diâmetro e 2mm de profundidade foram confeccionados com cada material, sendo que dez foram ativados por lâmpada halógena (XL3000 por 30s) e dez ativados por lâmpada de arco de plasma (Apolo95E por 5s). Os resultados mostraram que os valores de dureza foram superiores para todos os corpos-de-prova ativados por luz halógena, independente do material utilizado. Com isso, os autores puderam concluir que a fotoativação com lâmpada

de arco de plasma no tempo preconizado não garante polimerização tão eficiente quanto a lâmpada halógena, uma vez que houve redução dos valores de dureza e, por consequência, do grau de conversão.

MILLAR & NICHOLSON, em 2001, avaliaram os efeitos do uso de fotoativação com arco de plasma xenônio na solubilidade em água e taxa de reidratação para obtenção de equilíbrio hídrico de diversos materiais restauradores fotoativados. Os materiais selecionados foram: o compósito Pekafill, as resinas modificadas por poliácidos Dyract e Compoglass e o ionômero modificado por resina Baseline VLC. As unidades fotoativadoras utilizadas foram: Apollo 95E (arco de plasma xenônio) durante 1 ou 2s e Euromax (lâmpada halógena convencional) durante 20 ou 30s. Foram confeccionadas para cada grupo três amostras em forma de disco com 6mm de diâmetro e 2,8mm de altura. Para determinação da solubilidade, os corpos-de-prova foram imersos em água deionizada a 37°C e pesados em intervalos regulares até a obtenção do equilíbrio de peso. Após serem secados foram pesados novamente. A taxa de reidratação foi medida pela rearmazenagem destes corpos-de-prova em água até obtenção de novo equilíbrio de peso. Como resultados, os autores obtiveram em quase todos os casos, que a perda sofrida pelos corpos-de-prova fotoativados com o Apollo 95E foi significativamente maior que por aqueles fotoativados por luz halógena. Considerando as amostras ativadas com Apollo 95E, um maior tempo de exposição (2s) resultou em menores perdas para Pekafile e Baseline VLC. A taxa de reidratação também foi maior nas amostras polimerizadas com Apollo, havendo diferença significativa no ganho de massa quando são comparadas às amostras fotoativadas por luz halógena tanto por 20 quanto por 30s. Assim, os autores concluíram que a ativação com alta intensidade por períodos reduzidos de exposição, como é o caso do Apollo, causa

aumento significativo da solubilidade em água e taxa de reidratação dos materiais restauradores devido a alterações de processo de polimerização desses materiais.

O uso dos fotoativadores de arco de plasma de xenônio também foi discutido por CUNHA *et al.*, em 2001. O objetivo do estudo foi verificar a influência de quatro métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de cinco compósitos odontológicos: Z100, Solitaire, TPH, Alert e Wave. Corpos-de-prova cilíndricos (3mm de diâmetro e 5mm de altura) foram preparados em uma matriz bipartida e fotoativados por quatro diferentes métodos: luz halógena contínua (520mW/cm² durante 40s); dupla intensidade de luz (150mW/cm² por 10s, seguido por 520mW/cm² durante 30s); luz pulsátil (520mW/cm² durante 60s) e arco de plasma de xenônio (2300mW/cm² durante 3s). A mensuração da dureza Knoop foi realizada em um microdurômetro Tester FM com carga de 50g durante 30s. Os resultados indicaram que a dureza Knoop, independente da profundidade e do compósito utilizado, foi maior nos métodos de ativação por luz contínua e dupla intensidade quando comparados aos métodos pulsátil e por arco de plasma de xenônio. Com base nos resultados, os autores concluíram que a ativação com arco de plasma de xenônio no tempo indicado gera polimerização insuficiente dos compósitos, por essa razão indicam aumento no tempo de exposição para viabilização da utilização do aparelho. Já o método de fotoativação com luz pulsátil, apesar de ter gerado resultados inferiores, devido a provável redução no tempo de exposição na intensidade indicada, pode ser uma alternativa viável para polimerização de compósitos se a intensidade luminosa do aparelho for aumentada.

BELLI *et al.*, em 2001, avaliaram a influência do uso de forramento com compósito de baixa viscosidade e do condicionamento adicional do esmalte na integridade interfacial

de restaurações em compósito associadas a sistemas de união auto-condicionantes. Para realização do estudo foram selecionados 25 molares humanos, nos quais cavidades do tipo classe II foram preparadas tanto no lado mesial quanto distal. As cavidades possuíam 3mm de largura no sentido vestibulo lingual e 3mm no sentido mesio-distal, enquanto que a profundidade foi determinada pela altura da coroa dental. Os materiais utilizados no estudo foram: o sistema de união Clearfil Liner Bond, o compósito Clearfil AP-X e o compósito de baixa viscosidade Protect Liner F. As amostras foram divididas em cinco grupos segundo a técnica restauradora, utilizando-se o sistema de união autocondicionante em associação ou não com o compósito de baixa viscosidade e/ou condicionamento ácido adicional. Depois de restauradas, as amostras foram então termocicladas e seccionadas para análise da interface em microscopia eletrônica de varredura a laser. A porcentagem de fenda ou fratura da margem de esmalte foi calculada dividindo-se o comprimento da fenda pelo comprimento total da interface. Os resultados mostraram que o uso do compósito de baixa viscosidade como material forrador melhorou a qualidade da interface diminuindo o número de fendas. Já o condicionamento adicional do esmalte não alterou a qualidade da interface quando comparado ao grupo controle. Com base nos resultados os autores puderam recomendar o de compósitos de baixa viscosidade com baixo módulo de elasticidade como método para melhorar o selamento e portanto a qualidade marginal de restaurações em compósito, uma vez que essa camada pode absorver as tensões causadas pela contração de polimerização.

CHUANG *et al.*, em 2001, realizaram um estudo com o propósito de determinar a influência do uso de forramento com compósito de baixa viscosidade na infiltração marginal e presença de bolhas internas em restaurações classe II em compósito resinoso. A

correlação entre presença de bolhas internas na restauração e microinfiltração também foi avaliada. Para tanto, foram selecionados 48 molares humanos, nos quais cavidades classe II foram confeccionadas nas superfícies mesial e distal, com margens localizadas inteiramente em esmalte. As cavidades foram divididas aleatoriamente em 4 grupos, segundo a técnica restauradora: 1) Prodigy – Revolution; 2) Prodigy; 3) Tetric Ceram – Tetric Flow; 4) Tetric Ceram. Depois de restauradas, as amostras foram termocicladas e imersas por 24 horas em solução corante de fucsina básica a 2%. Os dentes foram então seccionados longitudinalmente e avaliados segundo a penetração da solução corante e presença de bolhas internas tanto na margem oclusal quanto gengival. Os resultados não revelaram diferenças estatísticas no selamento marginal considerando as cavidades restauradas com ou sem o forramento com o compósito de baixa viscosidade, porém o uso do forramento reduziu a incidência de bolhas internas. A correlação entre número de bolhas e microinfiltração associada não pôde ser encontrada. Com isso, os autores concluem que o forramento com compósito de baixa viscosidade pode reduzir efetivamente a presença de bolhas internas, porém não necessariamente melhoram o selamento marginal.

ALOMARI *et al.*, em 2001, determinaram os efeitos do uso de forradores com baixo módulo de elasticidade na deflexão de cúspide resultante da contração de polimerização do compósito restaurador, além de detectar a formação de fendas marginais. Foram utilizados 40 pré-molares, nos quais cavidades MOD foram confeccionadas. Os dentes foram aleatoriamente separados em quatro grupos, segundo o material forrador utilizado: 1) Controle – sem forramento; 2) Compósito de baixa viscosidade – Revolution; 3) Ionômero de vidro – Vitrebond; 4) Fina camada de compósito. As cavidades foram restauradas com o compósito Z100 em dois incrementos iguais. A distância entre a ponta

das cúspides foi mensurada três vezes: antes do procedimento restaurador, 5 minutos e 24 horas após o término do mesmo. Para determinação da formação de fendas, as amostras foram seccionadas no sentido méso-distal e réplicas em resina epóxica foram confeccionadas para análise em MEV. Como resultados, os autores obtiveram os seguintes valores médios de deflexão de cúspide, ou seja, a diferença entre os valores originais, antes da restauração, e após, aos 5 minutos e 24 horas respectivamente: 1)47 e 30 μ m; 2)35 e 21 μ m; 3)23 e 8 μ m; 4)40 e 28 μ m. A diferença entre esses valores representa o grau de relaxamento da deflexão, causado pela expansão higroscópica do compósito, elasticidade das estruturas dentais, formação de fendas ou fratura dental, o grupo 1 (controle) apresentou maior recuperação que o grupo 4 (fina camada de compósito), entre os outros grupos não houve diferença estatística nesse quesito. Os resultados também mostraram que a deflexão de cúspide pode ser reduzida pela aplicação de forramento com materiais flexíveis (com baixo módulo de elasticidade), com é o caso do compósito de baixa viscosidade e do ionômero de vidro, dessa forma o forramento atua como um amortecedor das tensões originárias da contração de polimerização. A formação de fendas foi analisada porque o material de base poderia reduzir as tensões de modo desfavorável, pela perda da união com o substrato dental, criando dessa forma fendas marginais indesejáveis. Porém, não houve diferença entre os grupos com relação à formação de fendas, confirmando que a redução da deflexão das cúspides foi decorrente de outros fatores relacionados às propriedades dos materiais forradores. Com base nos resultados, os autores puderam concluir que o uso de materiais forradores com baixo módulo de elasticidade reduz a deflexão de cúspide, sendo nesse caso ionômero de vidro mais eficiente que o compósito de baixa viscosidade.

Em 2001, HASEGAWA *et al.* investigaram o efeito da irradiação por dupla intensidade de luz na performance de polimerização e adaptação às paredes cavitárias de restaurações com margem em dentina. Para tanto, os compósitos Clearfil APX, Estelite, Silux Plus e Z100 em combinação com os sistemas de união Megabond e Clearfil Photo bond. Foram utilizados 160 molares humanos, nos quais cavidades cilíndricas com 3mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade foram confeccionadas em superfície de dentina plana na área proximal e restauradas com um dos quatro compósitos e um dos sistemas adesivos. As amostras foram fotoativadas pelo método de dupla intensidade de luz (10s a 100mW/cm² e 30s a 600mW/cm²) e pelo método convencional (40s a 600mW/cm²) com aparelho Elipar Highlight. As restaurações foram então polidas e a integridade marginal foi avaliada em microscópio óptico. A largura da fenda de contração foi mensurada em 8 pontos da área da margem. Os valores de fenda foram calculados somando-se a largura da fenda de áreas opostas mensurados como porcentagem do diâmetro da cavidade. A profundidade de polimerização foi avaliada em corpos-de-prova com 4mm de diâmetro por 8mm de altura fotoativadas pelos métodos acima expostos. Imediatamente após a fotoativação, a parte não polimerizada do corpo-de-prova foi eliminada com etanol e o comprimento resultante foi considerado a profundidade de polimerização. Cinco corpos-de-prova por grupo foram confeccionados. Os resultados mostraram que a adaptação marginal não foi alterada significativamente pelo método de dupla intensidade de luz, porém as fendas marginais puderam ser prevenidas pelo uso do sistema Clearfil Photo Bond. Com isso os autores puderam concluir que a adaptação marginal de compósitos às paredes cavitárias é mais influenciada pela eficácia do sistema de união que pelo método de fotoativação empregado.

HASEGAWA *et al.*, também em 2001, avaliaram a adaptação marginal e a profundidade de polimerização de amostras confeccionadas com quatro compósitos comercialmente disponíveis polimerizadas com aparelho cuja fonte de luz empregada é uma lâmpada halógena ou lâmpada de xenônio. A contração de polimerização parede a parede foi avaliada em cavidades cilíndricas com 3mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade, confeccionadas em dentes humanos. As cavidades foram restauradas com os compósitos Clearfil APX, Estelite, Silux Plus e Z100. Os compósitos foram irradiados durante 3s com as lâmpadas de xenônio ou durante 40s com a lâmpada halógena. A profundidade de polimerização foi determinada em cinco corpos-de-prova com 4mm de diâmetro e 8mm de altura, pela mensuração do comprimento de compósito endurecido. Os resultados mostraram que a profundidade de polimerização das amostras ativadas pelas lâmpadas de xenônio foi significativamente maior que aquela determinada pela lâmpada halógena, enquanto que a qualidade marginal das restaurações não sofreu deterioração significativa. Dessa maneira, os autores puderam concluir que as unidades fotoativadoras com lâmpada de xenônio são clinicamente efetivas na polimerização de compósitos odontológicos.

YAP *et al.*, também em 2001, avaliaram a influência do método de fotoativação com dupla intensidade de luz na efetividade e contração de polimerização de um compósito resinoso utilizando dois aparelhos fotoativadores comercialmente disponíveis (Kavo Poly LUX II e Spectrum). A efetividade de polimerização foi avaliada através de teste de dureza por comparação da dureza da superfície e da região de fundo de corpos-de-prova com 2mm de espessura confeccionado com o compósito híbrido Z 100 na cor A₂ e fotoativado com três métodos diferentes e com três tempos: 1) Alta intensidade luminosa (540mW/cm² por

40, 80 e 120s); 2) Baixa intensidade luminosa (374mW/cm^2 por 40, 80 e 120s); 3) Dupla intensidade de luz (*soft start* – modulação da energia luminosa aplicada em três passos: 60% do tempo de polimerização a 289mW/cm^2 , 20% do tempo a 354mW/cm^2 e 20% do tempo a 433mW/cm^2 por 40, 80 e 120s). Após a confecção de cinco corpos-de-prova para cada grupo, a medida da dureza Knoop foi realizada na região superficial e de fundo com carga de 500g aplicada por 15s. A efetividade de polimerização foi calculada através da proporção: número de dureza de superfície dividido por número de dureza de fundo. A contração de polimerização foi avaliada através da inserção da resina composta em moldes com 7mm de comprimento, 4mm de largura e 2mm de profundidade e fotoativados com os mesmos métodos do teste anterior. Na parte superior e inferior do molde foram colocadas lamínulas de vidro aderidas ao compósito e ligadas a um aparato que monitorava alterações dimensionais no compósito. As mensurações foram feitas a cada 10s durante a polimerização e após 60, 80 e 120s em sala a temperatura ambiente. Cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo. Os resultados mostraram que tanto a efetividade quanto à contração de polimerização aumentam com aumento do tempo de exposição, pois em um mesmo método a exposição por 80 segundos gerou maior dureza superficial que a exposição por 40 segundos. Além disso, o método de fotoativação por dupla intensidade de luz não afetou a efetividade de polimerização, pois o mínimo gradiente de dureza de 0,8 foi alcançado em ambos os casos. A contração de polimerização também não foi afetada pelos métodos de fotoativação pois a diferença entre o método convencional, com alta intensidade e o com dupla intensidade de luz foi apenas 0,05%. Mas, apesar de não haver diferença nos valores absolutos de contração, os autores observaram que a dinâmica de contração ocorre de maneira diferente durante o curso da reação de polimerização, o uso de baixa intensidade inicial gera polimerização mais lenta ,

o que produz moléculas de cadeias maiores com melhores características de escoamento. De acordo com esses resultados, os autores comprovaram que as propriedades de dureza e contração não são negativamente afetadas pelo método de dupla intensidade de luz.

Neste mesmo ano, SAHAFI *et al.* determinaram os efeitos da fotoativação por dupla intensidade de luz na adaptação marginal de compósitos em cavidades situadas em dentina. Para realização do estudo, cavidades cilíndricas com 3.1-3.3mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade foram confeccionadas em molares humanos, cuja superfície radicular havia sido desgastada para obtenção de área plana em dentina. As amostras foram divididas em 8 grupos; os grupos de 1 a 4 foram restaurados com Scotchbond Multi-purpose e Z100 e os grupos de 5 a 8 com Optibond FL e Herculite XRV. Os grupo 1 e 5 foram ativados durante 40s a 750mW/cm^2 , grupos 2 e 6 foram ativados por 10s a 150mW/cm^2 e 30s por 750mW/cm^2 , os grupos 3 e 7 a lâmpada foi afastada 2cm da cavidade durante os primeiros 20s (100mW/cm^2), aproximada gradualmente nos 10s seguintes e deixada em contato com a restauração nos 10s finais, e nos grupos 4 e 8 nos 20s iniciais da fotoativação utilizou-se um filtro verde de vidro foi colocado entre a ponta do fotoativador e a restauração (140mW/cm^2) e nos 20s finais a lâmpada foi colocada em contato com a restauração. A adaptação marginal foi calculada através da mensuração, em microscópio óptico, da maior fenda formada como porcentagem do diâmetro da cavidade. Os resultados mostraram que o método de fotoativação por dupla intensidade de luz não tem influência na adaptação marginal de restaurações em compósito. Entretanto, a seleção do material restaurador é relevante, uma vez que o sistema Optibond FL – Herculite XRV apresentou valores de contração significativamente menores que o sistema Scotchbond – Z100.

Também em 2001, YOSHIKAWA *et al.* avaliaram o efeito dos métodos de fotoativação no selamento marginal, taxa de contração de polimerização e dureza de um compósito resinoso. Foram selecionados 50 incisivos bovinos e suas faces vestibulares foram desgastadas de modo a expor uma superfície plana de dentina, onde duas cavidades circulares (3mm de diâmetro x 1 mm de profundidade) foram confeccionadas com auxílio de pontas diamantadas em alta rotação sob refrigeração. Então, os dentes foram separados aleatoriamente em dois grupos segundo o sistema adesivo a ser utilizado: A) Clearfil Photo Bond; B) Super Bond D Liner. Em seguida, as amostras dos dois grupos foram subdivididas em 5 grupos segundo o método de fotoativação: 1) 600mW/cm² 60s; 2) 270mW/cm² 10s + 5s intervalo + 600mW/cm² 50s; 3) 20mW/cm² 10s + 5s intervalo + 600mW/cm² 50s; 4) 270mW/cm² 30s + 5s intervalo + 600mW/cm² 30s; 5) 20mW/cm² 30s + 5s intervalo + 600mW/cm² 30s. Dessa forma, os dentes foram restaurados com o compósito híbrido Photo Clearfil Bright. A fotoativação foi realizada com aparelho LUXOR e as intensidades luminosas controladas com radiômetro. Após a confecção das restaurações, os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37°C por 24h e termociclados 300 vezes com ciclos de 4°C e 60°C com duração de 30s cada banho. Para determinar o grau de adaptação às paredes e selamento de margens o teste de penetração de solução corante foi escolhido. O corante selecionado foi uma solução de propileno glicol ácido (Caries Detector, Kuraray) que foi aplicado sobre as margens da restauração por 5s. O grau de penetração foi avaliado em lupa estereoscópica com aumento de 20,1X e registrado com fotografias. Os corpos-de-prova foram então cortados longitudinalmente e o corante aplicado nas paredes cavitárias e novamente fotografados. Dessa forma, o comprimento de penetração do corante foi avaliado a partir das fotografias com a utilização

de *Digitizer* e a porcentagem relativa de penetração calculada. O segundo teste realizado foi o de contração linear de polimerização do compósito, que foi avaliada através da técnica de imersão em mercúrio, utilizando as mesmas técnicas de fotoativação descritas no teste anterior. A mensuração ocorreu durante os 15 minutos subsequentes à fotoativação. Os corpos-de-prova possuíam 3mm de diâmetro por 5 mm de altura e cada mensuração foi feita 3 vezes. O terceiro teste realizado foi o de microdureza, também utilizando os métodos previamente descritos para fotoativação do compósito. Os corpos-de-prova possuíam as mesmas dimensões da cavidade preparada no teste de penetração de corante. Mensurações de dureza Knoop foram obtidas da superfície e da região de fundo do corpo-de-prova utilizando carga de 100g por 15s e foram realizadas 10 segundos e duas semanas após a fotoativação. Assim, com relação ao selamento marginal e adaptação à paredes cavitárias, o método de fotoativação do grupo 2 ($270\text{mW}/\text{cm}^2$ 10s + 5s intervalo + $600\text{mW}/\text{cm}^2$ 50s) apresentou os melhores resultados com os dois sistemas adesivos testados, melhorando significativamente o selamento. O método de fotoativação do grupo 1 ($600\text{mW}/\text{cm}^2$ 60s) apresentou os piores resultados em termos de selamento marginal e adaptação à paredes cavitárias. Com relação ao teste de contração de polimerização, a maior taxa de contração ocorreu 5s após o início da fotoativação em todos os grupos exceto o grupo 3, além disso pôde-se observar que a duração da contração dos métodos que utilizavam baixa intensidade de luz inicial (cerca de 2 minutos) era menos da metade da duração de contração do método de alta intensidade (5 minutos), não havendo entretanto diferença estatística nos valores absolutos de contração. Com relação ao teste de microdureza, não houve diferença estatística entre o grupo 1 ($600\text{mW}/\text{cm}^2$ 60s) e o grupo 2 ($270\text{mW}/\text{cm}^2$ 10s + 5s intervalo + $600\text{mW}/\text{cm}^2$ 50s) após duas semanas provando que há efetividade na polimerização quando se utiliza baixa intensidade de luz inicial. Com base nos resultados obtidos, os autores

puderam concluir que o método de fotoativação com baixa intensidade de luz inicial promove uma polimerização mais uniforme, melhorando o selamento marginal sem alterar a dureza e, portanto, as propriedades físicas do material. Tal fato foi explicado pela ocorrência de um maior grau de contração no estágio inicial (fluido) da polimerização o que leva a diminuição nas tensões de contração. Além disso, os autores afirmaram que a fotoativação somente com altas intensidades de luz leva a formação de mais fendas marginais e menor adaptação às paredes cavitárias.

KNEZEVIC *et al.*, em 2001, realizaram um estudo com o propósito de comparar o grau de conversão e aumento de temperatura de quatro compósitos fotoativados por diferentes aparelhos fotoativadores, baseados tanto em lâmpadas halógenas quanto em LEDs. Os compósitos utilizados nesse estudo foram: Tetric Ceram, Pertac II, Valux Plus e Degufil Mineral, sempre utilizando a cor A₂. Os fotoativadores selecionados foram o Heliolux GTE (polimerização convencional - 600mW/cm² por 40s), Elipar Highlight (polimerização com dupla intensidade de luz- 100mW/cm² por 10s e 700mW/cm² por 30s) e um aparelho composto por 16 LED (12mW/cm² por 40s). O grau de conversão foi determinado através de espectroscopia de Fourier, tanto na superfície quanto na região 1mm abaixo da mesma. O aumento de temperatura foi determinado durante o período de fotoativação com termômetro HC 3500 T nos mesmos corpos-de-prova utilizados para o teste anterior, foram feitas cinco mensurações na superfície e 1mm abaixo, através de uma sonda acoplada ao compósito. Como resultados os autores obtiveram que tanto o grau de conversão quanto o aumento de temperatura foram maiores com as lâmpadas halógenas, quando comparadas com LEDs. Entretanto, a diferença no grau de conversão não foi tão ampla quanto a diferença entre as intensidades luminosas de cada um dos aparelhos. Além

disso, LEDs por possuírem menor intensidade de luz, determinam polimerização mais lenta o que contribuiu para que o aumento de temperatura fosse duas vezes menor. Além disso, comparando os aparelhos de luz halógena observou-se que o Heliolux GTE gera maior aumento de temperatura que o Elipar Highlight, apesar de grau de conversão dado por ambos ser semelhante, isso porque com o uso da baixa intensidade inicial a polimerização é mais lenta no início, gerando portanto menos calor, sem prejuízo no grau de conversão.

MILLS *et al.*, em 2002, investigaram a efetividade de aparelhos fotoativadores LEDs, através da determinação da profundidade de polimerização por dureza Barcol e resistência à compressão de um compósito fotoativado, além de avaliar a intensidade e o espectro de luz emitido pelos aparelhos utilizados. O compósito Spectrum TPH nas cores A₂ e A₄ foi selecionado e fotoativado por 20 ou 40 segundos por protótipos compostos por 27 e 54 LEDs, um aparelho LED comercialmente disponível (7 LEDs) e um convencional de luz halógena. Para determinação da dureza Barcol e profundidade de polimerização foram confeccionadas duas amostras com 6mm de profundidade para cada grupo. Dureza equivalente ou superior a 90% da dureza superficial foi considerada adequadamente polimerizada. O teste de resistência à compressão foi conduzido em máquina de testes mecânicos Zwick com velocidade de 1 mm/min em amostras cilíndricas com 4mm de diâmetro e 6mm de altura. Os resultados do teste de profundidade de polimerização demonstraram que os protótipos experimentais com 27 e 54 LEDs são tanto ou mais efetivos que o aparelho convencional de luz halógena na fotoativação das amostras, tanto com 40 quanto com 20 segundos de exposição. O aparelho composto por 7 LEDs não foi efetivo na polimerização das amostras fotoativadas com 20s e proporcionou uma profundidade de polimerização de 3mm com 40s. Com relação aos valores de resistência à

compressão, os protótipos experimentais de aparelhos LEDs e o aparelho por luz halógena não apresentaram diferenças estatísticas entre si, o aparelho comercialmente disponível apresentou resultados estatisticamente inferiores. O pico de emissão dos aparelhos LED ficou centrado entre 457 e 466nm e o do aparelho de luz halógena em 495nm. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que a tecnologia LED representa uma boa alternativa às técnicas fotoativadoras convencionais, uma vez que a intensidade luminosa dos aparelhos experimentais foi adequada, apresentando resultados de profundidade de polimerização semelhantes ou até mesmo, superiores ao aparelho convencional de luz halógena.

IRIE *et al.*, em 2002, buscaram estabelecer correlações entre a contração de polimerização, a resistência de união e a formação de fendas marginais imediatamente após a fotoativação de três classes de materiais restauradores, incluindo os compósitos resinosos. A contração de polimerização foi determinada pela inserção dos materiais em moldes de *Teflon* e mensuração do diâmetro do disco formado antes e após a fotoativação. A resistência de união ao esmalte e à dentina foi determinada através de teste de cisalhamento com velocidade de 0,5mm/min. A formação de fendas marginais foi determinada em cavidades com 3,5mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade, confeccionadas em área planificada da coroa de dentes humanos. As restaurações foram examinadas em microscópio com 400X de aumento e a presença, localização e extensão das fendas marginais detectadas. A largura máxima da fenda também foi determinada. A mesma metodologia foi utilizada para determinar a largura das fendas formadas em cavidades de *Teflon*, uma vez que esse material não reage com os materiais restauradores. Os autores puderam demonstrar a alta correlação entre a formação de fendas nas cavidades dentais e de

Teflon, entretanto não houve correlação entre a formação de fendas e a contração de polimerização ou resistência de união ao esmalte e dentina. Com base nesses resultados, os autores concluíram que a formação de fendas marginais tem pouca correlação com a contração de polimerização e com a resistência de união, demonstrando a complexidade do fenômeno que é mais dependente do vetor da contração e da velocidade com que esta se desenvolve.

HALVORSON *et al.*, em 2002, avaliaram a relação entre extensão de polimerização e energia radiante (dose) aplicada durante a fotoativação de compósitos resinosos. O método FTIR foi utilizado para determinar, após 5 min e 24h, o grau de conversão de amostras confeccionadas em compósito resinoso, polimerizadas em condições decrescentes de intensidade e tempo de exposição constante (30s) utilizando aparelho fotoativador de lâmpada halógena. Adicionalmente, foram avaliadas amostras fotoativadas com variação de intensidade de luz e tempo de exposição de modo que a dose de energia aplicada fosse a mesma. Os resultados demonstraram que o grau de conversão é dependente da dose de energia aplicada, uma vez que houve decréscimo do grau de conversão com a diminuição da dose aplicada ao compósito. Além disso, o grau de conversão foi similar nas diferentes condições de polimerização, quando da aplicação de doses equivalentes, o que determina uma relação recíproca entre tempo de exposição e irradiância (densidade energética). Com isso os autores puderam concluir que o grau de conversão dos compósitos é função direta da dose energética aplicada e o tempo de exposição, dessa foram, estabelece relação com o grau de conversão devido a sua íntima relação com a dose aplicada.

Em 2002, SABBAGH *et al.* realizaram um estudo com o objetivo de determinar e comparar o módulo de elasticidade estático e dinâmico de diversos compósitos odontológicos. O teste foi conduzido de acordo com as normas da ISSO 4049. O módulo de elasticidade dinâmico foi determinado com técnica não destrutiva do espécime a partir de seu período fundamental de vibração, já o módulo estático foi determinado através de teste de três pontos. Trinta e quatro materiais restauradores foram avaliados. O módulo de elasticidade dinâmico variou entre 3 e 28,6 GPa, variando consideravelmente entre as diversas classes de compósitos. O módulo estático variou entre 1,4 e 18,5 GPa havendo correlação entre os valores de módulo estático e dinâmico. Os resultados mostraram que os compósitos de baixa viscosidade juntamente com os microparticulados apresentaram os menores valores de módulo de elasticidade, tal característica lhes confere maior elasticidade e maior capacidade de escoamento durante o processo de polimerização, o que pode prover maior relaxamento das tensões de contração e melhorar a qualidade marginal das restaurações. Um baixo módulo de elasticidade ainda permite que esses compósitos funcionem como amortecedores de tensões quando usados em conjunto com compósitos híbridos. Entretanto, apesar dessas características vantajosas que garantem aos compósitos de baixa viscosidade sua importância na prática clínica, os autores esclareceram que tais compósitos não são indicados para uso em cavidades posteriores onde a incidência de tensões mastigatórias é grande, pois suas propriedades mecânicas são insatisfatórias para tal aplicação.

OBICI *et al.* em 2002 realizou um estudo com o objetivo de investigar a fenda causada pela contração de polimerização de materiais com diferentes composições e

de baixa viscosidade (Flow-it) foram selecionados. Os corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes metálicas circulares com 7 mm de diâmetro interno por 2 mm de altura. O compósito foi inserido e acomodado no interior da matriz e fotoativado por um dos três métodos: 1) luz contínua (intensidade de luz de 500 mW/cm^2) durante 40 segundos; 2) dupla intensidade de luz, sendo os primeiros 10 segundos à baixa intensidade (150 mW/cm^2), seguidos pela fotoativação à alta intensidade de luz (500 mW/cm^2), por 30 segundos; 3) luz intermitente, cujo aparelho proporcionou aproximadamente meio segundo de luz (intensidade de 450 mW/cm^2), seguido de meio segundo na ausência de luz, pelo tempo de 60 segundos. Em seguida, tanto a região da base quanto a região superficial foram acabadas e polidas com lixas de óxido de alumínio. Após 24 ± 1 hora, a fenda decorrente da contração foi mensurada em Microscópio Eletrônico de Varredura sob baixo vácuo. Os resultados mostraram que o método contínuo de fotoativação resultou na maior média de fenda pela contração e diferiu estatisticamente dos métodos de dupla intensidade de luz e luz intermitente, os quais não mostraram diferença entre si. O compósito Flow-it apresentou a maior fenda pela contração com diferença significativa dos demais materiais. Dessa maneira, a autora concluiu que os métodos de fotoativação por luz pulsátil e dupla intensidade podem reduzir a contração de polimerização dos compósitos melhorando a qualidade das restaurações.

3. Proposição

Em vista da necessidade de se buscar maneiras para controlar os efeitos deletérios das tensões geradas pela contração de polimerização, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de cinco métodos de fotoativação e do uso de quatro técnicas restauradoras utilizando diferentes materiais resinosos como agentes de forramento cavitário, na adaptação marginal de restaurações em compósito odontológico.

4. Material e Método

4.1 - Material

Para a confecção dos corpos-de-prova foi utilizado um sistema de união, em conjunto com dois compósitos de baixa viscosidade e um compósito convencional de viscosidade média. A descrição e a composição desses materiais estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Descrição dos materiais usados no estudo.

<i>Material</i>	<i>Classificação</i>	<i>Cor</i>	<i>Fabricante</i>
Scotchbond Multi-Uso	Sistema de união	—	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA
Filtek Flow	Compósito de baixa viscosidade	A ₃	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA
Protect Liner F	Compósito de baixa viscosidade	A ₃	Kuraray Co.Ltda , Japan.
Filtek Z250	Compósito de média viscosidade	A ₃	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA

Tabela 2. Composição dos materiais utilizados no estudo.

<i>Material</i>	<i>Composição *</i>
Scotchbond	Agente Condicionante - Ácido fosfórico 35% (pH - 1,6).
Multi-Usó	Primer - solução aquosa de HEMA e copolímeros do ácido polialcenóico. Adesivo - BisGMA, HEMA, sistema iniciador
Filtek Flow	Zircônia /Sílica (47%v), Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA.
Protect Liner F	Sílica coloidal silanizada em matriz pré polimerizada (30%p) , Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, THFMA.
Filtek Z250	Zircônia /Sílica (60%v), Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA.

* Informações do fabricante

4.2 - Método

4.2.1 - Seleção e preparo das amostras

Para o preparo das amostras foram selecionados 200 dentes bovinos recém-extraídos do grupo dos incisivos inferiores. Os dentes foram lavados em água corrente e raspados com o auxílio de curetas periodontais para a remoção dos restos teciduais (Fig. 1A). Em seguida, foram submetidos à profilaxia utilizando pasta de pedra-pomes e água com escovas tipo Robinson (Viking) montadas em contra ângulo (Dabi-Atlante), em baixa velocidade de rotação. Após este procedimento, as raízes dos dentes foram seccionadas cerca de 3 mm aquém da junção amelo-cemetária, com auxílio de disco diamantado (Performance) refrigerado à água (Fig. 1B). Os dentes foram então armazenados em água destilada sob refrigeração a 4°C, por um período não superior a 30 dias, sendo a água de armazenagem trocada semanalmente.

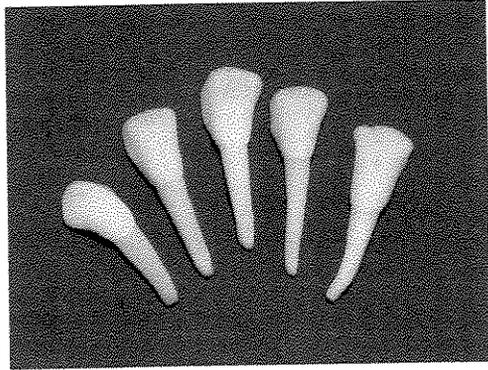


Figura 1A - Dentes bovinos do grupo dos incisivos inferiores .

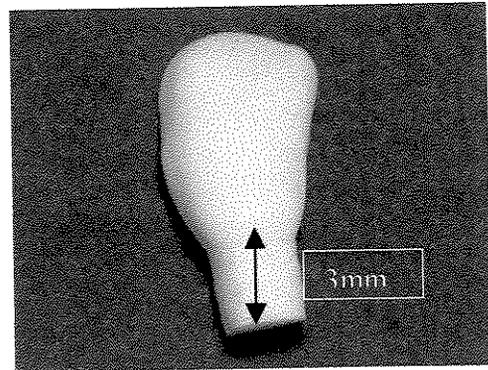


Figura 1B - Dente com a raiz seccionada.

Após, os dentes foram incluídos em moldes plásticos com resina acrílica ativada quimicamente (Clássico, Artigos Odontológicos Clássico Ltda.), de modo que a face vestibular ficasse exposta (Fig. 2A). Após a inclusão, o bloco contendo o dente foi cuidadosamente desgastado sob refrigeração em politriz horizontal (APL-4, Arotec S.A., Indústria e Comércio Ltda.) com lixas de carbetto de silício de granulação 80, 180 e 320 (Carborundum Abrasivos Ltda.) para exposição de uma área plana de dentina de pelo menos 6mm de diâmetro (Fig. 2B).

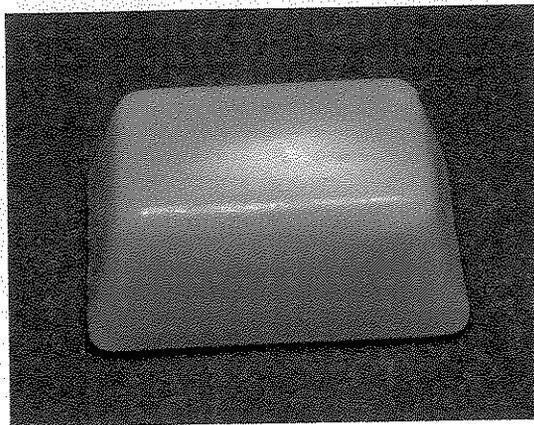


Figura 2A – Inclusão do dente bovino em resina acrílica.

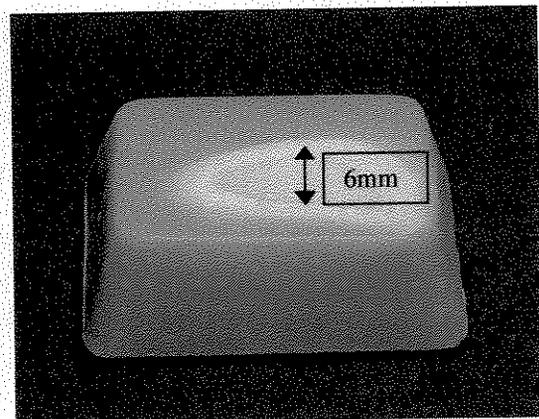


Figura 2B – Desgaste da superfície vestibular para exposição de área plana em dentina.

4.2.2 - Preparo Cavitário

Uma cavidade circular foi confeccionada com auxílio de ponta diamantada com formato de roda nº 3056 (Metalúrgica Fava, Produtos Hospitalares e Dentários), montada em caneta de alta rotação (Kavo) sob constante refrigeração ar-água (Fig. 3A). A substituição da ponta diamantada foi realizada a cada 10 preparos. As cavidades foram padronizadas em 1,5 mm de profundidade e 4 mm de diâmetro (Fig. 3B), o que correspondia à ponta ativa da ponta diamantada utilizada. A aferição da padronização foi realizada por inspeção visual adaptando-se a ponta diamantada à cavidade preparada, confirmando-se dessa forma que a profundidade e diâmetro do preparo eram coincidentes com a ponta ativa. As paredes circundantes do preparo foram confeccionadas formando um ângulo de 90° com a superfície externa (inteiramente localizada em dentina) e ângulos internos arredondados acompanhando o desenho da ponta diamantada utilizada. O fator C da cavidade preparada foi calculado como sendo 2,5. Durante o preparo das cavidades, a parede axial foi cuidadosamente avaliada quanto à presença de exposições pulpares, cuja presença representava o descarte do espécime.

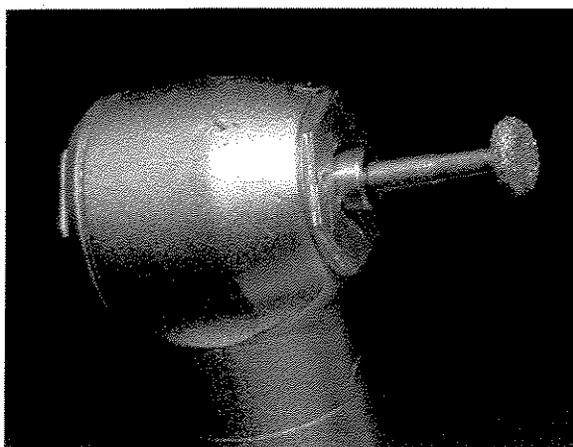


Figura 3A – Ponta diamantada Fava nº 3056 utilizada na confecção dos preparos cavitários

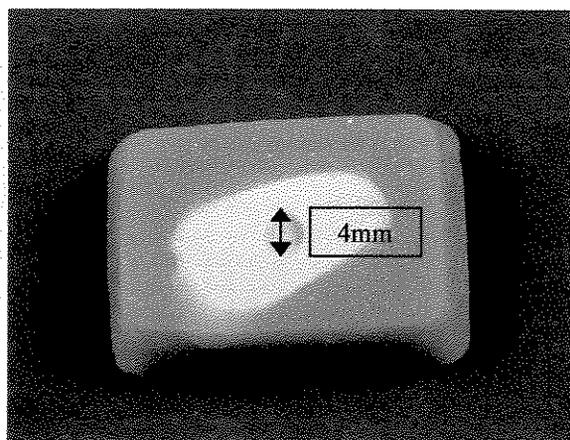


Figura 3B - Preparo cavitário em dentina (4 mm de diâmetro por 1,5 mm de profundidade).

4.2.3 - Restauração das cavidades

Após a confecção das cavidades, os dentes foram aleatoriamente separados em 5 grupos de 40 dentes cada, segundo o método de fotoativação utilizado. Cada grupo foi dividido em 4 subgrupos de 10 dentes, segundo a técnica restauradora empregada.

Os procedimentos técnicos para a união com a dentina foram realizados da mesma maneira em todos os grupos, utilizando-se o sistema de união Scotchbond Multi Uso (Fig. 4). O condicionamento da cavidade foi realizado com ácido fosfórico a 35%, durante 15s, sendo em seguida, removido com *spray* ar-água por 15s. O excesso de água foi retirado com um suave jato de ar por 5 segundos, de modo que a dentina permanecesse levemente úmida. Com auxílio de um pincel fez-se a aplicação do *primer*, sendo o excesso de solvente evaporado também com um suave jato de ar por 5 segundos. Após, o adesivo foi aplicado e fotoativado de acordo com os métodos utilizados em cada grupo. O compósito restaurador Filtek Z250 foi utilizado para restaurar todas as cavidades, sendo inserido e fotoativado em um único incremento.

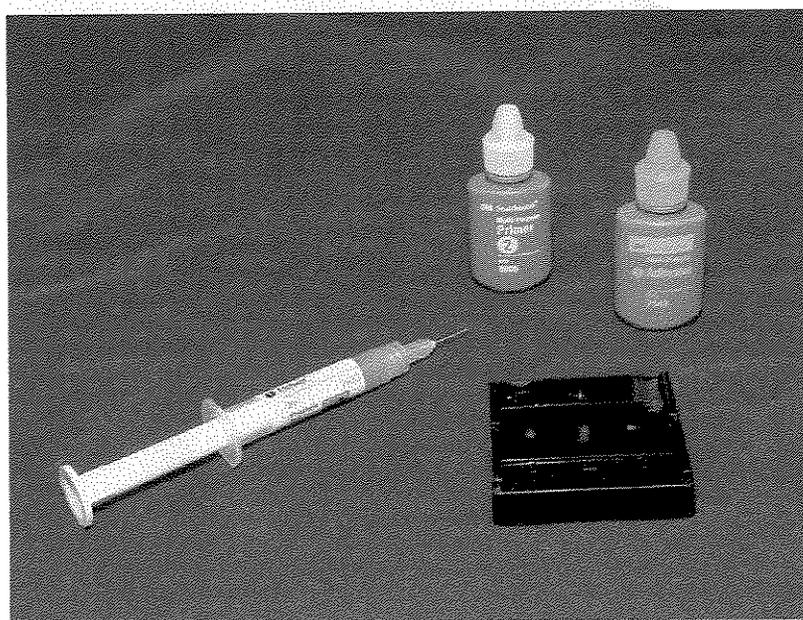


Figura 4 - Sistema de união Scotchbond Multi-Use

Antes porém, da inserção do compósito, as 40 amostras de cada um dos cinco grupos foram divididas em quatro subgrupos, de acordo com a técnica restauradora utilizada:

- Subgrupo A (controle): aplicação sistema de união (1 camada de adesivo) de acordo com as instruções do fabricante e restauração da cavidade em 1 incremento (Fig. 5).

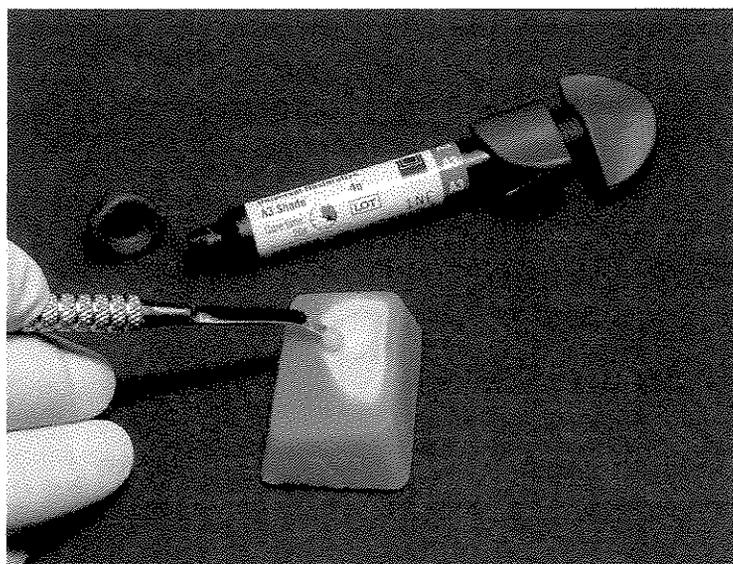


Figura 5 - Inserção do compósito Z250 sobre 1 camada de adesivo.

- Subgrupo B: aplicação sistema de união (3 camadas do adesivo aplicadas e fotoativadas individualmente) nas paredes cavitárias (Fig. 6) e restauração da cavidade em 1 incremento.

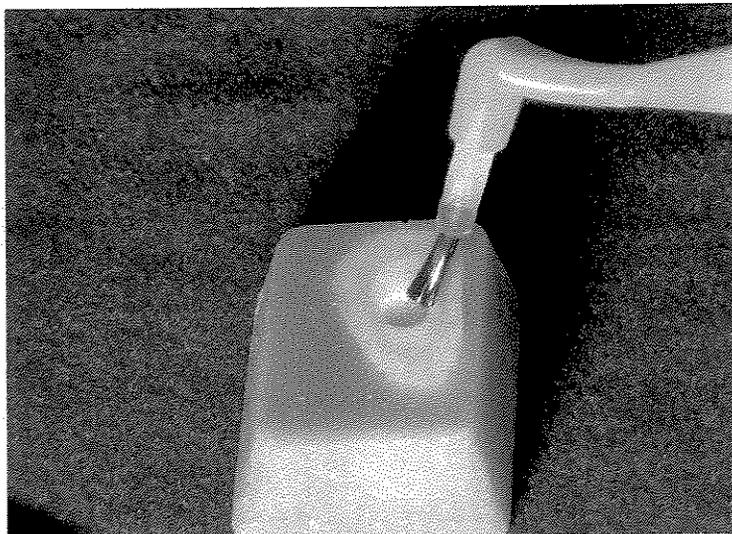


Figura 6 - Aplicação de 3 camadas de adesivo nas paredes cavitárias.

- Subgrupo C: aplicação sistema de união (1 camada de adesivo), aplicação de 1 camada do compósito de baixa viscosidade Filtek Flow nas paredes cavitárias (Fig. 7) e restauração da cavidade em 1 incremento.

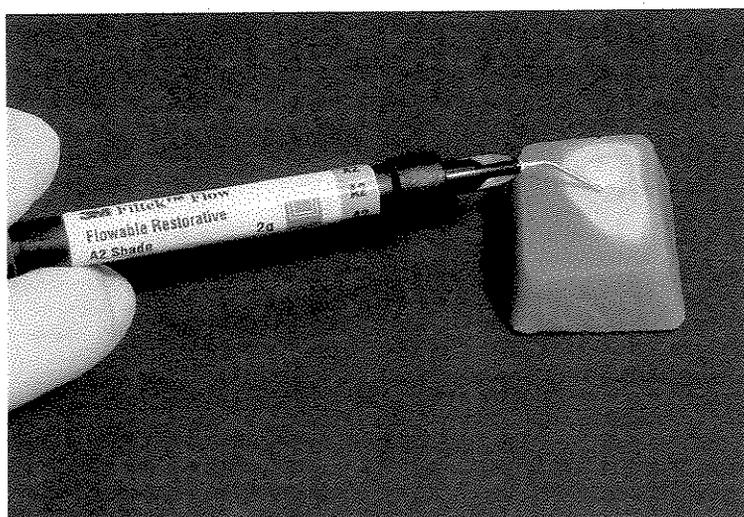


Figura 7 - Aplicação do compósito Filtek Flow.

- Subgrupo D: aplicação sistema de união (1 camada de adesivo), aplicação de 1 camada do compósito de baixa viscosidade Clearfil Protect Liner F (Fig. 8) nas paredes cavitárias e restauração da cavidade em 1 incremento.



Figura 8 - Aplicação do compósito Protect Liner F.

O forramento com compósitos de baixa viscosidade empregado nos subgrupos C e D foi realizado com auxílio de um pincel *microbrush*. O compósito era inserido na cavidade e espalhado uniformemente nas paredes laterais e axial, sem, contudo atingir o ângulo cavo-superficial do preparo.

Para fotoativação das amostras dos 4 subgrupos do grupo 1 foi utilizada lâmpada halógena com luz contínua, empregando-se a unidade fotoativadora XL2500 (3M *Dental Products*) com intensidade luminosa de 800 mW/cm^2 , aferida com radiômetro (Demetron), durante 20s. A ponta ativa do aparelho foi posicionada em contato com o material restaurador sobre o qual uma tira de poliéster foi posicionada para facilitar a adaptação do material restaurador e permitir a ocorrência de uma superfície plana, além de impedir o contato direto do material restaurador com a ponta do fotoativador (Fig. 9).

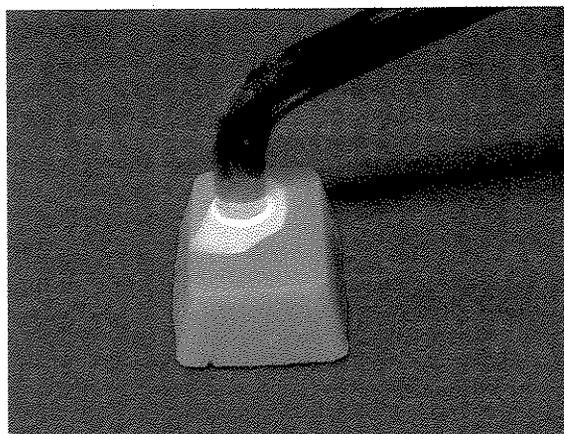


Figura 9 - Fotoativação de uma amostra utilizando lâmpada halógena com luz contínua (aparelho XL2500).

As amostras dos 4 subgrupos do grupo 2 foram fotoativadas utilizando o mesmo aparelho XL2500, com a técnica de dupla intensidade de luz. Para isto, na fotoativação dos compósitos durante os 10 segundos iniciais, a ponta do fotoativador foi posicionada a 1,5 cm do material restaurador, através da utilização de um espaçador, especialmente confeccionado para esse método de fotoativação (Fig. 10), proporcionando intensidade luminosa de 150 mW/cm^2 . A complementação da irradiação foi realizada através da aproximação da ponta do aparelho pela remoção do espaçador, propiciando dessa maneira, a intensidade luminosa total (800 mW/cm^2), aplicada por mais 15 segundos.

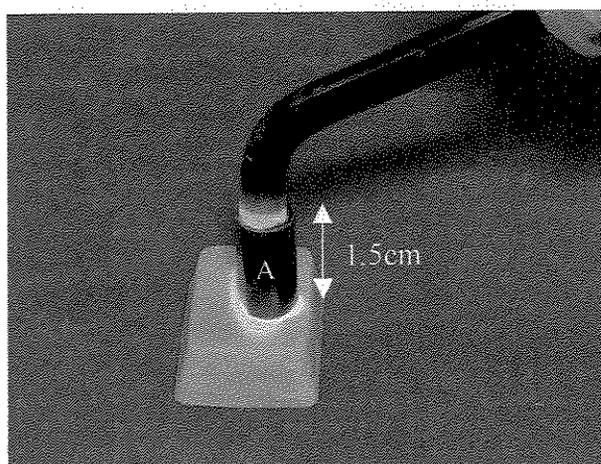


Figura 10 - Fotoativação de uma amostra utilizando a técnica da dupla intensidade de luz. Notasse a presença de um espaçador entre a ponta ativa do aparelho e a superfície dental (letra A).

Nos subgrupos do grupo 3, as amostras foram fotoativadas pelo método de luz halógena pulsátil. Para isto, um aparelho Optilux 150 (Demetron) (Fig. 11) foi adaptado de modo a emitir luz intermitente (2s acesa e 2s apagada), com intensidade luminosa de 600 mW/cm^2 . Esse aparelho foi desenvolvido na Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP. Assim, com o intuito de manter o tempo de exposição do grupo 1, o tempo total necessário para a fotoativação foi de 40 segundos para os compósitos e 20 segundos para o adesivo.

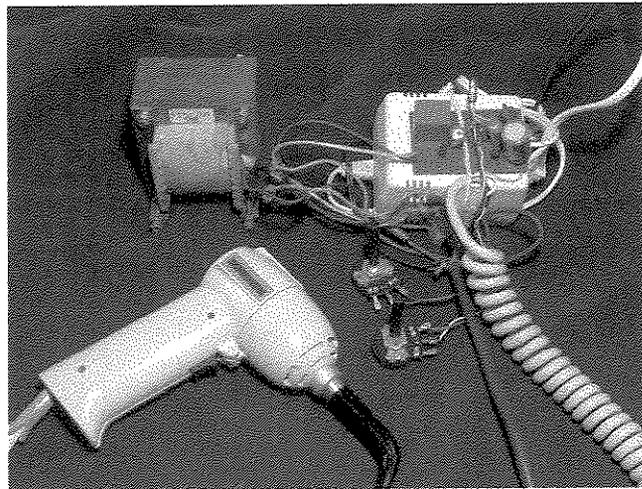


Figura 11 – Aparelho Optilux adaptado para emitir luz pulsátil.

No grupo 4, as amostras dos 4 subgrupos foram fotoativadas com luz emitida por LEDs (*light emitting diodes*) azuis utilizando a unidade fotoativadora FreeLigth (3M Dental Products) (Fig. 12), com intensidade de luz em torno de 370 mW/cm^2 . O tempo de exposição foi de 40 segundos para os compósitos e 10 segundos para o adesivo. Nesse caso, a ponta do fotoativador foi mantida da mesma forma que no grupo 1.

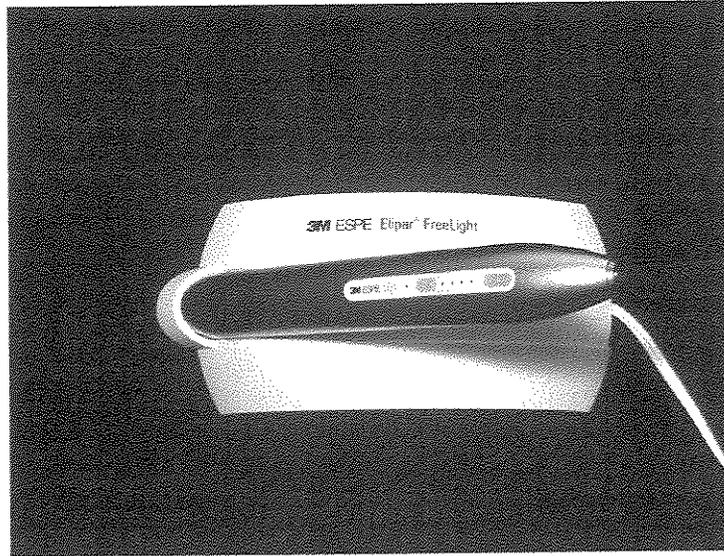


Figura 12 – Aparelho fotoativador FreeLight.

As amostras dos subgrupos do grupo 5 foram fotoativadas com luz proveniente de lâmpada de arco de plasma de xenônio (Apollo 95E) (Fig. 13), com intensidade de luz de 1800 mW/cm^2 . Neste grupo, padronizou-se o tempo de exposição de 3s para todos os materiais e a ponta ativa do aparelho foi mantida da mesma maneira que o grupo 1.

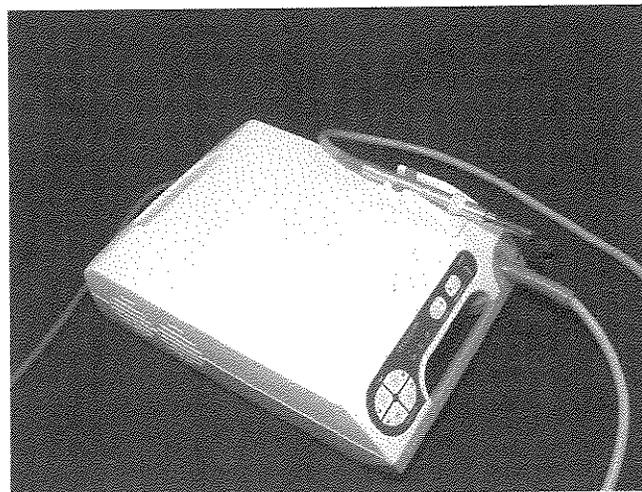


Figura 13 – Aparelho fotoativador Apollo 95E.

A descrição detalhada de cada método pode ser vista na Tabela 3.

Tabela 3. Descrição dos aparelhos fotoativadores utilizados no estudo.

<i>Aparelho</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Fonte de luz</i>	<i>Intensidade</i>	<i>Tempo de exposição</i>
XL 2500	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA	Lâmpada Halógena (método de luz contínua)	800 mW/cm ²	Adesivo: 10s Compósitos: 20s
XL 2500	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA	Lâmpada Halógena (método por dupla intensidade de luz)	150 mW/cm ² e 800 mW/cm ²	Adesivo: 10s Compósitos: 10s-baixa intensidade 15s-alta intensidade
Opitlux 150	Demetron Research Corp., Danbury, USA	Lâmpada Halógena (método pulsátil)	600 mW/cm ²	Adesivo: 20s Compósitos: 40s
Freeligh	3M Dental Products, St. Paul, MN, USA	LED	370mW/cm ²	Adesivo: 10s Compósitos: 40s
Apollo 95E	DMD, Westlake, CA, USA	Lâmpada de arco de plasma de xenônio	1800 mW/cm ²	Adesivo: 3s Compósitos: 3s

Em seguida, as amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C e 100% de umidade relativa por um período de 24 horas. Após esse período, as restaurações foram acabadas e polidas com lixas d'água com granulação decrescente 400, 600 e 1200, aderidas no prato giratório de politriz metalográfica sob irrigação constante (Fig. 14).

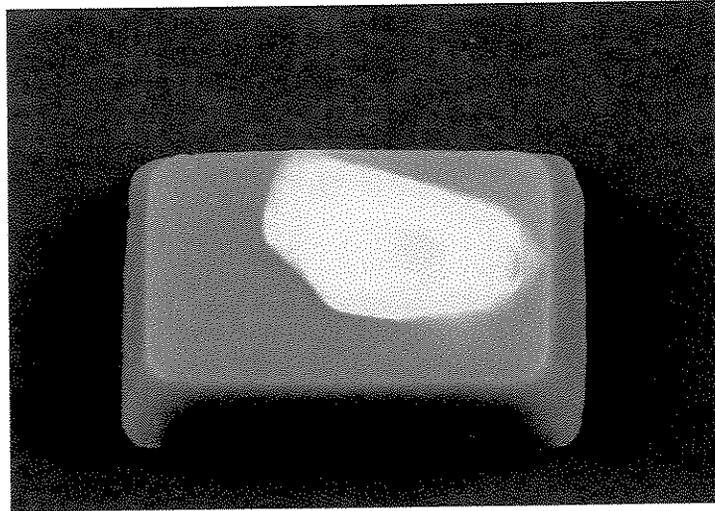


Figura 14. Corpo-de-prova restaurado e polido.

4.2.4 - Avaliação da adaptação marginal

Antes de se realizar a leitura das possíveis fendas formadas na interface compósito-dentina, os corpos-de-prova foram corados por 5s com solução de propileno glicol e ácido vermelho (Caries Detector – Kuraray Co., Japão) (Fig. 15 A e B).

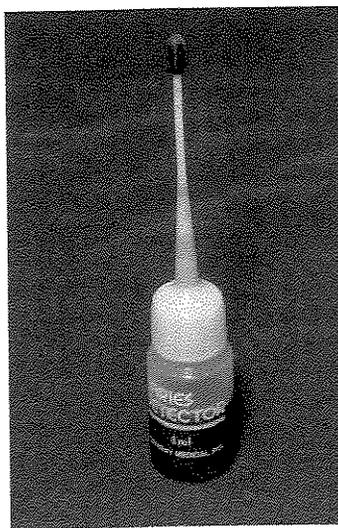


Figura 15A - Caries Detector

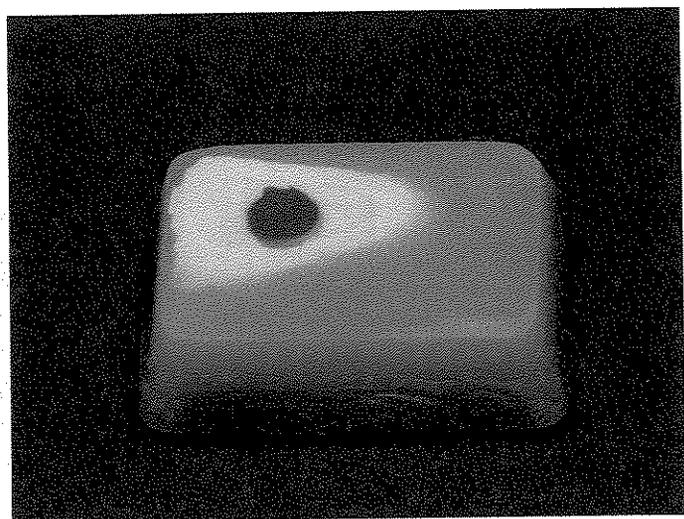


Figura 15B – Solução corante aplicada sobre a restauração, incluindo a região de interface.

Após, os corpos-de-prova foram lavados em água corrente e secos com papel absorvente para serem posicionados em lupa esterioscópica *Leica* (Modelo MZ 6 , Suíça) (Fig. 16), na qual a imagem da área da restauração, aumentada em 16 vezes, foi captada e transferida para um computador equipado com o programa *Leica Win*, capaz de mensurar a extensão das fendas formadas na margem da restauração. A extensão de penetração do corante ao longo da fenda foi medida em micrometros (Fig.17). Os valores de fenda obtidos para cada corpo-de-prova foram somados e transformados em porcentagem do comprimento total da margem pela fórmula:

$$\%fenda = \frac{\text{Comprimento de fenda mensurado} \times 100}{\text{Comprimento total da margem}}$$

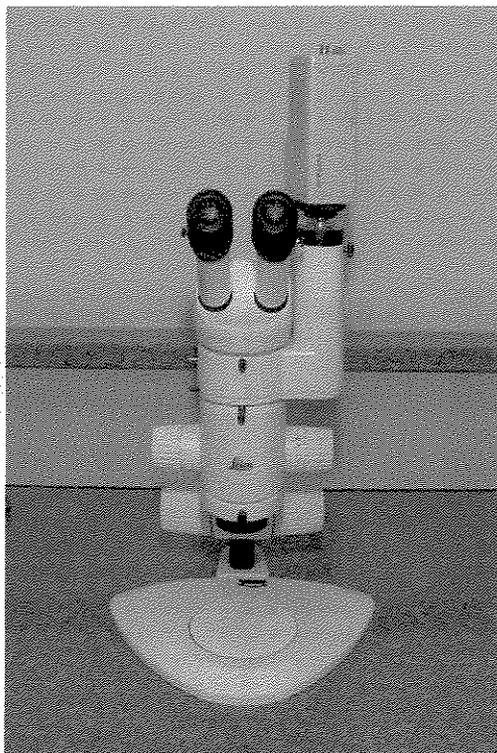


Figura 16 - Lupa Esterioscópica *Leica* modelo MZ6

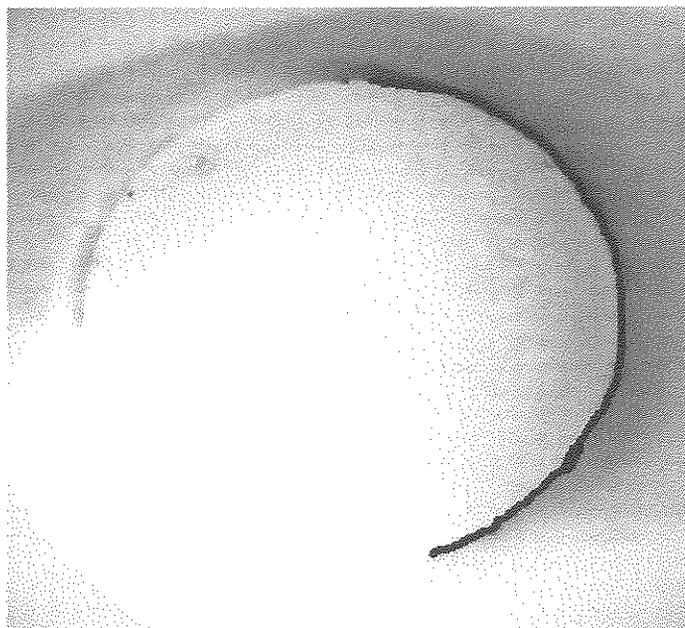


Figura 17. Mensuração da fenda em μm

4.2.5 - Análise estatística

Os valores originais foram submetidos à análise de variância, segundo a transformação arco seno – arco seno de raiz de $X/100$ e as médias comparadas através do teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5%.

5. Resultados

Os valores originais do comprimento das fendas marginais das amostras foram transformados em porcentagem e submetidos à análise de variância, segundo transformação de arco de seno – arco seno de $X/100$, em esquema fatorial, cujos fatores foram: Fotoativação, que analisou o tipo de fotoativação; e Técnica, que avaliou a técnica restauradora utilizada. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade e estão apresentados nas Tabelas 4 e 5, e ilustrados nas Figuras 18 e 19.

A Tabela 4 e a Figura 18 mostram as médias percentuais de formação de fendas marginais para cada método de fotoativação, em relação à técnica restauradora utilizada. Assim, pôde-se observar que, para o método de fotoativação por lâmpada halógena com luz contínua, a técnica restauradora utilizando 1 camada do agente adesivo Scotchbond Multi-Use, mostrou a maior média percentual de formação de fendas, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) das técnicas nas quais se utilizou 3 camadas do agente adesivo Scotchbond Multi-Use, 1 camada do compósito de alto escoamento Filtek Flow ou 1 camada do compósito de alto escoamento Protect Liner F, as quais não diferiram estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Para os métodos de fotoativação por dupla intensidade de luz, luz pulsátil, LED ou arco de plasma de Xenônio, as quatro técnicas restauradoras não diferiam estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Tabela 4. Médias percentuais de formação de fendas marginais para cada método de fotoativação, em relação à técnica restauradora utilizada.

Fotoativação	Halógena contínua	Dupla intensidade	LED	Plasma de xenônio	Luz pulsátil
Técnica restauradora					
1 camada	56,19 a (5,85)	58,21 a (7,63)	46,41 a (4,34)	46,76 a (4,41)	25,95 a (5,42)
3 camadas	35,93 b (4,14)	48,24 a (6,08)	40,38 a (3,10)	38,69 a (6,45)	33,17 a (5,58)
Filtek Flow	29,42 b (7,49)	46,85 a (4,30)	50,19 a (4,84)	37,45 a (4,63)	36,78 a (4,27)
Protect Liner F	36,54 b (3,54)	43,66 a (4,06)	45,98 a (3,66)	31,31 a (3,12)	29,59 a (8,48)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%. () - Desvio Padrão.

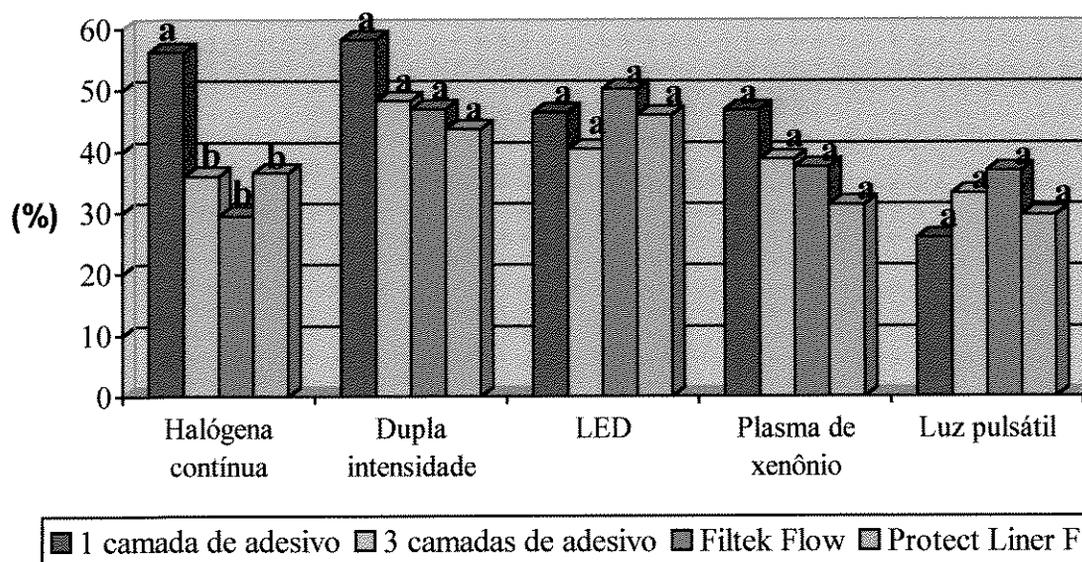


Figura 18. Ilustração gráfica das médias percentuais de formação de fendas marginais para cada método de fotoativação, em relação à técnica restauradora utilizada.

A Tabela 5 e a Figura 19 mostram as médias percentuais de formação de fendas marginais para cada técnica restauradora, em relação ao método de fotoativação utilizado. Pôde-se observar que, para a técnica restauradora utilizando 1 camada do agente de união Scotchbond Multi-Uso, os métodos de fotoativação por lâmpada halógena com luz contínua e dupla intensidade de luz, mostraram as maiores médias percentuais de formação de fendas, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) do método por luz pulsátil. Os métodos de fotoativação por luz de arco de plasma de xenônio e por LED, obtiveram médias intermediárias e não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) dos métodos de maiores médias (halógena contínua e dupla intensidade de luz) e de menor média (luz pulsátil). Para as técnicas restauradoras nas quais se utilizou 3 camadas do agente adesivo Scotchbond Multi-Uso, 1 camada do compósito de alto escoamento Filtek Flow ou 1 camada do compósito de alto escoamento Protect Liner F, os cinco métodos de fotoativação não diferiam estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Tabela 5. Médias percentuais de formação de fendas marginais para cada técnica restauradora, em relação ao método de fotoativação utilizado.

Técnica restauradora	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner F
Halógena contínua	56,19 a (5,85)	35,93 a (4,14)	29,42 a (7,49)	36,54 a (3,54)
Dupla intensidade	58,21 a (7,63)	48,24 a (6,08)	46,85 a (4,30)	43,66 a (4,06)
LED	46,41 ab (4,34)	40,38 a (3,10)	50,19 a (4,84)	45,98 a (3,66)
Plasma de xenônio	46,76 ab (4,41)	38,69 a (6,45)	37,45 a (4,63)	31,31 a (3,12)
Luz pulsátil	25,95 b (5,42)	33,17 a (5,58)	36,78 a (4,27)	29,59 a (8,48)

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5%. () - Desvio Padrão.

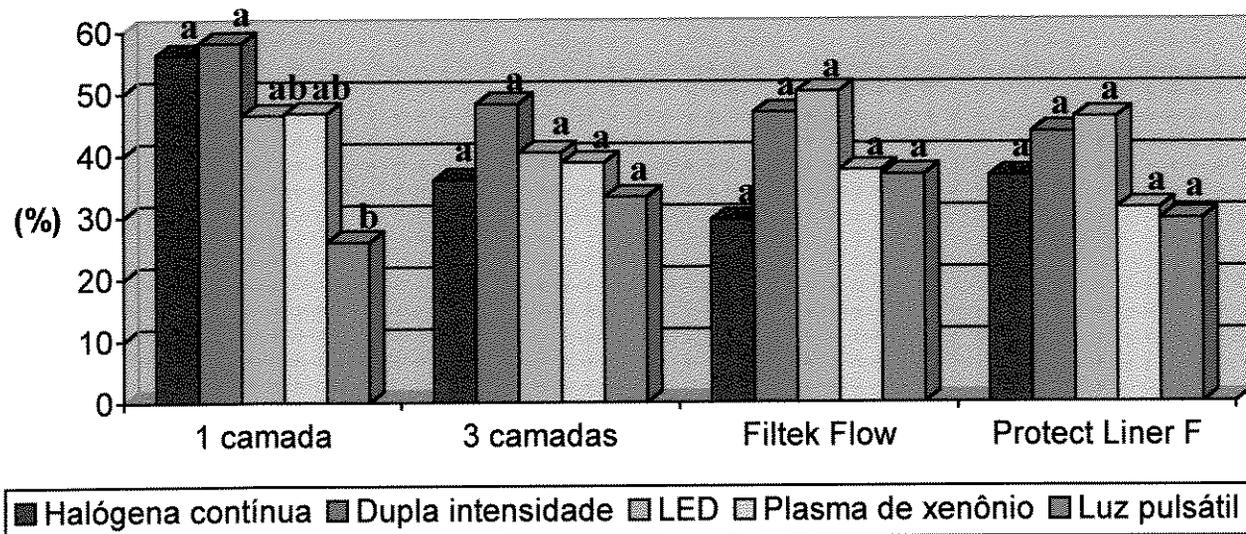


Figura 19. Ilustração gráfica das médias percentuais de formação de fendas marginais para cada técnica restauradora, em relação ao método de fotoativação utilizado.

Para efeito apenas de ilustração, as figuras abaixo mostram algumas imagens capturadas na lupa estereoscópica Leica (modelo MZ6), as quais foram utilizadas pelo *software Leica Win* para a realização das medições das fendas formadas.

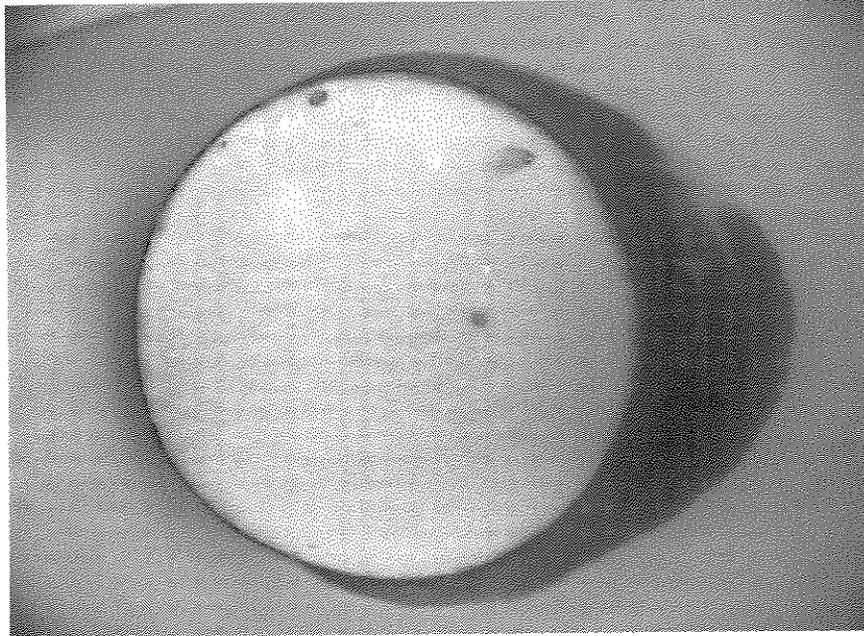


Figura 19 - Imagem representativa de uma amostra do grupo ativado por luz halógena contínua e restaurado utilizando o Filtek Flow como forramento. Na imagem nota-se a presença de fendas marginais em quase toda a margem da restauração, representadas pela linha escura na margem e manchamento da dentina pelo corante.

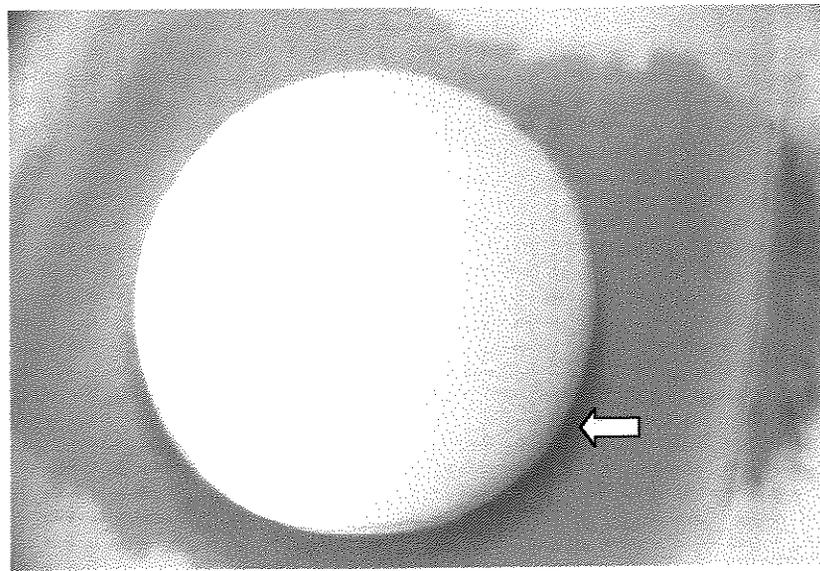


Figura 20 - Imagem representativa de uma amostra do grupo ativado pelo método de dupla intensidade de luz e restaurado com a utilização de uma camada de adesivo. Na imagem nota-se o manchamento da dentina pelo corante e a presença de fenda na área escura indicada pela seta.

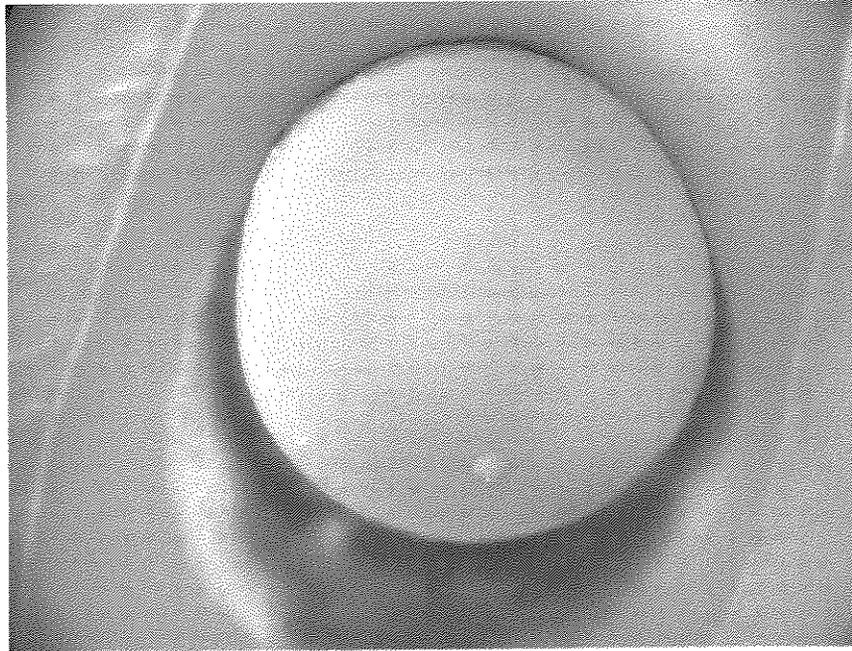


Figura 21 - Imagem representativa de uma amostra do grupo ativado pelo método com arco de plasma de xenônio e restaurado com a utilização de uma camada de adesivo. Na imagem nota-se o manchamento da dentina pelo corante e a presença de fendas marginais em 100% da margem.

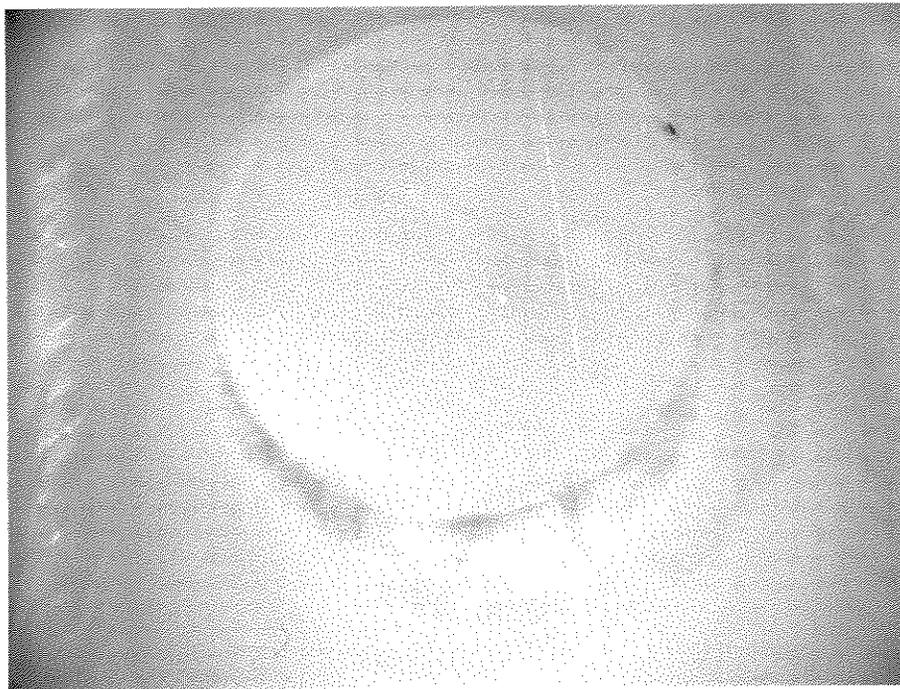


Figura 22 - Imagem representativa de uma amostra do grupo ativado pelo método pulsátil e restaurado com a utilização de três camadas de adesivo. Na imagem nota-se leve manchamento da dentina pelo corante e a ausência de fendas marginais.

6. Discussão

A boa adaptação marginal das restaurações em compósito odontológico é um fator primordial para seu sucesso clínico. A estética e a longevidade dessas restaurações são diretamente influenciadas pela qualidade e durabilidade da adaptação marginal. A qualidade de adaptação depende, entre outros fatores, da eficiência do sistema de união em penetrar no substrato dental e promover um selamento das margens das restaurações (HASEGAWA *et al.*, 2001B). A durabilidade deste selamento pode ser negativamente afetada por diversos fatores, tais como, a presença de tensões residuais geradas pela contração de polimerização, a degradação química do agente de união na interface dente-restauração e, ainda, por diferenças entre as propriedades físicas e mecânicas do dente e do material restaurador, durante os desafios térmicos e mecânicos impostos às restaurações em função na cavidade bucal (LUTZ, 2001). A falta de selamento nas restaurações em compósito pode acarretar em infiltração marginal, que é a passagem de fluidos bucais e/ou bactérias na interface dente-restauração, favorecendo o aparecimento de cárie recorrente, manchamento e sensibilidade pós-operatória, afetando dessa forma, a durabilidade das restaurações. (KIDD,1976)

No entanto, com a introdução da técnica de condicionamento ácido total (esmalte e dentina simultaneamente) e o desenvolvimento de adesivos hidrófilos, altos valores de resistência de união a dentina puderam ser encontrados. A união promovida por esse tipo de sistema de união é baseada em retenção micro-mecânica, através da formação de uma camada de colágeno e resina polimerizada na região intertubular, chamada de “camada híbrida”, além de prolongamentos de resina polimerizada nos túbulos dentinários, muitas vezes com anastomoses entre os túbulos. Tal mecanismo de união pode selar com eficiência a dentina, garantindo resistência de união adequada (NAKABAYASHI & PASHLEY, 1999).

Porém, os sistemas de união disponíveis no mercado não tem mostrado capacidade de prevenir completamente a formação de fendas marginais. A razão deste fato é creditada à contração de polimerização dos compósitos restauradores resinosos. Esta contração é uma característica inerente dos compósitos odontológicos capaz de gerar na interface dente-restauração tensão suficiente para causar o rompimento dessa união, sendo a principal causa de falha marginal (FEILZER *et al.*, 1987; CARVALHO *et al.*, 1996).

Neste estudo, foi utilizado o compósito Filtek Z250 (3M Dental Products), o qual tem como característica, alta concentração de carga inorgânica (60% em volume) e sistema monomérico baseado em monômeros de alto peso molecular, o que acarreta em uma taxa de contração volumétrica não muito elevada (cerca de 2,2%, segundo informações do fabricante). Entretanto, este compósito apresenta aumento na concentração de fotoiniciadores para que uma adequada polimerização possa ser realizada com 20s de exposição, o que torna a velocidade de reação muito alta e possivelmente acarreta no aumento das tensões geradas pela contração de polimerização.

O padrão de contração é dependente do volume de material aplicado, local de incidência da luz, presença ou ausência de retenções (ASMUSSEN & PEUTZFELDT, 1999), tipo de ativação do compósito, e velocidade de reação (KINOMOTO *et al.*, 1999). A alta velocidade de reação, comum aos compósitos fotoativados, diminui a capacidade de acomodamento do material às paredes cavitárias devido ao rápido desenvolvimento da rigidez e redução do período viscoelástico (KINOMOTO *et al.*, 1999). Nessa situação, o aumento do módulo de elasticidade do material e a ocorrência da contração de polimerização geram tensões na interface dente-restauração, as quais são responsáveis por falhas imediatas na adaptação marginal de restaurações em compósito (DAVIDSON & FEILZER, 1997).

Na tentativa de minimizar os efeitos deletérios das tensões geradas pela contração de polimerização, tem sido proposta a aplicação de uma camada resinosa intermediária com baixo módulo de elasticidade, que atenua e distribui as tensões incidentes de maneira mais homogênea. Materiais com baixo módulo de elasticidade têm maior flexibilidade, o que permite sua deformação plástica ou elástica quando da contração do material restaurador, da incidência de cargas oclusais e frente às variações térmicas (KEMP-SCHOLTE & DAVIDSON, 1990; KEMP-SCHOLTE *et al.*, 1990; DAVIDSON & FEILZER, 1997). Atualmente, os compósitos de alto escoamento são indicados para este fim.

Os compósitos de alto escoamento foram lançados no mercado na década de 90, apresentando redução de cerca de 20% na concentração volumétrica de partículas de carga inorgânicas e adição de modificadores reológicos (BAYNE *et al.*, 1998; LABELLA *et al.*, 1999; SABBAGH *et al.*, 2000). Tais modificações conferiram a esses materiais menor módulo de elasticidade e baixa viscosidade (SABBAGH *et al.*, 2000).

Neste estudo, foram utilizados os compósitos Filtek Flow e Protect Liner F para a confecção de uma camada intermediária entre o compósito restaurador Z-250 e as paredes cavitárias, assim como o uso de 3 camadas do agente de união Scotchbond Multi-Usado, na tentativa de se criar uma zona capaz de reduzir as tensões incidentes na interface geradas pela contração de polimerização do compósito Z-250. De acordo com a Tabela 4 e a Figura 18, pôde-se verificar que quando o compósito Z-250 foi fotoativado com lâmpada halógena de modo contínuo, houve, estatisticamente, maior formação de fenda na interface dentina-compósito no grupo no qual se utilizou apenas uma camada do agente de união, quando comparado aos grupos nos quais foram utilizados os compósitos de alto escoamento ou três camadas do agente de união. Este fato provavelmente ocorreu devido à formação, na região

de interface, de uma camada de baixo módulo de elasticidade, que resistiu à parte da tensão gerada pela contração de polimerização, preservando a união de maneira mais adequada.

O compósito Filtek Flow é composto por partículas de carga de zircônia-silica (47% em volume), BisGMA, TEGDMA e polímeros dimetacrilatos (patenteados), e tem como característica principal alta capacidade de escoamento e o módulo de elasticidade reduzido (cerca de 6 GPa), pela diminuição na quantidade de carga. Tais características deram a esse compósito propriedades muito satisfatórias para sua aplicação como material forrador, com capacidade para atuar como atenuador das tensões provenientes da contração de polimerização, preservando com mais eficiência a interface de união, como comprovado pelos resultados do presente estudo. Da mesma forma, o compósito Protect Liner F é formado por BisGMA e TEGDMA, sílica coloidal (30% em peso) e partículas previamente polimerizadas. Essa composição, também confere ao material baixo módulo de elasticidade (4,9 Gpa de acordo com FEILZER *et. al.*, 1995), alta resiliência e alto escoamento, permitindo maior contato entre o compósito e a camada de adesivo, melhorando o selamento marginal. SWIFT JR. *et al.* (1996) observaram redução da infiltração marginal utilizando esse compósito como material forrador de restaurações de compósito. PEREIRA (2000), também relatou redução da infiltração marginal utilizando o Protect Liner F e, através de análise da interface dente-restauração em MEV, o autor demonstrou integração adequada entre a camada de adesivo e o compósito de baixa viscosidade.

A redução do módulo de elasticidade possibilita o relaxamento das tensões geradas durante e após a reação de polimerização, melhorando a qualidade marginal das restaurações. Além disso, a baixa viscosidade desses compósitos permite melhor acomodamento do material às paredes cavitárias quando da inserção do material, reduzindo a incorporação de bolhas que certamente prejudicam a manutenção da integridade da

interface por concentrar tensões (CHUANG *et al.*, 2001). ALOMARI *et al.* (2001) ainda observaram que, a utilização de uma camada intermediária de compósito de alto escoamento, reduz a deflexão das cúspides em cavidades classe II, devido à sua atuação como camada resiliente ou tenaz. Além disso, deve-se considerar que a aplicação da camada intermediária reduz o volume do compósito restaurador aplicada em único incremento, o que conseqüentemente reduz a taxa de contração deste material e permite melhora na qualidade marginal das restaurações confeccionadas com o emprego de tal técnica.

Dentro desta mesma teoria, a aplicação de uma camada mais espessa de adesivo sem carga entre o compósito e o substrato dental também tem sido proposta. No presente estudo pôde-se observar que a utilização de três camadas de adesivo melhorou significativamente a qualidade marginal das restaurações em compósito fotoativadas com o método que utiliza lâmpada halógena com modo de exposição contínuo. Tal resultado é confirmado por CHOI *et al.* (2000), que verificaram haver diminuição nos níveis de infiltração marginal, uma vez que o aumento da espessura da camada de adesivo pode formar uma camada intermediária com baixo módulo de elasticidade, cuja possibilidade de deformação durante a polimerização do compósito, pode reduzir as tensões impostas à interface e por conseqüência a infiltração marginal. Uma vez que este fator está diretamente relacionado ao selamento das margens das restaurações, pode-se dizer que a redução da infiltração ocorre em decorrência de adaptação marginal mais adequada. Neste estudo entretanto, os demais métodos de fotoativação, não apresentaram diferença significativa entre os grupos nos quais foram utilizados os compósitos de alto escoamento ou três camadas do agente de união e o grupo no qual foi utilizada uma camada do agente de união. Isto provavelmente ocorreu devido ao fato de que, com esses métodos, houve algum tipo de compensação em favor do grupo onde se utilizou uma camada do agente de união. Tal compensação pode ter ocorrido

em virtude da reorientação das cadeias poliméricas na fase de pré-polimerização (no caso dos métodos de luz pulsátil e dupla intensidade de luz), do baixo no grau de polimerização do compósito (como no caso do método de fotoativação por arco de plasma de xenônio) ou pela rápida conversão do compósito (no caso do método de fotoativação por LED), que levou à aproximação dos valores percentuais de formação de fendas marginais entre as quatro técnicas restauradoras.

Assim como a técnica restauradora, o modo de fotoativação do compósito também é um fator importante no desenvolvimento de tensões, uma vez que pode influenciar na capacidade de acomodamento das cadeias poliméricas em formação. Neste estudo, o método de fotoativação por luz pulsátil mostrou a menor média percentual de fendas formadas, quando comparado aos métodos por lâmpada halógena com luz contínua ou dupla intensidade de luz (Tabela 5 e Figura 19). Os métodos de fotoativação por luz emitida por LED ou por luz de arco de plasma de xenônio, mostraram resultados intermediários e não diferiram dos outros três métodos.

Os compósitos fotoativados têm capacidade de escoamento diminuída quando comparado àqueles quimicamente ativados devido à alta velocidade da reação de polimerização, o que causa redução do período viscoelástico e conseqüente redução da capacidade de acomodamento das cadeias poliméricas (KINOMOTO *et al.*, 1999; IRIE *et al.*, 2000). Entretanto, a velocidade de reação dos compósitos fotoativados pode ser reduzida, pela modulação da exposição luminosa, uma vez que, para esses compósitos, a velocidade de reação é função direta da intensidade luminosa. DAVIDSON & FEILZER, em 1997, sugeriram que a modulação da reação de polimerização permitiria redução do grau de conversão nas áreas mais profundas e, com isso, haveria maior possibilidade de

movimentação do material entre o centro de contração e as paredes cavitárias. O uso de baixa intensidade de luz permite atraso no curso da reação de polimerização, gerando redução do módulo de elasticidade e diminuindo, dessa forma, o desenvolvimento de tensões na interface, por possibilitar maior acomodamento do compósito, acarretando melhor integridade marginal (FEILZER *et al.*, 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995) Entretanto, o uso de baixa intensidade luminosa unicamente pode gerar redução das propriedades mecânicas (UNO & ASMUSSEN, 1991) se tal prática não for acompanhada por um aumento no tempo de exposição (MIYAZAKI *et al.*, 1996). Isso porque a reação de polimerização (grau de conversão) é dependente de energia fornecida. A energia aplicada é o produto da intensidade luminosa e do tempo de exposição. Dessa maneira, pode-se considerar que, se a mesma quantidade de energia for oferecida a dois corpos-de-prova em compósito, o grau de conversão será o mesmo para ambos, independentemente da intensidade luminosa, desde que o tempo de exposição seja ajustado (HALVORSON *et al.*, 2002).

Com base neste conceito de que a reação de polimerização é dependente da dose de energia aplicada, o método de fotoativação por dupla intensidade foi sugerido por UNO & ASMUSSEN (1991). Tal método teoricamente possibilita a extensão do período viscoelástico, pois a velocidade inicial de reação é baixa, permitindo acomodamento das cadeias poliméricas em posições favoráveis, reduzindo as tensões de contração (KORAN & KÜRSCHNER, 1998) e garante que a polimerização seja efetiva devido à irradiação final com alta intensidade luminosa. Assim, o método não traz prejuízo para as propriedades mecânicas dos compósitos fotoativados por essa técnica (SAKAGUCHI & BERGE, 1998; YAP *et al.*, 2001). WATTS & HINDI (1999) comprovaram que a cinética de contração é alterada com a utilização de tal técnica, de modo que ocorre retardo no desenvolvimento da

contração durante o período inicial da fotoativação. Com base nessas características, diversos autores demonstraram redução das tensões de contração (ERNST *et al.*, 2000) e melhora na qualidade marginal das restaurações fotoativadas com dupla intensidade de luz (UNO & ASMUSSEN, 1991; MEHL *et al.*, 1997; YOSHIKAWA *et al.*, 2001).

Neste estudo, a polimerização por dupla intensidade foi realizada com exposição inicial do compósito Z250 à potência de 150 mW/cm^2 , durante 10 segundos. Tal tempo foi selecionado uma vez que, com base em estudos prévios, parecia ser suficiente para possibilitar a redução na velocidade de reação e por ser o mais freqüentemente utilizado na Literatura (KORAN & KÜRSCHNER, 1998; WATTS & HINDI, 1999; OBICI, 2000; SILIKAS *et al.*, 2000; BOUSCHLICHER *et al.*, 2000; ERNST *et al.*, 2000; HASEGAWA *et al.*, 2001). Em seguida, o compósito foi irradiado por 15s com intensidade de 800 mW/cm^2 , por representar 75% do tempo de exposição recomendado pelo fabricante (20 segundos), o que garante grau de conversão adequado. Dessa forma, a dose energética final aplicada foi de $13,5 \text{ J/cm}^2$. Entretanto, os resultados de adaptação marginal não foram melhorados por essa técnica. Tais resultados concordam com os encontrados por HASEGAWA *et al.* (2001), SAHAFI *et al.* (2001) e FRIELD *et al.* (2000) e discordam daqueles encontrados por UNO & ASMUSSEN (1991), MEHL *et al.* (1997), YOSHIKAWA *et al.* (2001). Apesar da baixa intensidade de luz inicial, a alta concentração de fotoiniciadores presente no compósito utilizado, talvez não tenha permitido a redução efetiva da velocidade de reação de modo a prolongar o período viscoelástico e, dessa maneira, a qualidade das margens não diferiu estatisticamente daquela observada no método de ativação por lâmpada halógena com luz contínua. Talvez, para os compósitos de alta concentração de fotoiniciadores e que utilizam o tempo de fotoativação de 20 segundos por camada, seja necessária a redução da intensidade de luz inicial e do

tempo de exposição, para que essa técnica de fotoativação seja efetiva na redução da tensão de contração. Além disso, a alta resistência de união promovida pelo sistema de união selecionado pode atenuar os efeitos da redução de tensões que esse método poderia oferecer.

O método pulsátil consiste na exposição do compósito a luz intermitente, realizada em ciclos de 4s (2s acesa e 2s apagada) com intensidade luminosa de $600\text{mW}/\text{cm}^2$. Em tal método, foi adaptado um aparelho convencional de fotoativação a um circuito elétrico que modula a corrente elétrica ciclicamente de modo que, a emissão luminosa ocorre durante 2s, com intervalo de 2s a cada ciclo. Entretanto, a cada início de ciclo um período de 0,7s é necessário para que a intensidade máxima seja alcançada e, por isso, o tempo de exposição na intensidade máxima é de 1,3s. Os resultados evidenciaram melhora na qualidade marginal com a utilização desse método quando a técnica de uma camada de agente de união foi usada, em razão do provável prolongamento do período viscoelástico, que permitiu ao compósito escoar e reduzir as tensões na interface dente-restauração, preservando-a. Entretanto, deve-se considerar também que a densidade energética emitida por esse método é menor ($7,8\text{ J}/\text{cm}^2$) quando comparada àquela emitida pelo método convencional ($16\text{ J}/\text{cm}^2$) ou por dupla intensidade ($13,5\text{ J}/\text{cm}^2$). Este fato é relevante, uma vez que o grau de conversão é dependente da densidade energética aplicada (HALVORSON *et al.*, 2002). CUNHA *et al.* (2001) observou redução nos valores de dureza Knoop nas amostras fotoativadas por tal método, fato atribuído à redução no grau de conversão em decorrência da diminuição da energia luminosa aplicada. Redução no grau de conversão gera redução da contração de polimerização, o que pode melhorar a qualidade marginal. Entretanto, as propriedades mecânicas do compósito podem ser afetadas, acarretando em prejuízos futuros para a restauração. Apesar disso, o método de fotoativação por luz pulsátil parece ser uma

alternativa promissora na fotoativação de compósitos desde que a dose energética seja ajustada. Já o uso das técnicas restauradoras alternativas com camada intermediária resiliente não determinou melhora significativa da qualidade marginal pois, nesse caso, o método de fotoativação foi capaz de reduzir as tensões de contração favorecendo o grupo controle, no qual as tensões de contração envolvidas certamente são maiores, compensando a deficiência desta técnica em termos de redução de tensões de contração.

É de unanimidade que a adequada polimerização do compósito é fundamental para o bom desempenho clínico das restaurações. Dessa maneira, novas tecnologias para fotoativação de compósitos, em substituição às lâmpadas halógenas, estão disponíveis no mercado e vêm sendo aprimoradas para garantir eficiência na ativação dos compósitos.

A lâmpada halógena é uma lâmpada incandescente, originalmente desenvolvida para iluminar ambientes. A luz é emitida a partir de um filamento metálico, que quando aquecido, causa a excitação de átomos de tal modo que a luz é produzida num amplo espectro. O pico de emissão fica em torno de 700 nm. Assim sendo, devido à inespecificidade da luz emitida, um filtro é necessário para restringir a luz ao espectro da luz visível, na região de cor azul, cujas características de comprimento de onda são adequadas para excitação do fotoiniciador (MILLS *et al.*, 1999). Em consequência do mecanismo de produção da luz, estas lâmpadas geram calor (a temperatura do bulbo alcança aproximadamente 400°C) e a energia perdida na forma de calor chega a 70%. Apenas 10% da energia elétrica consumida é convertida em luz visível e, tendo em vista que, a excitação da canforoquinona só ocorre em comprimento de onda específico (410-500 nm), a taxa final da energia convertida no comprimento de onda adequado para ativação dos compósitos é de apenas 1% da energia total consumida, caracterizando desperdício energético (FUJIBAYASHI *et al.*, 1998). Outro fator a se considerar é que as lâmpadas halógenas têm durabilidade reduzida a cerca de 40-100 horas, em

decorrência do desgaste promovido pelo calor gerado durante a emissão da luz (JANDT *et al.*, 2000).

Dessa maneira, as unidades fotoativadoras baseadas em LEDs (*light emitting diodes*) vêm sendo utilizadas como alternativa às lâmpadas halógenas. Os primeiros LEDs azuis de baixa intensidade eram baseados em *silicon carbide* e sua potência era muito baixa (cerca de $7\mu\text{W}$ por lâmpada), o que as tornava inapropriadas para fotoativação de compósitos. Entretanto, em 1995, um LED a base de nitreto de gálio foi desenvolvido, aumentando sua potência para 3mW , o que representou um aumento significativo da intensidade luminosa emitida e propiciou sua aplicação na fotoativação de compósitos. Em termos simplificados, LEDs são uma combinação de dois semicondutores diferentes compondo junções *p-n*. O semicondutor *n* apresenta excesso de elétrons e o semicondutor *p* tem falta de elétrons. Quando esses dois semicondutores são combinados e uma voltagem é aplicada, os elétrons de *n* são conectados a *p* e como resultado, ocorre a produção de luz com comprimento de onda específico. A luz proveniente das lâmpadas LED é emitida por eletroluminescência e a cor dessa luz é determinada pela composição química dos semicondutores. Como dito anteriormente a característica mais interessante é que a luz emitida pelos LEDs tem espectro bem próximo ao espectro de absorção da canforoquinona, o que torna desnecessária a incorporação de filtros aos aparelhos. O comprimento de onda mais eficiente para excitação da canforoquinona é de 470 nm , sendo que a faixa entre 410 e 500 nm também é efetiva. Com isso pode-se visualizar, na teoria, a eficiência da luz emitida pelos LEDs, pois 95% dela está entre $410\text{-}500\text{nm}$, com pico de emissão em 465nm (FUJIBAYASHI *et al.*, 1999; MILLS *et al.*, 1999). Ainda com relação à qualidade da luz emitida pelos LEDs, é importante considerar que não ocorre emissão de luz ultravioleta ($280\text{-}310\text{nm}$) que causam oftalmite e

eritema. Entretanto, emitem luz entre 420 e 460nm, que pode causar injúria fotoquímica da retina, como as lâmpadas halógenas, e portanto, também há necessidade de que o profissional utilize óculos protetor com filtro para esses comprimentos de onda. Além disso, LEDs emitem pouca radiação infra vermelha (acima de 800nm), o que reduz de maneira muito significativo a emissão de calor.

Assim, LEDs apresentam baixo consumo de energia (permitindo o uso de baterias recarregáveis) e alta durabilidade (uma lâmpada LED pode durar 10.000 horas). Ainda, uma vez que LEDs utilizam semicondutores para emissão da luz, o aquecimento é prevenido e a degradação pelo calor inexistente. Entretanto, cabe considerar que devido à especificidade do comprimento de onda da luz emitida pelos LEDs, a polimerização só será efetiva em materiais cujo sistema iniciador tiver absorção máxima entre 440 e 480nm, como é o caso da canforoquinona (STHAL *et al.*, 2000; MILLS *et al.*, 2002).

Nesse estudo, a qualidade de adaptação marginal apresentada pelas restaurações ativadas por LEDs não diferiu estatisticamente daquela apresentada pelo grupo ativado por luz halógena convencional, comprovando que a polimerização com LEDs é tão eficaz quanto a halógena. Entretanto, o uso dos forradores resinoso não gerou redução significativa no percentual de formação de fendas, o que provavelmente se deu em consequência do aumento das tensões de contração quando os compósitos polimerizam. Isso porque a luz emitida pelos LEDs é bastante específica para promover a excitação da canforoquinona, e portanto a quantidade de fótons emitidos no comprimento de onda adequado é tão alta quanto a emitida pela lâmpada halógena, apesar da intensidade luminosa do aparelho LED ser menor. Assim, a ativação com LED gera formação de radicais livres mais rápida, aumentando a velocidade de reação e a incidência de tensões de contração.

Outra tecnologia utilizada para fotoativação de compósitos é baseada em arco de plasma de xenônio. A luz é emitida por um plasma incandescente composto por uma mistura gasosa de moléculas ionizadas e elétrons (PEUTZFELDT *et al.*, 2000). Esses aparelhos são caracterizados pela emissão de alta intensidade luminosa com espectro de emissão estreito (ao redor de 470 nm). Em teoria, essa tecnologia para fotoativação permite que o tempo de exposição seja reduzido a poucos segundos devido a alta intensidade luminosa (até 2000nW/cm^2). Entretanto, estudos comprovam que a efetividade de polimerização é reduzida com a utilização desses aparelhos, devido à baixa densidade energética aplicada. (PEUTZFELDT *et al.*, 2000; CUNHA *et al.*, 2001). Tal densidade parece ser insuficiente para garantir grau de conversão adequado e boas propriedades mecânicas (PEUTZFELDT *et al.*, 2000; SHARKEY *et al.*, 2001). Alguns autores sugerem o aumento no tempo de exposição, para que a densidade energética alcance níveis adequados para a polimerização dos compósitos. Entretanto, a polimerização extremamente rápida dos compósitos com este método pode ser uma desvantagem no que se refere a adaptação marginal. Porém, HASEGAWA *et al.* (2001), em seu estudo sobre a adaptação marginal e a profundidade de polimerização de compósitos fotoativados por arco de plasma, relatou que tal método é efetivo, uma vez que a qualidade marginal não foi prejudicada e a profundidade de polimerização foi maior que aquela obtida com o método convencional.

Nesse estudo, os resultados não mostraram diferença estatística quando esse método, independente da técnica restauradora empregada, foi comparado ao método convencional. Entretanto, como observado por CUNHA *et al.* (2001), esse método não provê grau de conversão adequado no tempo recomendado pelo fabricante e além disso, devido a velocidade de reação incrivelmente acelerada pela alta intensidade de luz emitida, a tensão imposta pela contração de polimerização na interface é extremamente alta na região

superficial do compósito e pode gerar fendas semelhantes às observadas na técnica convencional.

O grau de conversão não parece ser adequado nas camadas mais profundas da restauração, pois a energia emitida por esse método ($5,4 \text{ J/cm}^2$) é baixa, em virtude do curtíssimo tempo de exposição (3 segundos). Talvez, devido às altas tensões envolvidas nesse método, a utilização das técnicas restauradoras com agentes forradores resinosos não tenha sido eficiente em melhorar a qualidade marginal das restaurações fotoativadas pelo aparelho a base de arco de plasma de xenônio. Assim, pode-se considerar que este método de fotoativação não é adequado para fotoativação de compósitos nos moldes em que é utilizado atualmente, uma vez que a adaptação marginal é prejudicada pelas altas tensões envolvidas no processo de polimerização que emprega tal método e o grau de conversão também é prejudicado pelo curtíssimo tempo de exposição.

Assim pôde-se verificar que não há meio direto de manipular os materiais restauradores resinosos de modo a garantir a perfeita integridade marginal das restaurações. Dessa forma, apenas o reconhecimento e a compreensão dos mecanismos que causam os problemas, juntamente com as técnicas que podem reduzir os seus efeitos, ajudarão os clínicos a obterem os benefícios máximos da aplicação dos compósitos na prática clínica.

7. Conclusão

Com base nos resultados deste estudo pode-se concluir que:

1. A utilização de camada intermediária com materiais com baixo módulo de elasticidade, seja compósitos de baixa viscosidade (Filtek Flow ou Protect Liner F), seja pela aplicação de camada mais espessa de adesivo sem carga, melhorou significativamente a adaptação marginal de restaurações em compósito, se utilizada a fotoativação com a lâmpada halógena com emissão contínua de luz.
2. A utilização da camadas intermediárias com baixo módulo de elasticidade não causou redução efetiva na formação de fendas marginais quando os outros métodos de fotoativação (dupla intensidade, pulsátil, LED e arco de plasma de xenônio) foram utilizados.
3. O método de fotoativação por dupla intensidade de luz não resultou em redução significativa na formação de fendas marginais, independente da técnica restauradora empregada, quando comparado aos métodos convencional por luz contínua, LED e arco de plasma de xenônio.

4. O método de fotoativação por luz pulsátil melhorou significativamente a qualidade marginal das restaurações confeccionadas com 1 camada de adesivo quando comparado ao método de ativação convencional por luz contínua. Ainda com relação ao método pulsátil, para as demais técnicas restauradoras, não foram detectadas diferenças significativas.

5. Os métodos de fotoativação por arco de plasma de xenônio e por LEDs não diferiram estatisticamente dos demais métodos de fotoativação com relação à formação de fendas, independente da técnica restauradora empregada.

Referências Bibliográficas*

ALOMARI, Q.D. *et al.* Effect of liners on cusp deflection and gap formation in composite restorations. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.4, p.406-411, July/Aug. 2001.

ASMUSSEN, E. Composite restorative resins. Composition versus wall-to-wall polymerization contraction. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.33, n.6, p.337-344, 1975.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Direction of shrinkage of light-curing resin composites. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v.57, n.6, p.310-315, Dec. 1999.

BAYNE, S.C. *et al.* A characterization of first-generation flowable composites. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.129, n.5, p.567-577, May 1998.

BELLI, S. *et al.* The effect of additional enamel etching and a flowable composite to the interfacial integrity of class II adhesive composite restorations. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.1, p.70-75, Jan./Feb. 2001.

BOUSCHLICHER, M.R. *et al.* Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. **J Esthet Dent**, Hamilton, v.12, n.1, p.23-32, 2000.

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

CARVALHO, R.M. *et al.* A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. **Oper Dent**, Seattle, v.21, n.1, p.17-24, Jan./Feb. 1996.

CHOI, K.K. *et al.* The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. **J Dent Res**, Washington, v.79, n.3, p.812-817, Mar. 2000.

* Baseada na NBR-6023 de ago. de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
Abreviatura dos títulos dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

CHUANG, S.F. *et al.* Microleakage and internal voids in class II composite restorations with flowable composite linings. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.2, p.193-200, Mar./Apr. 2001.

COX, C.F. Evaluation and treatment of bacterial microleakage. **Am J Dent**, San Antonio, v.7, n.5, p.293-295, Oct. 1994.

CUNHA, L.G. *et al.* Efeito dos métodos de fotoativação sobre a dureza Knoop de compósitos odontológicos. **PGR-Pós Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos**, São José dos Campos, v.4, n.3, p.36-42, set./dez. 2001.

DAVIDSON, C.L.; de GEE, A.J. Relaxation of polymerization contraction stresses by flow in dental composites. **J Dent Res**, Washington, v.63, n.2, p.146-148, Feb. 1984.

DAVIDSON, C.L.; FEILZER, A.J. Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. **J Dent**, Bristol, v.25, n.6, p.435-440, Nov. 1997.

DAVIDSON, C.L. *et al.* The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent Res**, Washington, v.63, n.12, p.1396-1399, Dec. 1984.

ERNST, C.P. *et al.* Stress reduction in resin-based composites cured with a two-step light-curing unit. **Am J Dent**, San Antonio, v.13, n.2, p.69-72, Apr. 2000.

ESTAFAN, D. *et al.* Cavity wall adaptation of resin-based composites lined with flowable composites. **Am J Dent**, San Antonio, v.13, n.4, p.192-194, Aug. 2000.

FEILZER, A.J. *et al.* Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. **J Dent Res**, Washington, v.66, n.11, p.1636-1639, Nov. 1987.

FEILZER, A.J. *et al.* Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. **Dent Mat**, Washington, v.6, n.3, p.167-171, July 1990.

FEILZER, A.J. *et al.* Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.103, n.5, p.322-326, Oct. 1995.

- FRIEDL, K.H. *et al.* Marginal adaptation of class V restorations with and without “softstart-polymerization”. **Oper Dent**, Seattle, v.25, n.1, p.26-32, Jan./Feb. 2000.
- FUJIBAYASHI, K. *et al.* Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. **Dent Jpn (Tokyo)**, Tokyo, v.34, p.46-53, Mar. 1998.
- HALVORSON, R.H. *et al.* Energy dependent polymerization of resin based composite. **Dent Mat**, Washington, v.18, n.6, p.463-469, Sept. 2002.
- HASEGAWA, T. *et al.* Depth of cure and marginal adaptation to dentin of xenon lamp polymerized resin composites. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.6, p.585-590, Nov./Dec. 2001a.
- HASEGAWA, T. *et al.* Effects of soft-start irradiation on the depth of cure and marginal adaptation to dentin. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.4, p.389-395, July/Aug. 2001b.
- IRIE, M. *et al.* Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. **Dent Mat**, Washington, v.18, n.1, p.203-210, May 2002.
- JANDT, K.D. *et al.* Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). **Dent Mat**, Washington, v.16, n.1, p.41-47, Jan. 2000.
- KEMP-SCHOLTE, C.M.; DAVIDSON C.L. Complete marginal seal of class V resin composite restorations effected by increased flexibility. **J Dent Res**, Washington, v.69, n.6, p.1240-1243, June 1990.
- KEMP-SCHOLTE, C.M. *et al.* Marginal integrity related to bond strength and strain capacity of composite resin restorative systems. **J Prosthet Dent**, Sant Louis, v.64, n.6, p.658-664, Dec. 1990.
- KIDD, EA. Microleakage in relation to amalgam and composite restoration – A laboratory study. **Br Dent J**, London, v.141, n.10, p.305-310, Nov. 1976.

- KINOMOTO, Y. *et al.* Comparison of polymerization contraction stresses between self- and light-curing composites. **J Dent**, Bristol, v.27, n.5, p.383-389, July 1999.
- KNEZEVIC, A. *et al.* Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.28, n.6, p.586-591, June 2001.
- KORAN, P.; KÜRSCHNER, R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. **Am J Dent**, San Antonio, v.11, n.1, p.17-22, Feb. 1998.
- LABELLA, R. *et al.* Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. **Dent Mat**, Washington, v.15, n.2, p.128-137, Mar. 1999.
- LUTZ, F. *et al.* Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. **Dent Mat**, Washington, v.7, n.2, p.107-113, Apr. 1991.
- MARSHALL JR., G.W. Dentin: Microstructure and characterization. **Quintessence Int**, Berlin, v.24, n.9, p.606-617, June 1993.
- MARTIN, F.E. A survey of the efficiency of visible light curing units. **J Dent**, Bristol, v.26, n.3, p.239-243, Mar. 1998.
- MEHL, A. *et al.* Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. **J Dent**, Bristol, v.25, n.3/4, p.321-330, May/July 1997.
- MILLAR, B.J.; NICHOLSON, J.W. Effect of curing with a plasma light on the properties of polymerizable dental restorative materials. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.28, n.6, p.549-552, June 2001.
- MILLS, R.W. *et al.* Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. **Br Dent J**, London, v.186, n.8, p.388-391, Apr. 1999.

- MILLS, R.W. *et al.* High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: Barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. **Biomaterials**, Oxford, v.23, n.14, p.2955-2963, July 2002.
- MIYAZAKI, M. *et al.* Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composites. **Dent Mat**, Washington, v.12, n.6, p.328-332, Nov. 1996.
- MIYAZAKI, M. *et al.* Evaluation of curing units used in private dental offices. **Oper Dent**, Seattle, v.23, n.2, p.50-54, Mar./Apr. 1998.
- NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by infiltration of monomers into tooth substrates. **J Biomed Mat Res**, New York, v.13, n.3, p.265-273, May 1982.
- NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. **Hybridization of dental hard tissues**. Tokyo: Quintessence Publishing, 1999.
- OBICI, A.C. *et al.* Effect of photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. **Oper Dent**, Seattle, v.27, n.2, p.192-197, Mar 2002.
- PASHLEY, D.H.; CARVALHO, R.M. Dentin permeability and dentin adhesion. **J Dent**, Bristol, v.25, n.5, p.355-372, Sept. 1997.
- PEREIRA, O. **Influência da resina composta de baixa viscosidade no selamento marginal em restaurações de compósito odontológico**. 120p. Piracicaba, 2000. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
- PEUTZFELDT, A. Resin composites in dentistry: the monomer system. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v.105, n.2, p.97-116, Apr. 1997.
- PEUTZFELDT, A. *et al.* Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. **Dent Mat**, Washington, v.16, n.5, p.330-336, Sept. 2000.

- PILO, R. *et al.* A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. **J Dent**, Bristol, v.27, n.3, p.235-241, Mar. 1999.
- SABBAGH, J. *et al.* Dynamic and static moduli of elasticity of resin-based materials. **Dent Mat**, Washington, v.18, n.1, p.64-71, Jan. 2002.
- SAHAFI, A. *et al.* Soft-start polymerization and marginal gap formation *in vitro*. **Am J Dent**, San Antonio, v.14, n.3, p.145-147, June 2001.
- SAKAGUCHI, R.L.; BERGE, H.X. Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. **J Dent**, Bristol, v.26, n.8, p.695-700, Nov. 1998.
- SHARKEY, S. *et al.* Surface hardness of light-activated resin composites cured by two different visible-light sources: an in vitro study. **Quintessence Int**, Berlin, v.23, n.5, p.401-405, May 2001.
- SILIKAS, N. *et al.* Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mat**, Washington, v.16, n.4, p.292-296, July 2000.
- STAHL, F. *et al.* Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. **Biomaterials**, Oxford, v.21, n.13, p.1379-1385, July 2000.
- SWIFT JR., E.J. *et al.* Effect of low-viscosity resins on the performance of dental adhesives. **Am J Dent**, San Antonio, v.9, n.3, p.100-104, June 1996.
- UNO, S.; ASMUSSEN, E. Marginal adaptation of restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res**, Copenhagen, v.99, n.5, p.440-444, Oct. 1991.
- UNTERBRINK, G.L.; LIEBENBERG, W.H. Flowable composites as "filled adhesives": Literature review and clinical recommendations. **Quintessence Int**, Berlin, v.30, n.4, p.249-257, Apr. 1999.

UNTERBRINK, G.L.; MUESSNER, R. Influence of lighth intensity on two restorative systems. **J Dent**, Oxford, v.23, n.3, p.183-189, June 1995.

WATTS, D.C.; al HINDI, A. Intrinsic 'soft-start' polymerization shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. **Dent Mat**, Washington, v.15, n.1, p.39-45, Jan. 1999.

YAP, A.U.J. *et al.* Soft-start polymerization: Influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.3, p.260-266, May/June 2001.

YOSHIKAWA, T. *et al.* A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. **Dent Mat**, Washington, v.17, n.4, p.359-366, July 2001.

Anexos

Tabela 6 - Valores percentuais da formação de fendas marginais para as quatro técnicas restauradoras dentro da fotoativação pelo método por luz halógena contínua.

Corpo-de-prova	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner
1	47,65	56,84	1,19	31,67
2	60,05	60,38	71,22	25,00
3	57,46	6,36	16,25	39,13
4	100	62,43	6,89	26,39
5	59,47	24,08	68,68	25,50
6	61,68	38,47	26,35	39,62
7	100	46,45	60,87	71,07
8	39,93	12,34	0	7,30
9	43,76	19,13	0	51,25
10	67,81	33,59	64,36	47,25

Tabela 7 - Valores percentuais da formação de fendas marginais para as quatro técnicas restauradoras dentro da fotoativação pelo método por dupla intensidade de luz.

Corpo-de-prova	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner
1	48,15	37,08	61,65	33,56
2	100	0,70	36,84	40,70
3	51,18	33,36	40,20	52,22
4	86,61	53,26	81,08	20,78
5	17,71	65,57	50,06	73,37
6	11,96	94,53	15,46	52,46
7	83,24	64,97	53,11	64,22
8	86,39	67,51	83,49	12,46
9	81,73	77,16	34,51	72,11
10	100	70,08	73,29	66,01

Tabela 8 - Valores percentuais da formação de fendas marginais para as quatro técnicas restauradoras dentro da fotoativação pelo método por luz pulsátil.

Corpo-de-prova	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner
1	56,62	35,48	36,67	34,00
2	19,07	77,18	20,05	12,18
3	29,03	25,74	16,97	19,51
4	29,07	13,36	32,78	67,35
5	8,77	37,69	46,61	8,12
6	0	67,16	47,63	100
7	60,02	37,43	16,67	10,41
8	20,27	30,16	88,06	29,88
9	17,81	0	26,87	0
10	0	9,42	29,52	0

Tabela 9 - Valores percentuais da formação de fendas marginais para as quatro técnicas restauradoras dentro da fotoativação pelo método por LED.

Corpo-de-prova	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner
1	56,20	19,51	63,11	85,55
2	46,65	46,55	80,12	31,45
3	9,27	58,97	56,92	51,62
4	88,01	22,25	17,93	40,94
5	61,75	44,55	34,91	51,35
6	58,60	40,87	30,43	36,49
7	43,10	54,39	65,44	45,27
8	34,60	51,32	82,35	48,90
9	71,79	21,85	56,53	36,47
10	55,70	64,66	92,56	82,96

Tabela 10 - Valores percentuais da formação de fendas marginais para as quatro técnicas restauradoras dentro da fotoativação pelo método por arco de plasma de xenônio.

Corpo-de-prova	1 camada	3 camadas	Filtek Flow	Protect Liner
1	52,84	48,27	63,30	35,32
2	17,89	30,53	1,53	27,30
3	41,56	5,42	11,52	20,80
4	78,17	60,38	44,17	65,52
5	31,92	0	57,92	7,83
6	98,21	84,10	33,33	30,83
7	60,13	40,77	55,61	21,83
8	65,95	23,84	40,05	32,35
9	29,79	72,35	27,28	20,62
10	59,17	60,85	57,71	17,26

**TRANSFORMAÇÃO DAS OBSERVAÇÕES SEGUNDO
ARCO SENO DA RAIZ DE X/100**

NOME DOS FATORES	
FATOR	NOME
A	MÉTODO
B	TRATAMENTO

Quadro da análise de variância

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor de F	Prob.>F
Método	4	7644,2904880	1911,0726220	6,8349	0,00013 *
Tratamento	3	2451,4494398	817,1498133	2,9225	0,03461 *
Met. X Trat.	12	5100,5756028	425,0479669	1,5202	0,12002 ^{NS}
Resíduo	180	50328,9359093	279,6051995		
TOTAL	199	65525,2514399			

* diferença estatística significativa

^{NS} não significativo

Média Geral = 40,890892

Coefficiente de variação = 40,893%

Teste de Tukey para médias de Método

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	2	Dupla int.	40	56,079250	a	A
2	3	LED	40	51,049751	ab	A
3	1	Halógena	40	41,946750	abc	AB
4	4	Apollo	40	40,630500	bc	AB
5	5	Pulsátil	40	30,436501	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de método dentro de 1 camada do fator Tratamento

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	2	Dupla int.	10	58,21	a	A
2	1	Halógena	10	56,19	a	A
3	4	Apollo	10	46,76	ab	AB
4	3	LED	10	46,41	ab	AB
5	5	Pulsátil	10	25,95	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

**Teste de Tukey para médias de método dentro de 3 camadas do
fator Tratamento**

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	2	Dupla int.	10	48,24	a	A
2	4	Apollo	10	38,69	a	A
3	3	LED	10	40,38	a	A
4	1	Halógena	10	35,93	a	A
5	5	Pulsátil	10	33,17	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

**Teste de Tukey para médias de método dentro de Filtek Flow do
fator Tratamento**

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	3	LED	10	50,19	a	A
2	2	Dupla int.	10	46,85	a	A
3	4	Apollo	10	37,45	a	A
4	5	Pulsátil	10	36,78	a	A
5	1	Halógena	10	29,42	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

**Teste de Tukey para médias de método dentro de Protect Liner F
do fator Tratamento**

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	3	LED	10	45,98	a	A
2	2	Dupla int.	10	43,66	a	A
3	4	Halógena	10	36,54	a	A
4	5	Pulsátil	10	29,59	a	A
5	1	Apollo	10	31,31	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de Tratamento

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	1	1 camada	40	51,952801	a	A
2	3	Filtek Flow	40	43,60300	ab	A
3	2	3 camadas	40	42,194801	ab	A
4	4	Protect	40	38,363600	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de Tratamento dentro de Halógena do fator Método

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	1	1 camada	10	56,19	a	A
2	3	Protect	10	36,54	b	A
3	2	3 camadas	10	35,93	b	A
4	4	Filtek Flow	10	29,42	b	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de Tratamento dentro de Dupla Intensidade do fator Método

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	1	1 camada	10	58,21	a	A
2	2	3 camadas	10	48,24	a	A
3	3	Filtek Flow	10	46,85	a	A
4	4	Protect	10	43,66	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de Tratamento dentro de LED do fator Método

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	3	Filtek Flow	10	50,19	a	A
2	1	1 camada	10	46,41	a	A
3	4	Protect	10	45,98	a	A
4	2	3 camadas	10	40,38	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

Teste de Tukey para médias de Tratamento dentro de Apollo do fator Método

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	1	1 camada	10	46,76	a	A
2	2	3 camadas	10	38,69	a	A
3	3	Filtek Flow	10	37,45	a	A
4	4	Protect	10	31,31	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.

**Teste de Tukey para médias de Tratamento dentro de Pulsátil
do fator Método**

Num. ordem	Num. trat.	Nome	Num. Repet.	Médias Originais	5%	1%
1	3	Filtek Flow	10	36,78	a	A
2	2	3 camadas	10	33,17	a	A
3	4	Protect	10	29,59	a	A
4	1	1 camada	10	25,95	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado.