



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

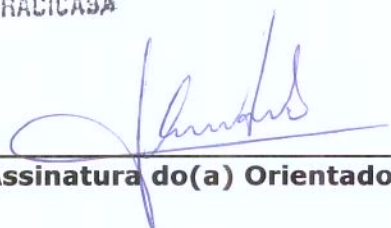
Aluno(a): Marcelo Pereira Abrahão Cheohem

Orientador(a): Lourenço Correr Sobrinho

Ano de Conclusão do Curso: 2008

TCC 446

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
BIBLIOTECA


Assinatura do(a) Orientador(a)

Marcelo Pereira Abrahão Cheohem

**INFLUÊNCIA DA PROPORÇÃO Bis-GMA/TEGDMA/Bis-EMA SOBRE A
ADAPTAÇÃO MARGINAL E A RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE
RESTAURAÇÕES DE RESINAS COMPOSTAS EXPERIMENTAIS**

Monografia apresentada ao Curso de
Odontologia da Faculdade de Odontologia
de Piracicaba – UNICAMP, para obtenção
do Diploma de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Lourenço Correr Sobrinho

Piracicaba

2008

Unidade FOP/UNICAMP	
N. Chamada	
.....	
Vol.	Ex.
Tombo BC/	

C.T. 782721

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

C421i Cheohem, Marcelo Pereira Abrahão.
Influência da proporção Bis-GMA/TEGDMA/Bis-EMA sobre a adaptação marginal e a resistência de união de restaurações de resinas compostas experimentais. / Marcelo Pereira Abrahão Cheohem. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2008.
26f.

Orientador: Lourenço Correr Sobrinho.
Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. I. Correr Sobrinho, Lourenço. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

(mg/fop)

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pais e irmã, por poder
sempre contar com eles.

Aos meus orientadores **Prof. Dr.**
Lourenço Correr Sobrinho, Rafael
Moraes por toda sua habilidade e
dedicação na realização deste trabalho.

Aos meus amigos e amigas que me
acompanharam desde o início.

À Milena por estar sempre ao meu
lado, haja o que houver.

SUMÁRIO

Lista de tabelas e ilustrações 01

Lista de abreviaturas e siglas 02

RESUMO 03

ABSTRACT 05

INTRODUÇÃO 06

OBJETIVO 09

MATERIAIS E MÉTODOS 10

RESULTADOS 17

DISCUSSÃO 19

CONCLUSÕES 22

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23

LISTA DE TABELAS E ILUSTRAÇÕES

Tabela 1:	Composição dos materiais experimentais utilizados no estudo.	7
Tabela 2:	Médias (desvio-padrão) para adaptação marginal e resistência de união.	12
Tabela 3:	Resultados da análise dos modos de falha	14
Figura 1:	Estrutura molecular dos monômeros utilizados no estudo.	6
Figura 2:	Espécimes representativos com margem íntegra (A) e margem corada (B).	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm =	Milímetros	03
mW/cm ² =	Miliwatts por centímetro ao quadrado	03
s =	Segundos	03
h =	Horas	03
et al. =	E outros (abreviatura de “et lii”)	03
% =	por cento	03
p =	Valor de significância estatística	03
n =	Grupo de espécimes X	03
MPa =	Megapascal	06
mW/cm ² =	Miliwatts por centímetro ao quadrado	10
g =	Gramas	11
mL =	Mililitros	11
min =	Minutos	11
Ltda. =	Limitada	11
µm =	Micrômetros	12
nº =	Número	13
J/cm ² =	Joules por centímetro quadrado	18

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da proporção entre os monômeros Bis-GMA, TEGDMA e Bis-EMA na adaptação marginal e resistência de união de restaurações de resina composta. Sete formulações experimentais foram obtidas, com as seguintes proporções (em peso) de Bis-GMA/TEGDMA/Bis-EMA: 50/50/0, 50/30/20, 50/10/40, 50/0/50, 30/10/60, 10/10/80 e 0/0/100. Canforoquinona (0,4%), N,N-dimetil-*p*-toluidina (0,8%) e hidroquinona (0,1%) foram dissolvidas em cada mistura, assim como 70% em peso de cargas silanizadas de vidro de estrôncio. Cavidades cônicas (2 mm base maior, 1,5 mm base menor, 2 mm de profundidade) foram preparadas em incisivos bovinos, com margens em dentina, e restauradas com cada um dos materiais (n = 10). A fonte de luz halógena XL2500 (3M ESPE, 700mW/cm²) foi utilizada para fotoativação por 40 s. A adaptação marginal foi avaliada após 24 h por meio de aplicação de solução corante e mensuração da margem pigmentada, sob aumento de 16x, em software apropriado (Image Tool 3.0). Após, as mesmas amostras foram submetidas ao teste de resistência de união *push-out* em máquina de ensaios mecânicos. Os dados foram submetidos à Análise de Variância e teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$). Os modos de falha foram analisados em microscopia óptica, sob aumento de 40x.

INTRODUÇÃO

Resinas compostas fotoativadas estão cada vez mais populares na Odontologia, devido principalmente a vantagens como estética, facilidade de manipulação e capacidade de união às estruturas dentárias. No entanto, uma das inerentes limitações desses materiais é a significativa redução volumétrica que ocorre durante a reação de polimerização (Braga et al., 2005). Este processo, quando ocorre no confinamento de cavidades, gera tensão na interface de união entre restauração e estrutura dentária, potencialmente resultando em descontinuidade marginal e interna das restaurações (Alonso et al., 2007; Alves et al., 2008; Ferracane, 2005). Estas fendas, por sua vez, estão normalmente relacionadas a sensibilidade pós-operatória e irritação pulpar.

Considerando a dificuldade em evitar a formação de fendas marginais em restaurações de compósito, diversos autores propõem métodos alternativos de fotoativação (Alonso et al., 2004; Cunha et al., 2006; Ernst et al., 2003; Obici et al., 2002; Yoshikawa et al., 2001), na tentativa de atenuar a geração de tensão na interface de união. Estes métodos têm como objetivo principal modificar a cinética de polimerização do compósito por meio de modulação da irradiância durante a fotoativação. Tais métodos seriam capazes de prolongar o tempo disponível para o compósito escoar durante a polimerização e possibilitar certo grau de relaxamento das cadeias poliméricas (Bouschlicher et al., 2000) antes de o material atingir o estágio de vitrificação.

De fato, diversos estudos relataram redução na tensão de contração (Lim et al. 2002; Witzel et al., 2005; Obici et al. 2002) ou melhoria na

integridade marginal das restaurações (Alonso et al., 2004; Alonso et al., 2007; Yoshikawa et al., 2001) sem, no entanto, interferir sobre o grau de conversão final do material. No entanto, além dos procedimentos de fotoativação, a formulação do compósito restaurador pode influenciar significativamente a tensão de contração gerada (Witzel et al., 2005) e, dessa forma, influenciar a integridade marginal das restaurações. Dentre as principais características dos monômeros que compõem a matriz orgânica, o peso molecular e a estrutura química dos mesmos são os fatores de maior influência sobre as características do polímero formado (Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Sideridou et al., 2002). Propriedades como reatividade do sistema, contração de polimerização e densidade de ligações cruzadas são influenciadas de maneira significativa pelos componentes do sistema (Anseth et al., 1996; Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Dermann et al., 1982; Gonçalves et al., 2008; Morgan et al., 2000).

Dessa forma, diferentes formulações de compósito poderiam influenciar a adaptação marginal de restaurações, assim como sua união às margens cavitárias. No entanto, embora diversos estudos avaliem a influência da formulação de resinas compostas sobre propriedades físicas (Anseth et al., 1996; Asmussen & Peutzfeldt, 1998; Dermann et al., 1982; Gonçalves et al., 2008; Moraes et al., 2007; Morgan et al., 2000; Sideridou et al., 2002), pouco se sabe sobre a influência da proporção dos diferentes monômeros que compõem a matriz orgânica sobre a adaptação marginal e a resistência de união das restaurações.

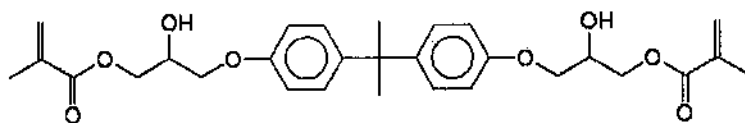
PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da proporção entre os monômeros Bis-GMA, TEGDMA e Bis-EMA sobre a adaptação marginal e resistência de união à estrutura dentária de restaurações confeccionadas utilizando resinas compostas experimentais.

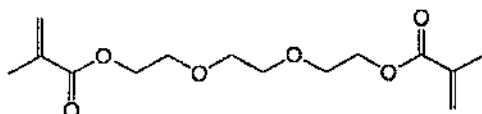
MATERIAL E MÉTODO

Manipulação dos materiais experimentais

Sete formulações de resinas compostas experimentais, baseadas em diferentes concentrações dos monômeros Bis-GMA, TEGDMA E Bis-EMA (Esstech Inc., Essington, PA, USA), foram testadas. A estrutura molecular os monômeros é apresentada na Figura 1. As diferentes formulações são apresentadas na Tabela 1. Os reagentes foram pesados em balança analítica digital (AG-200; Gehaka, São Paulo, SP, Brazil), com precisão de 0,1 mg, em ambiente sem iluminação convencional, apenas com uma lâmpada com filtro amarelo acionada.



Bis-GMA



TEGDMA

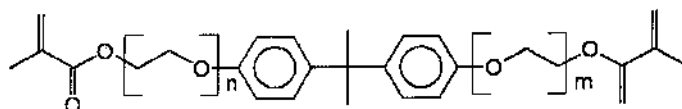


FIGURA 1 – Estrutura molecular dos monômeros utilizados no estudo.

A composição adicional dos materiais apresentava 0,4% em peso do fotoiniciador canforoquinona, 0,8% em peso do co-iniciador N,N-dimetil-*p*-toluidina e 0,1% do inibidor hidroquinona, todos do mesmo fabricante (Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI, EUA). Além disso, 70% em peso de partículas silanizadas de vidro de estrôncio foram incorporadas, com tamanho de 0,7 e 2 μm (1:1 em peso de cada tipo). De maneira a melhorar a homogeneização dos componentes, os materiais foram acondicionados em frascos âmbar e misturados, em baixa-rotação, utilizando misturador automático mecânico sob vácuo.

Tabela 1. Composição dos materiais experimentais utilizados no estudo

Material	Monômeros (% em peso)		
	Bis-GMA	TEGDMA	Bis-EMA
R ₁	50	50	0
R ₂	50	30	20
R ₃	50	10	40
R ₄	50	0	50
R ₅	30	10	60
R ₆	10	10	80
R ₇	0	0	100

Obtenção e preparo dos dentes bovinos

Setenta incisivos bovinos, recentemente extraídos e livres de trincas, foram utilizados no estudo. Os remanescentes periodontais foram removidos com curetas, e os dentes desinfetados em solução de cloramina-T a 0,5% durante sete dias. Após, as raízes foram seccionadas na junção amelo-cementária com disco diamantado de dupla-face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil), sob constante refrigeração à água, e as superfícies vestibular e lingual de cada dente desgastadas em politriz automática, com lixas de carbureto de silício de granulação 120, 220, 400 e 600 (Norton S.A., São Paulo, SP, Brasil), sob constante refrigeração à água, de maneira a expor superfície plana de dentina em ambas as faces.

Preparo das cavidades

Brocas diamantadas tronco-cônicas nº 3131 (KG Sorensen) foram montadas em turbina de alta-rotação (Kavo S.A., Joinville, SC, Brasil) e cavidades tronco-cônicas preparadas na face vestibular dos dentes, com todas as margens em dentina. Os preparos foram padronizados por meio de um dispositivo especial alinhado que permitiu movimentos controlados nas três direções espaciais (Alonso et al., 2004). As brocas foram trocadas a cada cinco preparos a fim de assegurar a eficácia de corte. A cavidade apresentava as seguintes dimensões finais: 2 mm de diâmetro superior, 1,5 mm de diâmetro inferior e 2 mm de altura.

Procedimentos restauradores

O adesivo de frasco único Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) foi aplicado nas cavidades de acordo com as recomendações do fabricante: após condicionamento com ácido fosfórico gel a 35% por 15 s, e lavagem com spray ar/água por 15 s, o excesso de umidade da dentina foi removido com tiras de papel absorvente, e o adesivo aplicado em 2 camadas consecutivas, com secagem com jato de ar por 5 s após cada aplicação. A fotoativação foi realizada por 10 s utilizando fonte de luz de lâmpada halógena de quartzo de tungstênio (XL2500; 3M ESPE), com intensidade de 700 mW/cm^2 , confirmada em medidor de potência (Ophir Optronics, Danvers, MA, EUA).

As restaurações foram então executadas com cada um dos compósitos experimentais apresentados na Tabela 1 ($n = 10$ para cada material). O compósito foi inserido em incremento único e fotoativado durante 40 s. Após armazenamento em água destilada a 37°C por 24 h, as superfícies das restaurações foram polidas com discos de óxido de alumínio (sistema Sof-Lex; 3M ESPE) de granulações média, fina e superfina, e lavadas com spray ar/água por 1 min.

Avaliação da adaptação marginal

Para determinar a adaptação marginal das restaurações, uma gota de solução a 1% de vermelho ácido em propileno glicol (Caries Detector; Kuraray,

Osaka, Japão) foi aplicada por 5 s nas margens restauradoras (Alonso et al., 2004; Alves et al., 2008). Após lavagem dos espécimes em água corrente e leve secagem com ar, as margens cavitárias foram avaliadas em lupa estereoscópica (MZ6; Leica Microsystems, Heerbrugg, Suíça), sob um aumento de 16x: uma imagem digital para cada espécime foi obtida por meio de câmera fotográfica acoplada à lupa. A extensão das margens coradas ao longo das cavidades foi mensurada a partir das imagens, utilizando o software Image Tool 3.0 (University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX, EUA). A adaptação marginal foi registrada como o percentual de margem corada em relação à extensão total da margem, e os dados submetidos a Análise de Variância e teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Teste de resistência de união

A resistência de união às paredes cavitárias foi avaliada por meio de teste *push-out*, utilizando as mesmas cavidades restauradas. As amostras foram adaptadas a um aparato metálico que apresentava abertura e permite posicionar o menor diâmetro da restauração em contato com um dispositivo esférico conectado à célula de carga da máquina de ensaios mecânicos (modelo 4411; Instron Inc., Canton, MA, EUA).

As amostras foram carregadas sob força compressiva na superfície de menor diâmetro da restauração, até a ruptura da união dente-compósito, com velocidade de 0,5 mm/min. Os valores foram calculados em MPa, por meio da razão entre a carga máxima registrada e a área da superfície de união

(paredes internas da cavidade) de cada espécime, e os dados submetidos a Análise de Variância e teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$).

Avaliação dos modos de falha

Após o teste de resistência de união, as amostras fraturadas foram examinadas em microscopia ótica (MZ6; Leica Microsystems) sob um aumento de 40x, e as falhas classificadas como adesivas, coesivas no compósito ou mistas envolvendo compósito, dentina e adesivo.

RESULTADOS

Os resultados da análise de adaptação marginal estão apresentados na Tabela 2. A análise estatística identificou diferenças significativas entre os grupos: R_1 apresentou valor de adaptação marginal significativamente menor que R_6 ($p < 0,05$), enquanto os demais grupos apresentaram resultados similares entre si ($p > 0,05$). A Figura 2 apresenta exemplo de espécimes representativos com margem íntegra (A) e margem corada (B).

Tabela 2. Médias (desvio-padrão) para adaptação marginal e resistência de união

Material	Adaptação marginal (%)	Resistência de união
R ₁	78 (13) ^b	23,4 (7,2) ^c
R ₂	81 (15) ^{ab}	28,1 (7,5) ^{bc}
R ₃	83 (13) ^{ab}	30,4 (6,7) ^{abc}
R ₄	84 (11) ^{ab}	31,6 (4,3) ^{ab}
R ₅	85 (15) ^{ab}	37,2 (5,8) ^a
R ₆	89 (13) ^a	33,2 (7,2) ^{ab}
R ₇	84 (11) ^{ab}	33,0 (7,8) ^{ab}

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

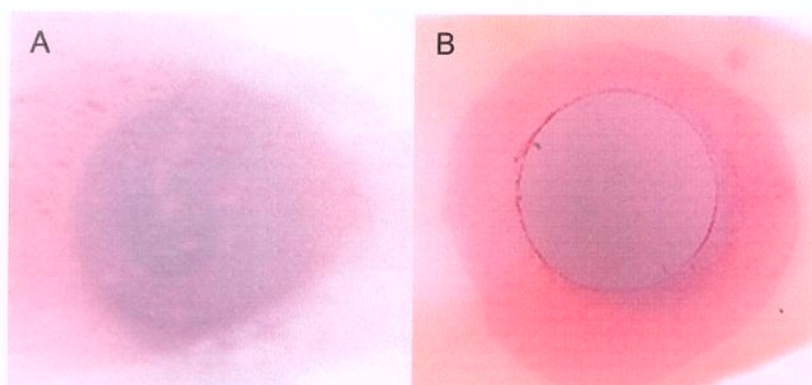


FIGURA 2 – Espécimes representativos com margem íntegra (A) e margem corada (B).

Os resultados do teste de resistência de união são também apresentados na Tabela 2. A análise estatística detectou diferenças significativas entre os grupos. Em geral, a substituição de TEGDMA por Bis-EMA ocasionou aumento na resistência de união às paredes cavitárias: os materiais R_1 e R_2 apresentaram valores de resistência de união significativamente inferiores aos materiais R_{4-7} ($p < 0,05$), porém similares ao compósito R_3 . Por outro lado, a substituição de Bis-GMA por Bis-EMA não apresentou influência significativa na resistência de união: os grupos R_{4-7} apresentaram resultados estatisticamente similares entre si ($p > 0,05$).

Os resultados do modo de falha são apresentados na Tabela 3. Para os grupos em que o monômero Bis-EMA substituiu o TEGDMA, a maioria das falhas foi considerada mista, exceto para R_1 , o qual apresentou predominantemente falhas adesivas. Em relação aos grupos em que Bis-GMA foi substituído por TEGDMA, um aumento da quantidade de falhas coesivas foi em geral detectado.

Tabela 3. Resultados da análise dos modos de falha

Material	Modo de falha		
	Adesiva	Mista	Coesiva no compósito
R ₁	50%	40%	10%
R ₂	30%	50%	20%
R ₃	30%	60%	10%
R ₄	30%	50%	20%
R ₅	30%	40%	30%
R ₆	30%	40%	30%
R ₇	20%	30%	50%

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostram que houve maior desadaptação marginal para o material com maior quantidade de TEGDMA (e sem Bis-EMA) em relação ao material apresentando apenas 10% em peso de TEGDMA. A adaptação do compósito restaurador às margens do preparo cavitário está relacionada principalmente à contração do compósito, que gera tensão na interface adesiva durante a polimerização (Braga et al., 2005), possivelmente ocasionando descontinuidade da adaptação. A explicação para

este resultado se baseia em estudos anteriores que indicam que a presença de grandes quantidades de TEGDMA na fase orgânica de compósitos ocasiona maior contração e maior geração de tensão durante a polimerização (Anseth et al., 1996; Dermann et al., 1982). O monômero TEGDMA apresenta baixo peso molecular e é muito flexível no sistema restaurador, o que causa maior conversão ligações duplas, porém também gera maior contração e tensão.

Por outro lado, a substituição de Bis-GMA por Bis-EMA não apresentou influência significativa na integridade marginal das restaurações. Duas hipóteses podem explicar este resultado: [1] estes monômeros apresentam estrutura molecular semelhante (Figura 1) e, conforme demonstrado em estudos recentes, resinas compostas baseadas em Bis-GMA e Bis-EMA apresentam grau de conversão e contração similares (Goncalves et al., 2008; Moraes et al., 2007); [2] os valores de tensão de polimerização estão relacionados principalmente ao módulo de elasticidade do compósito, sendo que maiores valores de tensão estão geralmente relacionados a maiores valores de módulo, e a adição de Bis-EMA já demonstrou não alterar o módulo de elasticidade de compósitos baseados em Bis-GMA (Moraes et al., 2007).

Embora profundidade de penetração e extensão das fendas sejam normalmente avaliadas em estudos de adaptação marginal, a presença de fendas, independente da extensão ou profundidade das mesmas, pode ser o primeiro sinal de falha da restauração (Alonso et al., 2004; Alves et al., 2008). Devido a limitação de estudos *in vitro*, fica difícil prever se a observação de margens coradas pode indicar ou não melhor desempenho clínico para determinadas restaurações. No entanto, a presença de fendas pode estar

relacionada a infiltração das margens restauradoras, degradação da interface adesiva ou mesmo manchamento extrínseco e sensibilidade pós-operatória. Dessa forma, é aconselhável a utilização de técnicas e/ou materiais restauradores capazes de promover adequada adaptação às margens cavitárias (Alves et al., 2008; Obici et al., 2002).

Em relação à resistência de união, verificou-se que, em geral, a substituição de TEGDMA por Bis-EMA ocasionou aumento na resistência adesiva às paredes cavitárias. Novamente, este resultado está provavelmente relacionado à menor geração de tensão de polimerização para os materiais contendo menor quantidade de TEGDMA (Anseth et al., 1996). Uma vez que menor contração e menos tensão são geradas, a competição entre a união do sistema adesivo às paredes cavitárias e ao material restaurador é menor, havendo aumento na resistência adesiva das restaurações. Além disso, para os grupos em que o monômero Bis-EMA substituiu TEGDMA, a maioria das falhas foi considerada mista, exceto para R_1 , que apresentou predominantemente falhas adesivas. Estas falhas adesivas também estão relacionadas à maior tensão gerada por R_1 , ocasionando descontinuidade da união ao longo da interface dente-compósito durante o teste *push-out*.

Por outro lado, a substituição de Bis-GMA por Bis-EMA não apresentou influência significativa na resistência de união. Este achado está de acordo com os resultados da análise de adaptação marginal, quando também não foram verificadas diferenças para os materiais em que o monômero Bis-GMA foi substituído por Bis-EMA. Conforme citado anteriormente, esses dois monômeros apresentam estrutura molecular semelhante e, dessa forma, similar

conversão, contração e módulo de elasticidade (Gonçalves et al., 2008; Moraes et al., 2007), o que explica os resultados similares verificados neste estudo. No entanto, na medida em que Bis-GMA foi substituído por Bis-EMA, um aumento da quantidade de falhas coesivas no compósito foi em geral detectado. Isto pode ser explicado pelo fato de que a presença dos grupamentos hidroxila na molécula do Bis-GMA ocasiona formação de pontes de hidrogênio intramoleculares, o que restringe a mobilidade das cadeias de polímeros e enrijece a rede polimérica tridimensional, levando a um aumento da resistência mecânica de materiais baseados em Bis-GMA (Sankarapandian et al, 1997). A ausência dos grupamentos hidroxila gera menor resistência mecânica para polímeros derivados de Bis-EMA.

Os resultados do presente estudo demonstram que a adição de Bis-EMA e substituição de TEGDMA e/ou Bis-GMA pode influenciar tanto a integridade marginal das restaurações como a resistência de união às paredes cavitárias. Dessa forma, formulação de compósitos restauradores contendo os três monômeros em questão parecem ser indicadas. No entanto, os resultados do presente estudo não levam em consideração outros fatores que podem influenciar o desempenho clínico de compósitos restauradores, como o efeito da fadiga mecânica e da sorção de água pelo material restaurador na adaptação marginal ao longo do tempo e na longevidade da união. Sendo assim, estudos laboratoriais e clínicos adicionais devem ser realizados.

CONCLUSÃO

A substituição de TEGDMA por Bis-EMA ocasionou melhoria na integridade das margens restauradores e aumento nos valores de resistência de união, enquanto a substituição de Bis-GMA não apresentou influência significativa na adaptação marginal ou resistência adesiva, porém ocasionou aumento na quantidade de falhas coesivas no compósito.

REFERÊNCIAS

1. Alonso RC, Cunha LG, Correr GM, de Goes MF, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM, Sinhoreti MA. Association of photoactivation methods and low modulus liners on marginal adaptation of composite restorations. *Acta Odontol Scand* 2004; 62:298-304.
2. Alonso RC, Correr GM, Cunha LG, De Moraes Souto Pantoja CA, Puppini-Rontani RM, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods-Effect on marginal and internal gap formation of restorations using different restorative composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007; 82:346-51.
3. Alves E, Alonso RC, Correr GM, Correr AB, Moraes RR, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L. Transdental photo-activation technique: hardness and marginal adaptation of composite restorations using different light sources. *Oper Dent* 2008; 33:421-5.

4. Anseth KS, Goodner MD, Reill MA, Kannurpatti AR, Newman SM, Bowman CN. The influence of comonomer composition on dimethacrylate resin properties for dental composites. *J Dent Res* 1996; 75:1607-12.
5. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater* 1998; 14:51-6.
6. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA. Effect of ramped light intensity on polymerization force and conversion in a photoactivated composite. *J Esthet Dent* 2000; 12: 328-9.
7. Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization contraction stress in resin-composites: A systematic review. *Dent Mater* 2005; 21: 962-70.
8. Cunha LG, Alonso RC, Pfeifer CS, Correr-Sobrinho L, Ferracane JL, Sinhoreti MA. Modulated photoactivation methods: Influence on contraction stress, degree of conversion and push-out bond strength of composite restoratives. *J Dent* 2007; 35(4): 318-24.
9. Dermann K, Rupp NW, Brauer GM. Effect of hydrophilic diluents on the properties of cured composites. *J Dent Res* 1982; 61:1250-4.

10. Ernst CP, Brand N, Frommator U, Rippin G, Willershausen B. Reduction of polymerization shrinkage stress and marginal microleakage using soft-start polymerization. *J Esthet Restor Dent* 2003; 15:93-103.
11. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater* 2005; 21:36-42.
12. Gonçalves F, Pfeifer CS, Ferracane JL, Braga RR. Contraction stress determinants in dimethacrylate composites. *J Dent Res* 2008; 87:367-71.
13. Lim BS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Condon JR. Reduction of polymerization contraction stress for dental composites by two-step light-activation. *Dent Mater* 2002; 18:436-44.
14. Moraes RR, Ogliari FA, Piva E, Petzhold CL, Sinhoreti MA, Corrêa-Sobrinho L. Influência do monômero Bis-EMA4 sobre propriedades de cimentos resinosos experimentais. *Braz Oral Res* 2007; 21:194.
15. Morgan DR, Kalachandra S, Shobha HK, Gunduz N, Stejskal EO. Analysis of a dimethacrylate copolymer (bis-GMA and TEGDMA) network by DSC and ¹³C solution and solid-state NMR spectroscopy. *Biomaterials* 2000; 21:1897-903.

16. Obici AC, Sinhoreti MA, de Goes MF, Consani S, Sobrinho LC. Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites. *Oper Dent* 2002; 27:192-8.
17. Sankarapandian M, Shobha HK, Kalachandra S, McGrath JE, Taylor DF. Characterization of some aromatic dimethacrylates for dental composite applications. *J Mater Sci Mater Med* 1997; 8:465-8.
18. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2002; 23:1819-29.
19. Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. *Dent Mater* 2001; 17:359-66.
20. Witzel MF, Calheiros FC, Goncalves F, Kawano Y, Braga RR. Influence of photoactivation method on conversion, mechanical properties, degradation in ethanol and contraction stress of resin-based materials. *J Dent* 2005; 33: 773-9.