



DECLARAÇÃO

Declaro que o aluno Tiago Filipe Correia Tavares, R.A. 086045, esteve sob minha orientação no ano 2010 para a realização de um trabalho de iniciação científica intitulado **“Influência imediata e em longo prazo da técnica de fotoativação na rugosidade, brilho e topografia de superfície de dois sistemas restauradores”**. Este trabalho foi desenvolvido dentro do Programa de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC-CNPq e teve parecer favorável na apresentação do relatório final. Assim, neste momento, concordo com o texto apresentado pelo aluno junto à Comissão de Graduação da FOP-UNICAMP, como requisito para seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Piracicaba, 19 de setembro de 2011.

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti.

Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti
Área Materiais Dentários
F.O.P. – UNICAMP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
MATERIAIS DENTÁRIOS



**INFLUÊNCIA IMEDIATA E EM LONGO PRAZO DA TÉCNICA DE
FOTOATIVAÇÃO NA RUGOSIDADE, BRILHO E TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE DE DOIS SISTEMAS RESTAURADORES**

Autor: TIAGO FILIPE CORREIA TAVARES

PIRACICABA

2011

TIAGO FILIPE CORREIA TAVARES

**INFLUÊNCIA IMEDIATA E EM LONGO PRAZO DA TÉCNICA DE
FOTOATIVÇÃO NA RUGOSIDADE, BRILHO E TOPOGRAFIA
DE SUPERFÍCIE DE DOIS SISTEMAS RESTAURADORES**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba –
UNICAMP, para a obtenção do
diploma de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Co- 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

T197i

Tavares, Tiago Filipe Correia, 1989-
Influência imediata e em longo prazo da técnica de
fotoativação na rugosidade, brilho e topografia de
superfície de dois sistemas restauradores / Tiago Filipe
Correia Tavares. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.

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

1. Fotopolimerização. 2. Polímero. 3. desgaste da
restauração dentária. I. Sinhoreti, Mário Alexandre
Coelho, 1969- II. Correr, Américo Bortolazzo, 1981- III.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Dedicatória

Dedico esta monografia principalmente a duas incríveis pessoas, Delfina e Jorge, que não mediram nenhum esforço para que todo esse sonho fosse transformado em realidade, me apoiaram nos melhores e piores momentos, me ensinaram a andar pelos caminhos corretos, me mostraram que a honestidade e o respeito são essenciais à vida. Sou extremamente feliz e tenho muito orgulho por chamá-los de pai e mãe.

Mãe, a ti agradeço
Por toda a dedicação
Pai, a ti ofereço
Todo o meu coração
Por meus pais serem
E por sempre me amarem
Por me defenderem
E também por me ralharem
Quero agradecer-vos
Tudo o que me dão
Por fim quero dizer-vos
Amo-vos do fundo do coração

Agradecimentos

A Deus, meu refúgio e força, onde sempre encontrei respostas para os meus problemas.

A minha irmã Andreia, pela ajuda, pela amizade, pelos bons momentos, pelo carinho e por ser quem ela realmente é.

Aos meus avós Firmino e Maria Cidália, por me entenderem, por me ajudar, por me dar força, pelos bons conselhos e por toda confiança que depositaram em mim.

A minha avó Emilia, que mesmo estando longe, sempre torceu pelo meu sucesso, me incentivando e mandando mensagens de carinho.

Aos meus tios, André e Cristiana, pelo apoio, carinho, respeito e toda força que me deram nestes últimos anos.

A Maria Aparecida, pelas boas palavras de incentivo ao longo de toda a vida, apoio, carinho e confiança.

A todos os meus amigos de faculdade, Bruno Zen, Ricardo Caldas, André Prezotto, Conrado Caetano, Staline Fatuda, Igor Claes, Rodrigo Cunha, Bruno Biraes, Moises Nogueira, André Pinho, Roberto Dinelli, Rodrigo Vasconcelos, Flávio Azevedo, Ivan Solani, Gustavo Corradini, Mateus Bertolini, Guilherme Guarda, Paulo Victor, Daniel Pereira, os quais me proporcionaram uma das melhores épocas e toda minha vida.

Ao Prof. Dr. Americo, pela orientação, por sempre estar pronto a me atender, pela dedicação, respeito e acima de tudo por acreditar em minha capacidade.

Ao Prof. Dr. Mário Sinhoreti, pela oportunidade concedida, pela orientação, e por toda ajuda.

Agradeço aos professores que desempenharam com dedicação as aulas ministradas.

Agradeço a Instituição CNPq pela bolsa concedida e pela oportunidade de pesquisa nesta área.

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

O objetivo neste estudo foi verificar os efeitos imediatos e em longo prazo na rugosidade, manutenção do brilho e topografia de superfície de dois compósitos restauradores (Filtek Z350 e Filtek P90) após aplicação de métodos modulados de fotoativação. Foram determinados os efeitos provocados pela degradação em soluções ácidas (água destilada - controle; ácido láctico; ácido cítrico; Coca-Cola®; solução etanol-água 50%). As características de degradação foram determinadas por meio dos testes de rugosidade nos períodos imediato, 1, 3 e 6 meses. Os compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 (cor A2) foram fotoativados pelos seguintes métodos: alta irradiância (600 mW/cm^2), baixa irradiância (150 mW/cm^2), soft-start ($150 \text{ mW/cm}^2 + 600 \text{ mW/cm}^2$), ou pulse-delay ($150 \text{ mW/cm}^2 + 3 \text{ minutos escuro} + 600 \text{ mW/cm}^2$). A rugosidade foi verificada em rugosímetro Surfcometer e o brilho pelo medidor de brilho (Multi Gloss 268 – Konica Minolta, Ramsey, NJ, EUA). Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que o método de fotoativação, as soluções e o período de armazenagem não foram determinantes na degradação de superfície (brilho e rugosidade) dos compósitos Filtek Z350 e Filtek P90.

Palavras-chave: polímero, fotopolimerização, desgaste da restauração dentária.

ABSTRACT

The aim in this study was to evaluate the immediate and long-term effect of photoactivation method on roughness and gloss of resin composites Filtek Z350 and Filtek P90. The resin composites (shade A2) were inserted in polyvinylsiloxane molds and photoactivated with high irradiance (600 mW/cm^2), low irradiance (150 mW/cm^2), soft-start ($150 \text{ mW/cm}^2 + 600 \text{ mW/cm}^2$), or pulse-delay ($150 \text{ mW/cm}^2 + 3 \text{ minutes dark} + 600 \text{ mW/cm}^2$). The initial roughness and gloss was obtained and the specimens ($n=10$) were immersed in chemical solutions (distilled water, 0.1M lactic acid, 0.1M citric acid, Coca-Cola[®], and 50% Ethanol-water solution) for 1, 3, and 6 months. The roughness was evaluated with rugosimeter Surfcorder and gloss with gloss meter Multi Gloss 268 – Konica Minolta, Ramsey, NJ, EUA). The measurements were taken in each period. The data were submitted to ANOVA and Tukey's test with 5% significance level. The results showed that the photoactivation method, the storage solution and storage time did not influence the roughness and gloss of the resin composites Filtek Z350 and Filtek P90.

Keywords : polimer, photopolymerization, dental restoration wear.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	2
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
Degradação química.....	3
Ensaio de rugosidade	5
Armazenagem em solução	5
Manutenção do brilho	6
4. RESULTADOS	9
5 .DISCUSSÃO.....	14
6. CONCLUSÃO	17
7. REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

Os compósitos fotoativados são os materiais restauradores estéticos diretos mais utilizados em Odontologia. Modificações têm sido feitas em suas formulações desde o seu desenvolvimento, com o objetivo de melhorar suas propriedades estéticas e mecânicas. Embora o desenvolvimento tecnológico tenha possibilitado sua evolução, os compósitos possuem uma desvantagem que é inerente a sua reação de cura, que é a contração. Durante a reação de polimerização, os monômeros se aproximam (na cadeia e entre as cadeias), levando a diminuição volumétrica do material. A contração de polimerização é determinada por diversos fatores como grau de conversão (Silikas *et al.*, 2000), tipo e peso molecular dos monômeros e quantidade de partículas de carga. O grau de conversão está relacionado com as propriedades mecânicas e estéticas dos compósitos (Asmussen, 1982). Portanto, a diminuição do grau de conversão pode afetar negativamente suas propriedades mecânicas, químicas e biológicas (Caughman *et al.*, 1991).

Recentemente foi introduzido no mercado um compósito restaurador que apresenta em sua formulação outro tipo de monômero, o silorano. Estes monômeros apresentam durante a reação de polimerização a abertura de seus anéis, possibilitando redução na contração de polimerização. O processo de polimerização ocorre via catiônica, pela abertura de seus anéis, resultando em menor contração de polimerização comparado aos compósitos baseados em monômeros metacrilatos, que polimerizam via reação de radicais livres de suas duplas ligações (Eick *et al.*, 2007). O processo de abertura dos anéis possibilita um ganho de espaço e antagoniza a perda de volume causada pela aproximação e união dos monômeros. Em geral, o processo de abertura dos anéis possibilita que a contração desses compósitos seja inferior a 1% (Weinmann *et al.*, 2005).

A velocidade da reação de polimerização está intimamente relacionada com a tensão de contração, e pode ser controlada pela diminuição ou aumento da intensidade de luz (Irie *et al.*, 2002). Muitas técnicas têm sido propostas com

o objetivo de controlar a velocidade durante o processo de polimerização (Uno & Asmussen, 1991). As técnicas se baseiam na polimerização inicial com intensidade de luz reduzida, seguido de polimerização com elevada intensidade, ou, utilizando ciclos com presença e ausência de luz (Feilzer *et al.*, 1995; Koran & Kurschner, 1998; Pires *et al.*, 1993; Unterbrink & Muessner, 1995). Assim, a menor taxa de conversão monomérica inicial permitiria o escoamento do material, gerando baixa tensão que pode ser dissipada internamente no material restaurador, e posteriormente, a alta intensidade na polimerização promove adequado grau de conversão para obtenção de propriedades mecânicas, químicas e biológicas satisfatórias (Davidson *et al.*, 1984; Feilzer *et al.*, 1995; Watts & al Hindi, 1999).

O desenvolvimento de novos métodos de fotoativação aumentou a preocupação de que baixas taxas de polimerização podem alterar a estrutura final do polímero e afetar negativamente a química do material. Baixas irradiâncias geram um pequeno número de radicais livres, resultando em uma estrutura polimérica mais linear, com menor densidade de ligações cruzadas, como evidenciado pela redução da temperatura de transição vítrea e aumento da susceptibilidade da degradação em etanol. Outros estudos têm mostrado que o uso contínuo de baixa irradiância parece não afetar a resistência a flexão (Lovell *et al.*, 2001; Miyazaki *et al.*, 1996) tenacidade a fratura (Miyazaki *et al.*, 1996) ou módulo de elasticidade (Emami *et al.*, 2003; Miyazaki *et al.*, 1996) de materiais à base BisGMA comparado a fotoativação com alta irradiância, pois densidades de energia semelhantes foram utilizadas.

2. OBJETIVO

O objetivo neste estudo foi determinar os efeitos da degradação química (soluções ácidas) na rugosidade de superfície e manutenção do brilho dos compósitos Filtek Z350 e Filtek P90, fotoativados por diferentes métodos (alta irradiância (AI), baixa irradiância (BI), soft-start (SS), pulse-dealy (PD)) e após diferentes períodos de armazenagem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Degradação química

Para a avaliação da degradação dos compósitos em solução ácida foram utilizados os compósitos resinosos Filtek Z350 e Filtek P90 (Figura 1), que foram inseridos em moldes de polivinilsiloxano (8 mm diâmetro interno x 2 mm espessura).



Figura 1. Compósitos resinosos Filtek Z350 e Filtek P90.

Duzentos espécimes de cada material foram confeccionados a 23°C e 50% de umidade relativa. Inicialmente, as matrizes foram preenchidas com o compósito e tiras de poliéster foram posicionadas sobre a matriz e pressionadas com placa de vidro para extravasamento do excesso do material. Cada material restaurador foi dividido em 4 grupos, de acordo com o método de fotoativação descrito no Quadro 1. A fotoativação foi realizada com o aparelho de luz de lâmpada halógena XL2500 (3M ESPE) (Figura 2).



Figura 2. Aparelho de luz de lâmpada halógena XL2500 (3M ESPE).

Quadro 1. Descrição dos métodos de fotoativação utilizados em todas as fases deste projeto.

Método de Fotoativação	Protocolo (Irradiância e Tempo de exposição)
Luz Contínua Alta Irradiância (AI)	600 mW/cm ² durante 40 s
Luz Contínua Baixa Irradiância (BI)	150 mW/cm ² durante 160 s
Soft-Start (SS)	150 mW/cm ² durante 5 s + 600mW/cm ² durante 39 s
Pulse Delay (PD)	150 mW/cm ² durante 5 s + 3 minutos sem luz + 600mW/cm ² durante 39 s

Após a fotoativação, os espécimes foram armazenados individualmente por 24 h a 37°C em 100% de umidade relativa. Os espécimes foram polidos com discos abrasivos de óxido de alumínio Sof-Lex (3M Dental Products, St. Paul, MN 55144, USA) de granulação média, fina e superfina, montados em baixa rotação (Kavo, Joinville, SC, Brazil). Em seguida, os espécimes foram

lavados em ultrassom com água destilada por 15 minutos, secos e posteriormente submetidos à avaliação da rugosidade superficial.

Ensaio de rugosidade

A rugosidade dos espécimes foi analisada no rugosímetro Surfcomer SE1700 (Kosaka Corp., Tokyo, Japan) (Figura 3)com velocidade de 0,5 mm/s com carga de 0,7 mN. Em cada operação de leitura considerada, a rugosidade média (Ra), representada pela média aritmética entre os picos e vales registrados, foi avaliada após a respectiva agulha do rugosímetro percorrer na superfície em análise, um trecho de 2 mm de extensão, com *cut-off* de 0,25 mm, para maximizar a filtragem da ondulação superficial. Foram efetuadas leituras em três direções (paralela, perpendicular e oblíqua) aos sentidos das ranhuras provocadas pelo polimento da superfície. A rugosidade do espécime foi considerada como a média aritmética das três leituras.

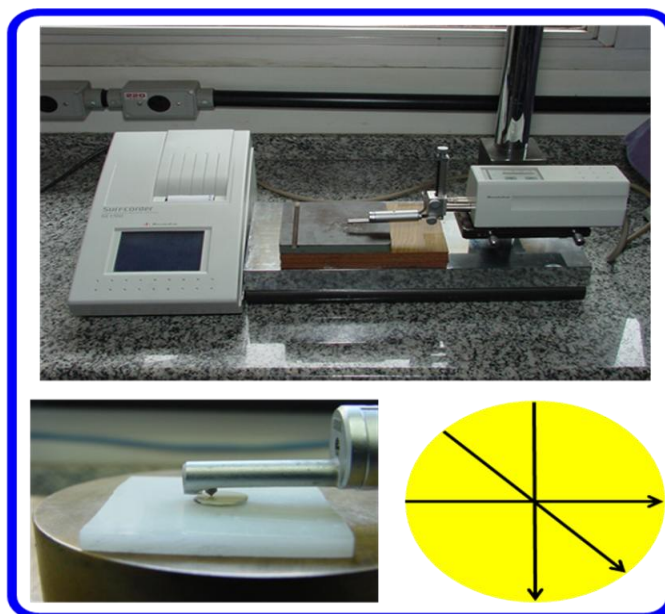


Figura 3. Rugosímetro Surfcomer SE1700.

Armazenagem em solução

Após a fotoativação, os espécimes foram separados aleatoriamente em 5 subgrupos (n=10) de acordo com a solução química, e armazenados a 37°C em: Grupo 1 – água destilada; Grupo 2 – 0,1M de ácido láctico; Grupo 3 – 0,1M

de ácido cítrico; Grupo 4 – Coca-Cola®; Grupo 5 – 50% de solução etanol-água (Yap *et al.*, 2000)(Figura 4). Os materiais foram imersos em 3 ml destas soluções imediatamente após as leituras de rugosidades iniciais e avaliadas após período de armazenagem de 1, 3, e 6 seis meses. As soluções foram trocadas semanalmente. Os valores de pH de cada solução foram determinadas utilizando um medidor de pH (Orion Model 420A, Analyzer Com. e Ind. Ltda., São Paulo SP 03638-030, Brazil) imediatamente antes da imersão dos espécimes. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey com nível de significância de 5%.

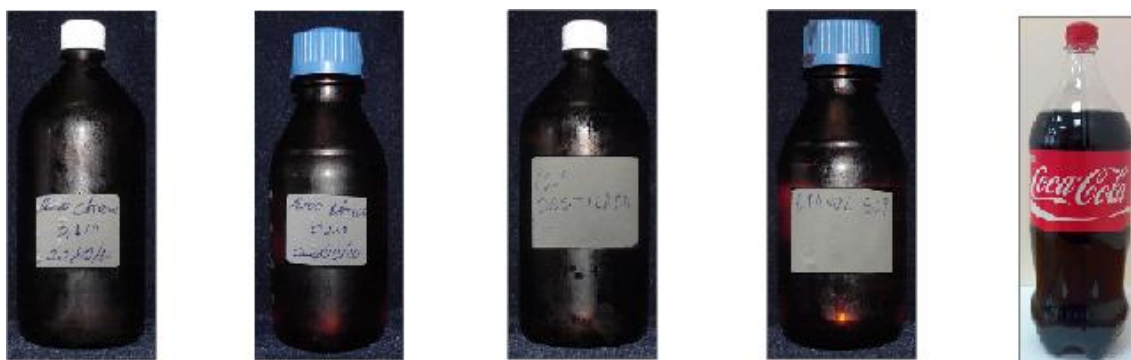


Figura 4 . Soluções :Grupo 1 – água destilada; Grupo 2 – 0,1M de ácido láctico; Grupo 3 – 0,1M de ácido cítrico; Grupo 4 – Coca-Cola®; Grupo 5 – 50% de solução etanol-água.

Manutenção do brilho

Para a verificação da manutenção do brilho, os compósitos Filtek P90 e Filtek Z350 foram inseridos em moldes de polivinilsiloxano (8 mm diâmetro interno x 0,7 mm espessura) e confeccionados seguindo os mesmos métodos de fotoativação utilizados no ensaio de degradação química. A verificação do brilho superficial foi realizada antes e após os desafios químicos. Para isso, foi utilizado um medidor de brilho Zehntner Testing Instruments (Figura 5).



Figura 5. Aparelho utilizado para medir o brilho superficial.

O princípio de mensuração do aparelho é baseado num feixe de luz que incide na superfície da amostra em ângulos de 20° , 60° e 85° ; o aparelho mede a intensidade da luz refletida e compara com um valor de referência. Para a calibração do aparelho, uma amostra padronizada de vidro negro altamente polido, provido pelo fabricante, foi utilizada. Para cada angulação, quatro mensurações foram realizadas em cada amostra nas superfícies (topo), girando a amostra 90 graus entre cada leitura (Figura 6)



Figura 6. Aparelho posicionado sobre a amostra.

A média das leituras foi registrada como valor da unidade de brilho para cada superfície da amostra (Gloss Unit - GU). Durante a avaliação, o compósito foi inserido em um molde de teflon contendo um orifício central e fixado com

cera utilidade, de modo que sua superfície estivesse paralela à superfície da matriz de teflon (Figura 7).

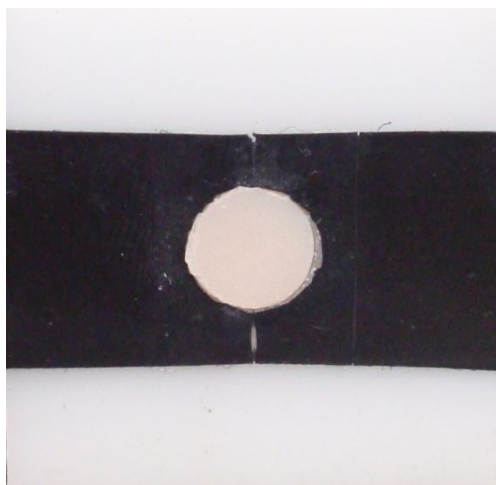


Figura 7. Compósito inserido no molde de teflon.

Para a leitura do brilho o aparelho foi conectado a um computador e as leituras obtidas pelo software do aparelho Zehntner Gloss Tools 1.0.0014 (Figura 8).

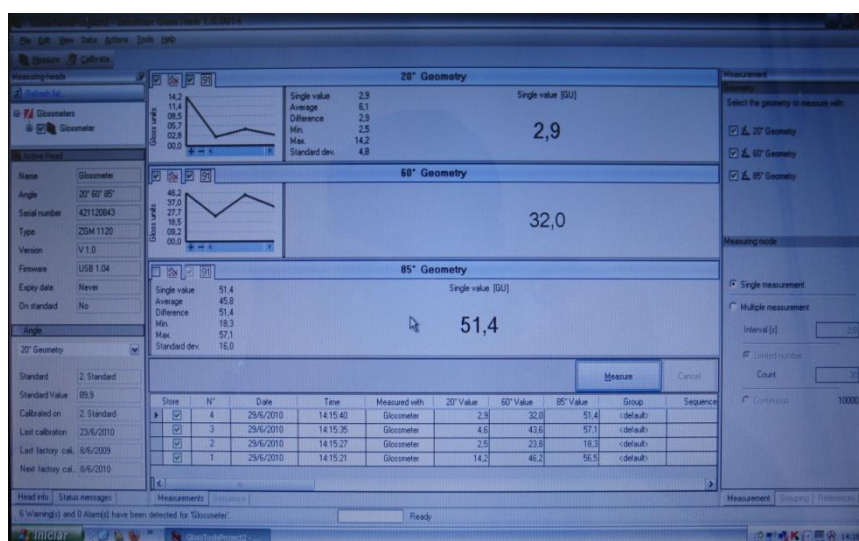


Figura 8. Software Zehntner Gloss Tools 1.0.0014.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias ao teste de Tukey (5%).

4. RESULTADOS

Os resultados de brilho superficial estão descritos nas tabelas abaixo (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Resultados de brilho do compósito Filtek Z350 armazenado em diferentes soluções por diversos períodos de tempo.

Brilho (GU) Filtek Z350					
Solução	Fotoativação	Inicial	1 mês	3 meses	6 meses
Água Destilada	Contínua Alta	60,7	59,2	61,7	63,0
	Contínua Baixa	62,2	62,2	63,9	59,5
	Soft-start	59,4	57,8	59,9	57,0
	Pulse-delay	58,3	59,2	59,9	56,1
Ácido láctico	Contínua Alta	59,4	62,7	62,9	58,6
	Contínua Baixa	58,9	59,6	61,4	60,7
	Soft-start	60,1	61,4	60,7	59,3
	Pulse-delay	58,5	59,1	62,6	62,9
Ácido cítrico	Contínua Alta	62,6	62,3	63,1	62,1
	Contínua Baixa	64,2	61,2	62,9	62,6
	Soft-start	64,8	63,3	62,1	62,6
	Pulse-delay	65,0	62,9	62,4	61,7
Coca-Cola	Contínua Alta	52,4	44,2	49,7	54,1
	Contínua Baixa	58,1	55,9	56,9	57,6
	Soft-start	61,6	60,1	60,0	57,8
	Pulse-delay	65,4	62,5	62,1	56,3
Etanol-Água	Contínua Alta	59,7	62,0	59,5	60,1
	Contínua Baixa	60,4	63,3	62,6	60,4
	Soft-start	61,8	61,7	62,7	63,4
	Pulse-delay	58,9	59,8	61,5	61,3

Tabela 2. Comparação entre os resultados de brilho do compósito Filtek Z350.

Soluções	Brilho (GU) Filtek Z350			
	Contínua Alta	Contínua Baixa	Soft-start	Pulse-delay
Água Destilada	61,1 ab, A	61,9 a, A	58,5 b, C	58,4 b, B
Ácido láctico	60,9 a, A	60,2 a, AB	60,3 a, ABC	60,8 a, AB
Ácido cítrico	62,5 a, A	62,7 a, A	63,2 a, A	63,0 a, A
Coca-Cola	50,1 c, B	57,1 b, B	59,9 ab, BC	61,6 a, A
Etanol-Água	60,3 a, A	61,7 a, A	62,4 a, AB	60,4 a, AB

Letras distintas maiúsculas em coluna e minúsculas em linha diferem significativamente ($p < 0,05$).

A comparação entre as soluções mostrou que para fotoativação contínua com alta irradiância as amostras de Filtek Z350 imersas em Coca-Cola apresentaram brilho significativamente inferior as demais soluções ($p < 0,05$). Para fotoativação contínua com baixa irradiância as amostras imersas em Coca-Cola apresentaram brilho significativamente inferior àquelas imersas em água destilada, ácido cítrico e etanol-água ($p < 0,05$). Para o método soft-start as amostras imersas em água destilada apresentaram brilho significativamente inferior àquelas imersas em ácido cítrico e etanol-água ($p < 0,05$); as amostras imersas em Coca-Cola apresentaram brilho significativamente inferior àquelas imersas em ácido cítrico ($p < 0,05$). Para o método pulse-delay as amostras imersas em água destilada apresentaram brilho significativamente inferior àquelas imersas em ácido cítrico e Coca-Cola ($p < 0,05$).

Entre os métodos de fotoativação pode ser observado que para as amostras imersas em solução de água destilada a fotoativação contínua com baixa irradiância apresentou brilho significativamente superior aos métodos soft-start e pulse-delay ($p < 0,05$). Para as amostras imersas em Coca-Cola a fotoativação contínua com alta irradiância apresentou brilho significativamente inferior aos demais métodos ($p < 0,05$); a fotoativação contínua com baixa irradiância apresentou brilho significativamente inferior ao método pulse-delay ($p < 0,05$). Para as demais soluções não houve diferença significativa entre os métodos de fotoativação ($p > 0,05$).

Tabela 3. Resultados de brilho do compósito Filtek P90 armazenado em diferentes soluções por diversos períodos de tempo.

Brilho (GU) Filtek P90					
Solução	Fotoativação	Inicial	1 mês	3 meses	6 meses
Água Destilada	Contínua Alta	58,0	57,8	64,2	63,1
	Contínua Baixa	62,7	60,2	63,8	59,7
	Soft-start	54,0	58,9	61,7	56,3
	Pulse-delay	55,4	57,3	56,0	53,7
Ácido láctico	Contínua Alta	58,1	61,8	63,7	55,6
	Contínua Baixa	57,3	61,7	63,5	60,0
	Soft-start	57,9	62,7	61,2	54,2
	Pulse-delay	58,8	61,5	61,2	58,8
Ácido cítrico	Contínua Alta	59,5	62,5	63,0	62,3
	Contínua Baixa	63,9	64,6	65,9	65,8
	Soft-start	63,7	61,0	60,1	59,9
	Pulse-delay	67,1	64,6	64,9	65,6
Coca-Cola	Contínua Alta	65,1	63,3	62,9	61,3
	Contínua Baixa	63,0	59,6	60,5	61,1
	Soft-start	61,9	61,0	62,4	57,0
	Pulse-delay	63,7	63,4	63,1	61,6
Etanol-Água	Contínua Alta	63,6	64,0	62,7	58,9
	Contínua Baixa	62,0	65,3	62,7	59,7
	Soft-start	55,3	59,2	61,7	60,9
	Pulse-delay	60,0	61,8	59,7	62,1

Tabela 4. Resultados de rugosidade (μm) do compósito Filtek Z350 armazenado em diferentes soluções por diversos períodos de tempo.

Rugosidade (μm) Filtek Z350						
Período	Fotoativação	Soluções				
		Água Destilada	Ácido láctico	Ácido cítrico	Coca-Cola	Etanol-Água
Inicial	Contínua Alta	0,1457	0,0807	0,3871	0,1212	0,2897
	Contínua Baixa	0,1402	0,2122	0,1535	0,1333	0,1290
	Soft-start	0,1498	0,3144	0,1254	0,1442	0,1115
	Pulse-delay	0,1034	0,1380	0,0855	0,1110	0,1633
1 mês	Contínua Alta	0,3085	0,1647	0,2368	0,1212	0,1912
	Contínua Baixa	0,2282	0,2037	0,2178	0,1333	0,1513
	Soft-start	0,1518	0,1231	0,1960	0,1442	0,1627
	Pulse-delay	0,2319	0,2163	0,1924	0,1110	0,1814
3 meses	Contínua Alta	0,2913	0,1673	0,2559	0,1296	0,1987
	Contínua Baixa	0,2188	0,2091	0,2259	0,1435	0,1646
	Soft-start	0,1619	0,1697	0,2192	0,1451	0,1786
	Pulse-delay	0,2150	0,2206	0,2086	0,1588	0,1587
6 meses	Contínua Alta	0,2913	0,1893	0,2545	0,1654	0,2707
	Contínua Baixa	0,2188	0,1705	0,2403	0,1670	0,1567
	Soft-start	0,1619	0,1432	0,2754	0,2063	0,1566
	Pulse-delay	0,2375	0,2288	0,2140	0,1844	0,1884
Média Geral		0,2035	0,1845	0,2180	0,1450	0,1783
		a	ab	a	b	ab

Letras distintas representam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Na Tabela 4 é observado que para o compósito Filtek Z350 houve diferença significativa entre as soluções ($p < 0,05$). As amostras imersas em Coca-Cola apresentaram rugosidade significativamente inferior às amostras imersas em água destilada e ácido cítrico ($p < 0,05$).

Tabela 5. Comparação entre os resultados de rugosidade do compósito Filtek P90.

Fotoativação	Rugosidade (μm) Filtek P90				
	Soluções				
	Água Destilada	Ácido láctico	Ácido cítrico	Coca-Cola	Etanol-Água
Contínua Alta	0,1945 a, AB	0,1574 a, B	0,3000 a, A	0,1913 a, AB	0,1919 a, AB
Contínua Baixa	0,2348 a, A	0,1555 a, A	0,2008 ab, A	0,1986 a, A	0,2088 a, A
Soft-start	0,2055 a, A	0,1688 a, A	0,1870 b, A	0,1661 a, A	0,1956 a, A
Pulse-delay	0,1556 a, AB	0,1383 a, B	0,1748 b, A	0,1272 a, B	0,2508 a, A

Letras distintas minúsculas em coluna e maiúsculas em linha representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Os resultados da Tabela 5 mostram que a irradiância influenciou a rugosidade do compósito Filtek P90 somente para o ácido cítrico, em que a fotoativação contínua foi significativamente superior a fotoativação com soft-start e pulse-delay ($p < 0,05$).

A comparação entre as soluções mostrou que para fotoativação contínua o compósito Filtek P90 imerso em solução de ácido cítrico apresentou rugosidade significativamente superior a solução de ácido láctico ($p < 0,05$). Para fotoativação por pulse-delay a imersão em solução de ácido cítrico apresentou rugosidade significativamente superior a solução de ácido láctico e Coca-Cola ($p < 0,05$).

Tabela 6. Resultados de rugosidade do compósito Filtek P90 armazenado em diferentes soluções por diversos períodos de tempo.

		Rugosidade (μm) Filtek P90			
Solução	Fotoativação	Inicial	1 mês	3 meses	6 meses
Água Destilada	Contínua Alta	0,1089	0,2239	0,2160	0,2291
	Contínua Baixa	0,1359	0,2634	0,2605	0,2795
	Soft-start	0,3347	0,1636	0,1688	0,1551
	Pulse-delay	0,1667	0,1294	0,1565	0,1695
Ácido láctico	Contínua Alta	0,1850	0,1476	0,1503	0,1467
	Contínua Baixa	0,2665	0,1024	0,1139	0,1391
	Soft-start	0,1670	0,1774	0,1597	0,1713
	Pulse-delay	0,1385	0,1195	0,1356	0,1595
Ácido cítrico	Contínua Alta	0,2841	0,3036	0,3233	0,2891
	Contínua Baixa	0,1690	0,2116	0,2161	0,2065
	Soft-start	0,3219	0,1179	0,1482	0,1601
	Pulse-delay	0,2406	0,1334	0,1590	0,1662
Coca-Cola	Contínua Alta	0,1813	0,1813	0,1879	0,2149
	Contínua Baixa	0,1924	0,1924	0,1988	0,2107
	Soft-start	0,1647	0,1647	0,1625	0,1724
	Pulse-delay	0,1183	0,1183	0,1401	0,1321
Etanol-Água	Contínua Alta	0,1481	0,2115	0,2392	0,1687
	Contínua Baixa	0,1611	0,2352	0,2510	0,1877
	Soft-start	0,1704	0,2015	0,2299	0,1807
	Pulse-delay	0,2352	0,2640	0,2496	0,2543

5 .DISCUSSÃO

As características estéticas são essenciais durante a seleção dos materiais restauradores. As cerâmicas e os compósitos são os materiais restauradores que mais se assemelham esteticamente aos tecidos dentais. Dentre os fatores necessários para reproduzir esteticamente os tecidos dentais, a forma, a cor e a reflexão de luz são de fundamental importância(Anusavice, 2005).

A cor é reproduzida na seleção do material restaurador, podendo o cirurgião-dentista manusear diversos materiais para atingir esse objetivo. A forma é dada durante a inserção do material restaurador no preparo cavitário. A

reflexão da luz (brilho) é atingida durante os procedimentos de acabamento e polimento e depende da composição do material e dos procedimentos de acabamento e polimento da restauração(Anusavice, 2005).

A manutenção do brilho e a rugosidade de superfície são exames que se complementam na avaliação da superfície de materiais, e estão relacionadas com as ondulações de superfície. Ambos os fatores são dependentes das partículas inorgânicas dos compósitos, tanto ao tipo quanto ao tamanho das partículas de carga, e também da matriz orgânica(Ardu *et al.*, 2009). Compósitos com tamanhos de partículas de carga pequenas apresentam maior polimento comparados aos compósitos de partículas grandes(Ardu *et al.*, 2009). Entretanto, nos compósitos com tamanho das partículas de carga pequenas há a tendência de aglomeração das partículas, impedindo que grandes quantidades de carga sejam adicionadas(Anusavice, 2005).

Os dois compósitos avaliados neste estudo utilizam partículas híbridas, misturando partículas pequenas com partículas médias. No compósito Filtek Z350 são utilizadas nanopartículas de zircônio/sílica. Durante a fabricação destes compósitos é realizado um tratamento superficial das partículas de carga, impedindo que elas se aglomerem. Com isso pode ser adicionado maior quantidade de partículas pequenas e o polimento pode ser mantido por um período de tempo maior. O compósito Filtek P90 utiliza partículas de quartzo e trifluoreto de ítrio, cujos tamanhos são superiores aos do compósito Filtek Z350. Essas diferenças entre as partículas de carga interferem na manutenção do brilho ao longo do tempo.

A composição da matriz orgânica dos compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 também são diferentes. O compósito Filtek Z350 é composto por BISGMA, BISEMA, UDMA e TEGDMA. O compósito Filtek P90 é composto por siloxanos, epóxi-mono-silanos, epóxi di e oligosiloxanos. As diferentes composições da matriz orgânica dos compósitos interferem no grau de conversão e na resistência dos compósitos. Além disso, a matriz orgânica influencia na resistência ao desgaste que o compósito sofre com o tempo(Yap *et al.*, 2000). O desgaste do compósito é dependente do grau de conversão e da densidade de ligações cruzadas da rede polimérica.

O grau de conversão é dependente da densidade de energia fornecida durante a fotoativação (Halvorson *et al.*, 2003). A densidade de energia é o produto da irradiância pelo tempo de exposição a luz. Neste estudo a densidade de energia foi padronizada em 24 J/cm^2 , que é suficiente para obtenção de grau de conversão aceitável (Halvorson *et al.*, 2003).

Durante a polimerização as cadeias poliméricas podem ser formadas linearmente, ramificadas ou com ligações cruzadas. A densidade de ligações cruzadas está relacionada com a estrutura do monômero e com a forma de polimerização. Os monômeros de ambos os compósitos são multifuncionais, podendo formar ligações cruzadas. Quanto maior a densidade de ligações cruzadas, maior a resistência ao desgaste, tanto mecânico quanto químico (Yap *et al.*, 2000).

Com relação a polimerização, quanto maior a velocidade de reação maior a quantidade de radicais livres. Portanto, a oferta de radicais livres permite a formação de maior densidade de ligações cruzadas. Neste estudo foram utilizados quatro modos de fotoativação: luz contínua com alta irradiância, luz contínua com baixa irradiância, soft-start e pulse-delay. O objetivo dos métodos alternativos é reduzir a velocidade de reação e reduzir a tensão de contração dos compósitos. Na fotoativação com luz contínua com alta irradiância a densidade de ligações cruzadas é maior comparada aos outros métodos (Schneider *et al.*, 2007). Schneider *et al.* (Schneider *et al.*, 2007) verificaram que compósitos fotoativados pelos métodos alternativos podem ser mais suscetíveis a degradação em solventes. Entretanto, foi verificado neste estudo que o método de fotoativação não foi determinante na degradação das superfícies dos compósitos ao longo do tempo.

A água destilada foi utilizada como grupo controle. As soluções de ácido cítrico, ácido láctico e Coca-Cola foram utilizadas para simular a ingestão de alimentos e bebidas cotidianas da população. A solução de etanol-água é um solvente de polímeros, podendo dissolver componentes com polimerização deficiente (Schneider *et al.*, 2007). Quando os compósitos são colocados em solução, a água e as soluções podem atuar como agente plastificador, separando as cadeias poliméricas. Nestas situações, as soluções penetram no

espaço onde não há formação de ligações primárias. Quando as soluções penetram no espaço entre as cadeias poliméricas, o polímero intumescce, diminuindo a resistência do material e lixiviando monômeros não reagidos (Ferracane, 2005). Entretanto, polímeros com alta densidade de ligações cruzadas não são dissolvidos pela água, pois a força de ligação primária (ligação cruzada) é maior que a secundária (polímero-solvente), apesar de apresentar algum intumescimento dependendo da extensão dessas ligações (Yap *et al.*, 2004).

Outros fatores relacionados a degradação em meio aquoso são a porosidade da rede polimérica, a hidrofília dos polímeros e a quantidade de carga do material (Chiaraputt *et al.*, 2008). Os monômeros utilizados nos cimentos apresentam alguns susceptíveis a hidrólise, como os éster, uretano, éter e hidroxil. Durante a armazenagem, esses grupos absorvem água em maior ou menor extensão, promovendo diferentes graus de plastificação das cadeias poliméricas, levando à degradação do polímero ao longo de tempo (Ferracane, 2005).

Entretanto, apesar do tempo de armazenagem não influenciar significativamente na degradação química, efeitos na degradação a estímulos mecânicos (escovação) podem resultar em desgaste do material e alteração superficial.

6. CONCLUSÃO

1. Não houve alteração do brilho e da rugosidade dos compósitos Filtek Z350 e Filtek P90 após 6 meses de armazenagem.
2. O método de fotoativação não influenciou na degradação química dos compósitos.
3. O brilho e rugosidade não foram influenciados pelas soluções em que os compósitos foram imersos ao longo do tempo.

7. REFERÊNCIAS

1. Anusavice KJ (2005). Phillips Materiais Dentários, 11 edn; Rio de Janeiro: Elsevier.
2. Ardu S, Braut V, Uhac I, Benbachir N, Feilzer AJ, Krejci I. Influence of mechanical and chemical degradation on surface gloss of resin composite materials. **Am J Dent.** 2009; 22(5):264-268.
3. Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. **Scand J Dent Res.** 1982; 90(6):484-489.
4. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. **Biomaterials.** 1991; 12(8):737-740.
5. Chiaraputt S, Mai S, Huffman BP, Kapur R, Agee KA, Yiu CK *et al.* Changes in resin-infiltrated dentin stiffness after water storage. **J Dent Res.** 2008; 87(7):655-660.
6. Davidson CL, de Gee AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent Res.** 1984; 63(12):1396-1399.
7. 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):1011-1017.
8. Emami N, Soderholm KJ, Berglund LA. Effect of light power density variations on bulk curing properties of dental composites. **J Dent.** 2003; 31(3):189-196.
9. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL. Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. **Eur J Oral Sci.** 1995; 103(5):322-326.
10. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mater.** 2005;
11. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. An energy conversion relationship predictive of conversion profiles and depth of cure for resin-based composite. **Oper Dent.** 2003; 28(3):307-314.

12. Irie M, Suzuki K, Watts DC. Marginal gap formation of light-activated restorative materials: effects of immediate setting shrinkage and bond strength. **Dent Mater.** 2002; 18(3):203-210.
13. Koran P, Kurschner R. Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. **Am J Dent.** 1998; 11(1):17-22.
14. Lovell LG, Lu H, Elliott JE, Stansbury JW, Bowman CN. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. **Dent Mater.** 2001; 17(6):504-511.
15. Miyazaki M, Oshida Y, Moore BK, Onose H. Effect of light exposure on fracture toughness and flexural strength of light-cured composites. **Dent Mater.** 1996; 12(6):328-332.
16. Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ, Jr. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. **Quintessence Int.** 1993; 24(7):517-521.
17. Schneider LF, Moraes RR, Cavalcante LM, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, Consani S. Cross-link density evaluation through softening tests: Effect of ethanol concentration. **Dent Mater.** 2007;
18. Silikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mater.** 2000; 16(4):292-296.
19. Uno S, Asmussen E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res.** 1991; 99(5):440-444.
20. Unterbrink GL, Muessner R. Influence of light intensity on two restorative systems. **J Dent.** 1995; 23(3):183-189.
21. Watts DC, al Hindi A. Intrinsic 'soft-start' polymerisation shrinkage-kinetics in an acrylate-based resin-composite. **Dent Mater.** 1999; 15(1):39-45.
22. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. **Dent Mater.** 2005; 21(1):68-74.
23. Yap AU, Low JS, Ong LF. Effect of food-simulating liquids on surface characteristics of composite and polyacid-modified composite restoratives. **Oper Dent.** 2000; 25(3):170-176.

24. Yap AU, Soh MS, Han TT, Siow KS. Influence of curing lights and modes on cross-link density of dental composites. **Oper Dent.** 2004; 29(4):410-415.