



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso

Aluno: Rodrigo Pinheiro Cunha

Orientador: Américo Bortolazzo Corrêa

Ano de Conclusão do Curso: 2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
MATERIAIS DENTÁRIOS



RODRIGO PINHEIRO CUNHA

**INFLUÊNCIA DO TEMPO ENTRE OS INCREMENTOS SOBRE A
RESISTÊNCIA COESIVA DE COMPÓSITOS RESTAURADORES**

PIRACICABA
2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

MATERIAIS DENTÁRIOS

RODRIGO PINHEIRO CUNHA

**INFLUÊNCIA DO TEMPO ENTRE OS INCREMENTOS SOBRE A
RESISTÊNCIA COESIVA DE COMPÓSITOS RESTAURADORES**

*MICROTENSILE STRENGTH OF INCREMENTS OF RESIN
COMPOSITES INSERTED AFTER DIFFERENT DELAY TIMES*

Orientador: Prof. Dr. Américo Bortolazzo Correr

PIRACICABA

2011

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

C914i Cunha, Rodrigo Pinheiro, 1979-
Influência do tempo entre os incrementos sobre a
resistência coesiva de compósitos restauradores /
Rodrigo Pinheiro Cunha. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Américo Bortolazzo Correr.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

1. Polímero. 2. Fotopolimerização. 3. Resistência a
tração. I. Correr, Américo Bortolazzo, 1981- II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Agradecimentos

A Deus, que devo a minha vida e todas minhas conquistas.

Agradeço à minha família entre eles, meus pais, Sandra e Sydney e meus irmãos, Rafael e Tiago, que com seu carinho, apoio e dedicação e amizade nos acompanharam nesta jornada, dando força e incentivo nos momentos em que mais necessitava.

Agradeço a minha namorada Luciana pelo apoio, carinho e amor.

Aos amigos de faculdade, André Prezotto, André Pinho, Conrado Caetano, Igor Claes, Bruno Biraes, Roberto Dinelli, Flávio Azevedo, Tiago Tavares, Viviane Gatti, Estela Biazotto, Ana Carolina Pesciallo e Julia Campana, pela amizade, atenção e companherismo .

Ao orientador Prof. Dr. Américo Bortolazzo Correr, pelo grande apoio, incentivo constante e segurança na orientação deste trabalho.

RESUMO

O objetivo neste estudo foi verificar o efeito do tempo decorrido entre a inserção de duas camadas de resina composta sobre a resistência coesiva destes materiais restauradores. Espécimes em forma de ampulheta dos compósitos resinosos Filtek Z350 XT e Filtek P90 foram confeccionados em matriz metálica bipartida. No grupo 1 o compósito foi inserido em camada única. Nos grupos 2, 3 e 4 o compósito foi inserido em duas camadas, sendo 10, 20 e 40 segundos o tempo decorrido entre a inserção da primeira e segunda camadas, respectivamente. A fotoativação de cada camada foi realizada por 40 segundos utilizando o aparelho de LED Ultralume 5, que possui irradiância de 900 mW/cm². A resistência coesiva foi avaliada pelo ensaio de microtração na máquina de ensaio EZ test (Shimadzu) com velocidade de 1mm/min. Os dados foram submetidos a análise de variância dois fatores e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que a resina Filtek P90 apresentou resistência coesiva significativamente maior que a resina Filtek Z350 XT. Não houve diferença significativa para os diferentes tempos de espera entre os incrementos; entretanto, os grupos 2, 3 e 4 apresentaram resistência coesiva significativamente menor que o grupo inserido em incremento único ($p < 0,05$). Conclui-se que os compósitos inseridos em incremento único apresentaram a maior resistência coesiva; entretanto, a resistência coesiva não foi influenciada pelo tempo de espera entre os incrementos de resina. O compósito Filtek P90 apresentou resistência coesiva superior ao compósito Filtek Z350 XT.

Palavra-chave: polímero, fotopolimerização, Resistência a Tração

ABSTRACT

The aim in this study was to evaluate the effect of delay time between two layers of resin composite on ultimate tensile strength. Hourglass shape specimens of composites Filtek Z350 XT e Filtek P90 were made in a metallic mold. In the group 1 the composite was inserted in bulk. In groups 2, 3, and 4 the composite was inserted in two layers with 10, 20, and 40 seconds of delay time between the first and second layer of composite. Photoactivation was performed for 40 seconds with XL2500. The ultimate tensile strength (UTS) was evaluated in a universal testing machine EZ test (Shimadzu) with 1mm/min crosshead speed. Data were submitted to two-way ANOVA and Tukey's test with 5% significance level. Filtek P90 showed UTS significantly higher than Filtek Z350 XT. There was no significant difference among the delay time between increments; however, the composite resin inserted in bulk showed higher UTS than the others groups ($p>0.05$). The composite resin inserted in bulk showed the highest ultimate tensile strength. The delay time between composite layers did not influence the ultimate tensile strength. Filtek P90 showed the highest ultimate tensile strength.

Key-word: polymer, photopolymerization, Tensile Strength.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. PROPOSIÇÃO	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
Fonte de luz	5
Resistência coesiva (ensaio de microtração)	6
Análise estatística	9
4. RESULTADOS	10
5 .DISCUSSÃO	12
6. CONCLUSÃO.....	17
7. REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

A adesão em Odontologia foi possível graças a Buonocore, que em 1955 preconizou o condicionamento ácido do substrato dental (Buonocore, 1955).

Os compósitos restauradores atuais foram desenvolvidos no início da década de 60, quando Bowen desenvolveu compósitos utilizando o BisGMA (2,2-bis[4-(2-hidroxi-3-metacriloxipropoxi)fenil]-propano) com partículas inorgânicas (Bowen, 1963). As resinas compostas para restauração são compostas basicamente por três componentes: a matriz orgânica, as partículas de carga e os agentes para reforçar a união entre a matriz orgânica e as partículas de carga, o silano (Anusavice, 2005).

Desde sua introdução na Odontologia, muitas modificações foram realizadas nas partículas de carga e matriz orgânica das resinas compostas. Até recentemente, as mudanças mais importantes dos compósitos envolveram as partículas de carga, que apresentaram redução de tamanho com o objetivo de produzir materiais de polimento mais fácil e que se mantêm ao longo do tempo, apresentando maior resistência ao desgaste (Ferracane, 2011).

As partículas inorgânicas (carga) passaram por modificação quanto à composição, tamanho, quantidade e tratamento de superfície. Nas primeiras resinas compostas as partículas possuíam tamanho que excediam 50 micrometros. Estas resinas possuíam resistência adequada, mas eram difíceis de serem polidas e quase impossíveis de manter o polimento ao longo do tempo. Atualmente, as resinas compostas estão na era da nanotecnologia, e as partículas apresentam tamanho nanométrico (1 a 100 nm). Quanto à composição, as primeiras resinas eram constituídas por partículas de quartzo. Atualmente, as resinas apresentam partículas de quartzo, sílica, zircônio-sílica ou vidro de bário-alumínio-silicato. O tamanho médio das partículas varia de 0,4 micrometros até a escala nanométrica, com nanoaglomerados de partículas de 20 nanômetros.

A matriz orgânica dos compósitos odontológicos é constituída por monômeros sintéticos, inibidores, pigmentos, iniciadores e ativadores que promovem a fotoativação da matriz orgânica para formar a rede polimérica com

ligações cruzadas. Entretanto, os principais componentes da matriz orgânica são os monômeros a base de metacrilato, sendo o BisGMA o principal deles.

Entretanto, o BisGMA apresenta alta viscosidade, sendo diluído com monômeros mais fluidos para proporcionar viscosidade adequada da mistura, e melhorar algumas propriedades, agindo na formação de ligações cruzadas e no grau de conversão (Ferracane, 1995; Asmussen & Peutzfeldt, 1998). O TEGDMA, que é menos viscoso e tem excelente característica de copolimerização é freqüentemente utilizado como monômero diluente. Outros monômeros também são utilizados, como o UDMA e o BisEMA, que apresentam maior peso molecular que o TEGDMA, diminuindo a contração de polimerização (Yap *et al.*, 2000).

O uso da resina composta restauradora foi amplamente aceito na Odontologia desde a década de 60. Apesar das modificações realizadas na formulação das resinas compostas para melhorar o seu desempenho clínico, elas ainda estão longe do ideal. Todas as resinas compostas a base de metacrilato contraem em maior ou menor extensão durante a polimerização. Esta contração volumétrica em média varia de 2 a 14 % (Emami *et al.*, 2003). A contração está diretamente relacionada ao grau de conversão das resinas a base de metacrilato.

Durante a contração de polimerização são geradas tensões que podem romper a união entre o material restaurador e o substrato dental. Com o passar do tempo, através da mastigação e das variações térmicas no ambiente oral, ocorre a fadiga no material, podendo ocasionar a infiltração marginal, recidiva de cárie e inflamação pulpar.

Há duas estratégias para reduzir a contração de polimerização: uma é reduzir os sítios reativos por unidade de volume e o outro é utilizar diferentes tipos de monômeros. A fim de melhorar o desempenho clínico e diminuir os efeitos deletérios provenientes da contração de polimerização, recentemente foi introduzido no mercado um compósito restaurador contendo em sua formulação outro tipo de monômero, o silorano. Durante a reação de polimerização deste compósito ocorre um processo de abertura de anéis que compensa a contração de polimerização (Ilie *et al.*, 2007) e diminui a deflexão de cúspides (Palin *et al.*, 2005). Outra característica deste monômero é a maior hidrofobicidade comparado aos monômeros a base de metacrilato, que confere

maior estabilidade hidrolítica destes materiais quando expostos aos fluidos bucais (Eick *et al.*, 2006).

O monômero metacrilato é um sistema que polimeriza através de uma reação do radical livre baseada em exposição a uma fonte de luz de alta irradiância, com comprimento de onda específico para o fotoiniciador presente na resina composta. Neste tipo de reação o oxigênio é um potente inibidor, reagindo com os radicais e formar radicais peróxido não-reativos, retardando ou inibindo a polimerização. Durante a fotoativação ocorre a formação de uma camada de inibição pelo oxigênio que varia de 4 a 40 micrometros, como resultado do aumento da afinidade dos radicais livres para o oxigênio, retardando a formação de polímero nas camadas profundas de resina polimerizadas na presença de oxigênio (Rueggeberg & Margeson, 1990; Finger *et al.*, 1996).

Para a resina composta Filtek P90, baseada no monômero silorano, devido ao processo de polimerização ocorrer via catiônica, não ocorre camada de inibição pelo oxigênio. A união entre camadas consecutivas de resina depende apenas da reatividade do material (Tezvergil-Mutluay *et al.*, 2008). Entretanto, tem sido verificado que a união entre camadas sucessivas da resina Filtek P90 é deficiente. Portanto, seria interessante verificar a influência do tempo decorrido entre a inserção de camadas consecutivas desta resina composta.

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste estudo foi verificar os efeitos do tempo de espera entre a inserção de duas camadas de compósito resinoso na resistência coesiva (microtração) de um compósito convencional e um compósito de baixa contração, com matriz orgânica diferente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados os compósitos resinosos Filtek P90 e Filtek Z350 (Figura 1), cor A2, cujas composições estão descritas no Quadro 1.



Figura 1. Compósitos resinosos Filtek Z350 e Filtek P90.

Quadro 1. Composição dos sistemas de união e compósitos resinosos.

Material	Composição	Lote	Fabricante
Filtek Z350 XT	BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA, nanopartículas de zircônia/sílica, fotoiniciador	N205916BR	3M/ESPE
Filtek P90	Siloxanos, epóxi-mono-silanos, epóxi di e oligosiloxanos, quartzo, trifluoreto de ítrio	9CJ	

BisGMA: bisfenol A glicidil dimetacrilato; BisEMA: bisfenol A dimetacrilato etoxilado; UDMA: uretano dimetacrilato; TEGDMA: trietilenoglicol dimetacrilato.

3.1. Fonte de luz

Antes do início dos estudos, a irradiância do aparelho de luz emitida por diodo (LED) Ultralume 5 (Ultradent) (Figura 2) foi verificada com um potenciômetro Ophir 10A-V2-SH (Ophir Optronics, Har Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel) acoplado a um microprocessador NOVA (Ophir Optronics, Har Hotzvim, P.O.B. 45021, Jerusalém 91450, Israel), o qual forneceu a potência do aparelho em mW. Com o auxílio de um paquímetro, o diâmetro da ponta ativa do aparelho foi medida e a partir do cálculo da área dessa ponta (mm^2), a irradiância foi calculada em mW/cm^2 . Esse aparelho apresentou irradiância de $900 \text{ mW}/\text{cm}^2$.



Figura 2. Aparelho de LED Ultralume 5 (Ultradent)

3.2. Resistência coesiva (ensaio de microtração)

Para o ensaio de resistência coesiva foi utilizada uma matriz metálica bipartida (Figura 3).

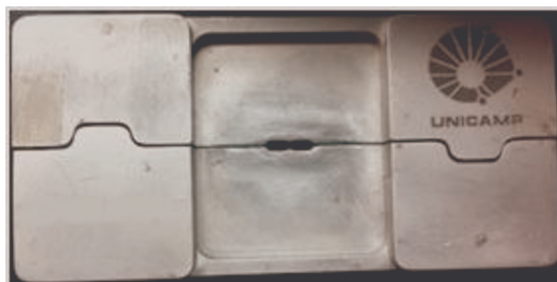


Figura 3. Matriz metálica bipartida

Os espécimes foram confeccionados com formato de ampulheta nas dimensões de 9 mm de comprimento, 2 mm de largura, 1 mm de largura na região de constrição e 1 mm de espessura (Figura 4).



Figura 4. Amostra em formato de ampulheta utilizada no ensaio de resistência a microtração.

A confecção dos espécimes foi realizada em sala com temperatura ($23 \pm 1^\circ\text{C}$) e umidade ($50 \pm 2\%$) controladas. Quarenta amostras do compósito

resinoso Filtek Z350 XT e quarenta amostras do compósito resinoso Filtek P90, ambos na cor A2, foram preparados.

A matriz metálica foi posicionada sobre uma placa de vidro e os espécimes do grupo 1 inseridos em incremento único utilizando espátula de inserção. Após a inserção foi posicionada uma tira de poliéster para adaptar o material na matriz e remover o excesso de compósito. A fotoativação foi realizada por 40 segundos com aparelho XL2500 (Figura 5)



Figura 5. Compósitos inseridos em incremento único utilizando espátula de inserção.

No grupo 2 o compósito foi inserido em duas camadas. A primeira camada de compósito foi inserida até preencher metade da matriz até a região de constricção (Figura 6).



Figura 6. Compósitos inseridos em incrementos, sendo a segunda camada inserida 10s, 20s ou 40 s após a primeira.

A fotoativação foi realizada por 40 segundos. Decorridos 10 segundos da fotoativação da primeira camada foi inserida a segunda camada de compósito até preencher toda a matriz e fotoativada por 40 segundos. Nos grupos 3 e 4 foram realizados os mesmos procedimentos relatados para o grupo 2, diferindo somente o tempo decorrido entre a inserção da primeira e

confeccionadas dez (10) amostras para cada grupo. segunda camadas, que foi 20 e 40 segundos, respectivamente. Foram

Após a fotoativação, as amostras foram polidas manualmente com lixas de carbeto de silício de granulações 600 em politriz automática APL-4 (Arotec Ind. Com., Cotia – SP, 06709-150, Brasil), com refrigeração a água. As amostras foram armazenadas em estufa a 37°C e 100% de umidade relativa durante 24h. Decorrido este período, as amostras em forma de ampulheta foram fixadas com cola de cianoacrilato (Superbond, Loctite) em dispositivo para o ensaio de resistência coesiva por microtração. Após a presa da cola de cianoacrilato a análise da resistência coesiva foi realizada em máquina de ensaio (EZ test, Shimadzu) com velocidade de secção transversal de 1 mm/min até a falha (Figura 7A e Figura 7B). Após a fratura a largura e a espessura das amostras foi verificada com paquímetro digital Digimatic Caliper (Mitutoyo) com precisão de 0,01mm, para cálculo da resistência coesiva, através da seguinte fórmula:

$$R = F/b \cdot h,$$

onde, R é a resistência coesiva (MPa), F é a força de fratura (N), b a largura (mm) e h a espessura (mm) do espécime na região de constrição.



Figura 7. A - Máquina de ensaios EZ test utilizada na avaliação da resistência coesiva por microtração. B – Vista aproximada do dispositivo utilizado para o ensaio de resistência coesiva com ampulheta fixada.

3.3. Análise estatística

Os dados (MPa) foram submetidos à Análise de Variância dois fatores (material e tempo) e ao teste de Tukey com nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

Os resultados da análise de variância dois fatores mostraram que houve diferença significativa para o fator tempo ($p < 0,001$), material ($p < 0,001$), mas não para a interação entre os fatores ($p = 0,07$).

A comparação entre o tempo de espera entre a inserção dos incrementos de resina (Tabela 1) mostraram que os maiores valores de resistência coesiva foram apresentados pelo grupo de incremento único (58,5 MPa), significativamente maior que os grupos com 10 s (37,6 MPa), 20s (40,3 MPa) e 40 s (37,7 MPa).

Tabela 1. Resistência coesiva por microtração (MPa) das resinas compostas, variando o tempo de espera entre os incrementos.

Tempo entre incrementos			
Único (controle)	10 segundos	20 segundos	40 segundos
58,5±19,3 ^a	37,6±12,8 ^b	40,3±14,8 ^b	37,7±10,8 ^b

Letras distintas representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

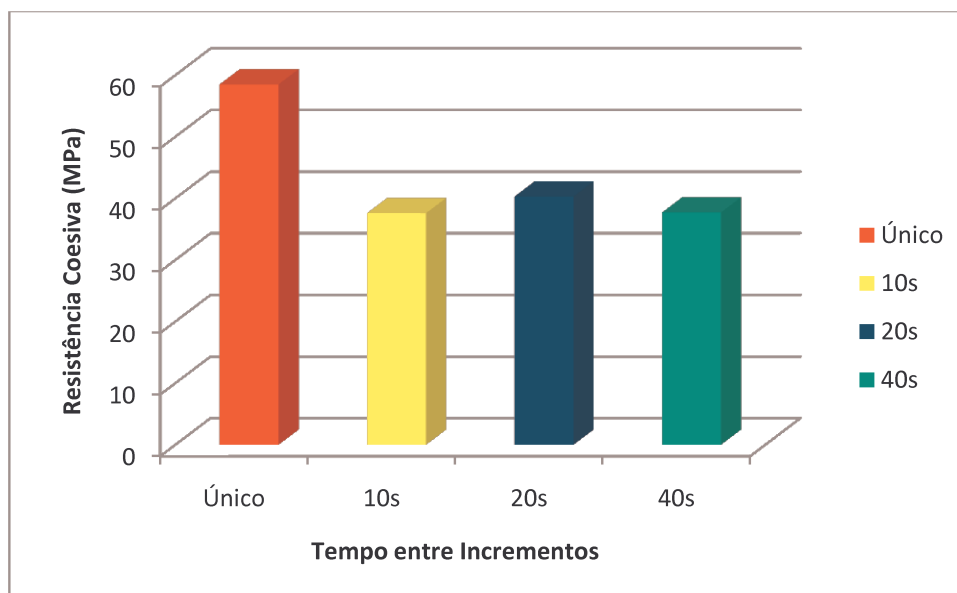


Gráfico 1. Resistência coesiva após diferentes tempos de espera entre os incrementos das resinas compostas.

Entre as resinas (Tabela 2) foi verificado que Filtek P90 (49,2 MPa) apresentou resistência coesiva significativamente maior que Filtek Z350 XT (37,9 MPa).

Tabela 2. Resistência coesiva por microtração (MPa) das resinas compostas Filtek P90 e Filtek Z350 XT.

Filtek P90	Filtek Z350 XT
49,2±17,8 ^a	37,9±14,1 ^b

Letras distintas representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

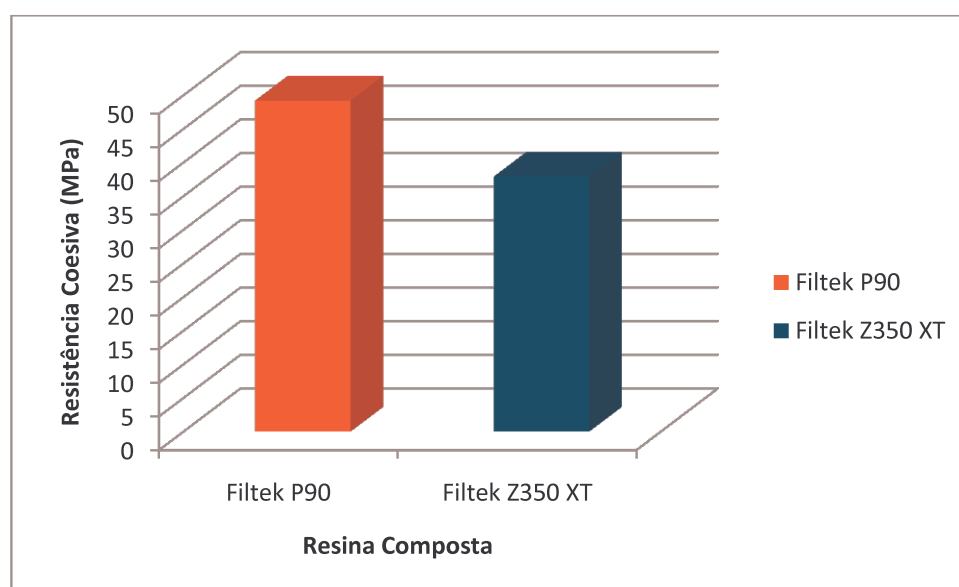


Gráfico 2. Resistência coesiva das resinas compostas Filtek P90 e Filtek Z350 XT.

5. DISCUSSÃO

Os materiais restauradores diretos mais utilizados são as resinas compostas. Dentre suas características estão o coeficiente de expansão térmico similar ao substrato dental, boa característica estética, facilidade de manipulação, resistência mecânica adequada, bom tempo de trabalho e presa (Anusavice, 2005). Entretanto, na reação de polimerização das resinas compostas ocorre a contração volumétrica do material pelo encurtamento dos espaços intermoleculares (Braga *et al.*, 2005). Como consequência da contração de polimerização, tensões são geradas no interior do material e, se não puderem ser dissipadas pelo material, podem se concentrar na interface e romper a união material restaurador/substrato dental (Braga *et al.*, 2005).

Dentre as resinas compostas, as mais utilizadas são as resinas fotoativadas, pela possibilidade do controle do tempo de trabalho e presa inicial. Isto permite ao cirurgião-dentista a realização do procedimento de escultura com tempo prolongado, produzindo restaurações mais satisfatórias. Entretanto, nas resinas compostas fotoativadas, a polimerização é iniciada na presença de luz no espectro azul, e o material apresenta profundidade de polimerização limitada (Correr *et al.*, 2005). Portanto, devido a limitação na profundidade de polimerização das resinas fotoativadas e pela contração durante a polimerização, é recomendado que as resina composta seja inserida em camadas de aproximadamente 2 mm (Correr *et al.*, 2005).

A união entre camadas sucessivas de resina composta é afetada por fatores como rugosidade superficial, reatividade do material, presença da camada inibida pelo oxigênio na superfície da resina, utilização de material intermediário entre os incrementos e natureza química do material utilizado (Li, 1997; Eick *et al.*, 2006). Portanto, o objetivo neste estudo foi verificar a influência do tempo decorrido entre duas camadas adjacentes de uma resina composta a base de metacrilato (Filtek Z350 XT) e uma resina a base de silorano (Filtek P90).

Os resultados mostraram que a resistência a microtração da resina Filtek P90 foi significativamente superior a da Filtek Z350 XT. A análise da composição destes materiais mostra grande diferença para tamanho e tipo de carga, além de apresentarem diferentes características químicas da matriz

orgânica (ver Quadro 1). Quanto às partículas de carga, a resina Filtek P90 possui partículas de quartzo com tamanho entre 0,1 e 2,0 μm (55%v), cuja orientação espacial pode ser descrita como um sólido cristalino de SiO_4 tetraédrico interconectados. Por outro lado, a Filtek Z350 XT é composta por estruturas amorfas de sílica (SiO_2) não cristalina e aglomerados de nanopartículas de zircônia-silica com tamanho médio de 0,6 μm (59,5%v). As diferenças entre a composição das partículas, a dinâmica molecular da carga e a configuração espacial das ligações químicas entre os átomos SiO_4 pode ditar as diferenças entre as propriedades mecânicas das resinas compostas avaliadas (Lien & Vandewalle, 2010).

Outro fator que pode agir como determinante das propriedades de resistência das resinas compostas é a interação entre as partículas inorgânicas e a matriz orgânica. Uma das limitações de uma resina composta é a capacidade da camada de silano transmitir a força entre a carga e a matriz orgânica e dissipar as tensões na rede polimérica (Lien & Vandewalle, 2010). Para as resinas compostas a base de metacrilato (Filtek Z350 XT) o agente de ligação silano possui propriedades intermediárias entre a matriz orgânica e as partículas de carga, favorecendo a melhor transmissão de força entre os dois componentes do material (Anusavice, 2005; Powers & Sakaguchi, 2006). Para a resina Filtek P90 a base de silorano, o agente de ligação entre a matriz resinosa e a carga possui propriedades e características semelhantes aos monômeros da matriz. Assim, pode haver diferenças na capacidade de dissipar as tensões durante os ensaios mecânicos de microtração entre as duas resinas compostas (Lien & Vandewalle, 2010).

Apesar das diferenças entre as partículas de carga e o agente de ligação entre elas e a matriz orgânica, a principal diferença entre as resinas compostas avaliadas neste estudo se baseiam nos monômeros da matriz orgânica. Os monômeros da matriz orgânica da resina Filtek Z350 XT são o BisGMA, BisEMA, UDMA e TEGDMA. BisGMA é um monômero a base de metacrilato de grande peso molecular comumente utilizado como componente principal das resinas odontológicas para restauração. No entanto, a estrutura química do BisGMA, especificamente o grande peso molecular e a presença de anéis aromáticos, resulta em grande viscosidade, dificultando sua manipulação pelos cirurgiões-dentistas (Elliott *et al.*, 2001).

Devido ao alto peso molecular e à presença dos anéis aromáticos, ocorre diminuição da mobilidade das cadeias poliméricas, resultando em grau de conversão relativamente baixo, com uma rede polimérica com menor densidade de ligações cruzadas, influenciando negativamente a resistência física do material (Pfeifer *et al.*, 2009). Para resolver este problema, o BisGMA é geralmente misturado com monômeros de baixo peso molecular, como o TEGDMA e o UDMA, que apresentam maior mobilidade, objetivando diminuir a viscosidade destes materiais.

Eliades & Caputo (1989) relataram que a presença da camada inibida pelo oxigênio entre camadas adjacentes de resina composta reduz substancialmente a resistência na interface entre os incrementos. Diferentes composições químicas resultam em diferentes taxas de difusão de oxigênio na matriz de resina, ocorrendo adsorção de oxigênio sobre a superfície da carga ou facilitando a difusão de oxigênio entre as partículas de carga e a interface matriz resinosa e partícula de carga (Gauthier *et al.*, 2005). A camada de inibição ocorre devido à oxidação dos radicais em espécimes estáveis, conhecidos como peróxidos, que têm baixa reatividade para os monômeros (Andrzejewska, 2001).

A incorporação de monômeros diluentes como TEGDMA e UDMA em resinas odontológicas tem se mostrado um fator-chave na difusão de oxigênio atmosférico no interior do material polimerizado. A diminuição da viscosidade da resina irá resultar em aumento da difusão do oxigênio, aumentando os efeitos inibitórios do oxigênio (Gauthier *et al.*, 2005). A presença de monômeros diluentes, além de aumentar a difusão do oxigênio, aumenta a contração de polimerização do material. Isto provoca maior tensão no material que, se direcionada para a interface entre as duas camadas de resina durante a fotoativação pode reduzir a resistência a microtração e provocar falhas adesivas no material. Portanto, a presença da camada inibida pelo oxigênio e a contração de polimerização podem ser responsáveis pela menor resistência a microtração da resina Filtek Z350 XT quando inserida em duas camadas, comparada à resina Filtek P90.

Em contraste à Filtek Z350 XT, a resina composta Filtek P90 contém monômeros e química de fotoativação diferentes. A resina Filtek P90 é composta por siloxanos, epóxi-mono-silanos, epóxi di e oligosiloxanos. Durante

a polimerização ocorre um processo de abertura de anéis oxiranos que compensa em parte a contração de polimerização, reduzindo a contração volumétrica para aproximadamente 1% (Eick *et al.*, 2007). Cabrera & de La Macorra (2007) relataram que a resistência de união é influenciada pela contração de polimerização da resina composta. Portanto, a menor contração de polimerização também pode explicar os melhores resultados apresentado pela resina Filtek P90 comparada a Filtek Z350 XT, cuja contração é superior (2 a 3 %v).

Como relatado anteriormente, a polimerização da Filtek P90 ocorre via abertura dos anéis oxiranos da molécula, sendo que nesta reação não existe camada de inibição de oxigênio na superfície do compósito após a polimerização no ar (Tezvergil-Mutluay *et al.*, 2008). Entretanto, para que a resina Filtek P90 possa ser utilizada como material restaurador direto, ela deve ter a habilidade de ser polimerizada por fontes de luz convencionais. Isto é atingido pelo processo de transferência de elétrons, onde o processo de fotossensibilização pela canforoquinona e amina resulta em estado *exciplex*, sendo este estágio intermediário entre o sal de iodônio e o fotossensibilizante (Andrzejewska, 2001). Portanto, a polimerização da Filtek P90 é mediada por dois processos separados, um estágio inicial via radicais livres e um subsequente via reação catiônica (Weinmann *et al.*, 2005), sendo esta reação passível de inibição pelo oxigênio.

Shawkat *et al.* (2009) verificaram a presença de camada inibida pelo oxigênio na superfície dos compósitos a base de metacrilato e silorano. Entretanto, diferentemente de Eliades & Caputo (1989), relataram que a presença da camada inibida não influenciou na resistência adesiva entre as camadas de resina composta. Portanto, a diminuição da resistência a microtração quando a resina Filtek P90 foi inserida em incrementos foi provavelmente dependente da reatividade do material, que diminui com o tempo. Tem sido relatado diminuição gradual na atividade dos radicais livres ao longo do tempo (Burtscher, 1993), que pode afetar a resistência de união entre camadas subsequentes compósito-compósito. Tezvergil-Mutluay *et al.* (2008) verificaram diminuição da resistência de união entre camadas sucessivas da resina a base de silorano e aumento das falhas adesivas quando o tempo entre camadas sucessivas de resina foi de 5 minutos, mas sem diferença significativa

para 20 segundos. Os autores sugeriram que devido à diminuição da atividade dos radicais com o passar do tempo, a resistência de união poderia ser afetada. Portanto, os resultados encontrados para os períodos de espera de 10, 20 e 40 segundos para a inserção da segunda camada de resina pode ter sido pequeno para que redução significativa fosse observada na reatividade do material entre esses períodos de tempo.

Do mesmo modo que para a resina Filtek Z350 XT, quando a resina Filtek P90 foi inserida em duas camadas houve redução significativa na resistência a microtração. Esta diminuição na resistência de união pode ser explicada pela diminuição na concentração de radicais livres presentes no Filtek P90, devido à polimerização catiônica do material. Outro fator responsável pelo pior desempenho das amostras confeccionadas em camadas pode estar relacionado à viscosidade do material. Como a Filtek P90 é um material relativamente viscoso, isto pode dificultar a penetração da segunda camada de resina nas irregularidades e microdefeitos da superfície presentes na primeira camada, diminuindo a resistência a microtração.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a resistência a microtração foi dependente da resina composta, sendo os maiores valores apresentados pela Filtek P90. O tempo de espera entre a inserção dos incrementos de resina composta não influenciou a resistência a microtração, mas a inserção em duas camadas diminuiu a resistência a microtração dos materiais.

7. REFERÊNCIAS

Andrzejewska E. Photopolymerization kinetics of multifunctional monomers. *Progress in Polymer Science*. 2001; 26(4): 605-65.

Anusavice KJ. *Phillips Materiais Dentários*. 11 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater*. 1998; 14(1): 51-6.

Bowen RL. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc*. 1963; 66(57-64).

Braga RR, Ballester RY, Ferracane JL. Factors involved in the development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mater*. 2005; 21(10): 962-70.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955; 34(6): 849-53.

Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater*. 1993; 9(4): 218-21.

Cabrera E, de la Macorra JC. Polymerization shrinkage influences microtensile bond strength. *J Dent Res*. 2007; 86(3): 227-31.

Correr AB, Sinhoreti MA, Sobrinho LC, Tango RN, Schneider LF, Consani S. Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and xenon plasma arc. *Braz Dent J*. 2005; 16(3): 218-24.

Eick JD, Kotha SP, Chappelow CC, Kilway KV, Giese GJ, Glaros AG, *et al.* Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dent Mater.* 2007; 23(8): 1011-7.

Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. *J Dent.* 2006; 34(6): 405-10.

Eliades GC, Caputo AA. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *J Prosthet Dent.* 1989; 61(1): 31-8.

Elliott JE, Lovell LG, Bowman CN. Primary cyclization in the polymerization of bis-GMA and TEGDMA: a modeling approach to understanding the cure of dental resins. *Dent Mater.* 2001; 17(3): 221-9.

Emami N, Soderholm KJ, Berglund LA. Effect of light power density variations on bulk curing properties of dental composites. *J Dent.* 2003; 31(3): 189-96.

Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1995; 6(4): 302-18.

Ferracane JL. Resin composite - state of the art. *Dent Mater.* 2011; 27(1): 29-38.

Finger WJ, Lee KS, Podszun W. Monomers with low oxygen inhibition as enamel/dentin adhesives. *Dent Mater.* 1996; 12(4): 256-61.

Gauthier MA, Stangel I, Ellis TH, Zhu XX. Oxygen inhibition in dental resins. *J Dent Res.* 2005; 84(8): 725-9.

Ilie N, Jelen E, Clementino-Luedemann T, Hickel R. Low-shrinkage composite for dental application. *Dent Mater J.* 2007; 26(2): 149-55.

Li J. Effects of surface properties on bond strength between layers of newly cured dental composites. *J Oral Rehabil.* 1997; 24(5): 358-60.

Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater.* 2010; 26(4): 337-44.

Palin WM, Fleming GJ, Nathwani H, Burke FJ, Randall RC. In vitro cuspal deflection and microleakage of maxillary premolars restored with novel low-shrink dental composites. *Dent Mater.* 2005; 21(4): 324-35.

Pfeifer CS, Silva LR, Kawano Y, Braga RR. Bis-GMA co-polymerizations: influence on conversion, flexural properties, fracture toughness and susceptibility to ethanol degradation of experimental composites. *Dent Mater.* 2009; 25(9): 1136-41.

Powers JM, Sakaguchi RL. *Craig's restorative dental materials*. 12th ed. ed. St. Louis, MO: Mosby Inc.; 2006.

Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res.* 1990; 69(10): 1652-8.

Shawkat ES, Shortall AC, Addison O, Palin WM. Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater.* 2009; 25(11): 1338-46.

Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Incremental layers bonding of silorane composite: the initial bonding properties. *J Dent.* 2008; 36(7): 560-3.

Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005; 21(1): 68-74.

Yap AU, Tan DT, Goh BK, Kuah HG, Goh M. Effect of food-simulating liquids on the flexural strength of composite and polyacid-modified composite restoratives. *Oper Dent.* 2000; 25(3): 202-8.