

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
CONCENTRAÇÃO EM DENTÍSTICA RESTAURADORA – MESTRADO**

Avaliação “*in vitro*” da resistência à abrasão de resinas compostas comerciais à base de dimetacrilato e uma à base de silorano fotoativadas com duas densidades de energia

&

A influência de dentifrícios clareadores na rugosidade superficial de duas resinas compostas comerciais

Guilherme Machado Barbieri

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, concentração em Dentística Restauradora.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr.

Porto Alegre, Março de 2009.

MEMBROS DA BANCA

Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr (PUCRS)

Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota (PUCRS)

Prof. Dr. Sinval Adalberto Rodrigues Júnior (UFPEL)

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus amados pais, **Fernando** e **Elenice**, e irmãs **Gabriela** e **Fernanda** que incentivaram mais este passo em minha caminhada profissional. Agradeço pelo apoio emocional e pela paciência em todos os momentos. Esta conquista é nossa!

A minha amada noiva, **Adriana** pelo carinho e apoio incondicional em todos os momentos e a toda a família **Dreher Hermes** pela amizade e incentivo.

Ao meu avô, colega e amigo, **João Virgílio**, pelo incentivo e dedicação em todos os momentos da minha caminhada.

Ao meu orientador, **Luiz Henrique**, que se mostrou um professor dedicado e que se tornou um grande amigo, obrigado pelo conhecimento e pela ajuda na realização deste trabalho.

Ao Prof. **Eduardo Mota**, pelos ensinamentos, amizade e exemplo profissional.

**“ Quando você quer alguma coisa,
todo o universo conspira para que
você realize o seu desejo.”**

Paulo Coelho

AGRADECIMENTOS

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia, Professor **Marcos Túlio Mazzini Carvalho**, que viabilizou esta oportunidade de aprendizado.

À **CAPES**, pelo fornecimento da bolsa que me possibilitou a conclusão deste mestrado.

A Prof. **Nilza Pereira da Costa** e ao Prof. **José Antônio Poli de Figueiredo** ex-coordenadora e atual coordenador do curso de pós-graduação em Odontologia, pela sua incansável dedicação e competência na busca por um ensino de qualidade.

Aos Prof. **Ana, Luciana, Hugo** e **Julieta** pelos ensinamentos, amizade e momentos de descontração.

Às funcionárias **Zoila, Jaqueline e Karina**, pela colaboração durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de mestrado **Patrícia, Rosana, Rhuy, Marcelo, Daniela e Paula**, pela amizade e apoio.

ARTIGO 1

RESUMO

Objetivo: Comparar a rugosidade de superfície de quatro resinas compostas com diferentes composições de matriz orgânica, através do ensaio de abrasão por escovação simulada até 20.000 ciclos. **Materiais e Métodos:** Cento e sessenta corpos de prova foram confeccionados e divididos em 16 grupos (n=10) conforme o tipo de resina, fonte de luz e quantidade de energia. As resinas utilizadas foram Charisma, Z250, ROK e Filtek LS, sendo fotopolimerizadas com LED ou Luz halógena, recebendo 8 ou 16 J/cm². Após 24 horas, os corpos de prova foram submetidos à escovação simulada com dentifrício e escova macia por períodos de tempo equivalentes à 6 meses (5000 ciclos), 12 meses (10.000 ciclos) e 24 meses (20.000 ciclos). Após cada período foi realizada a medição da rugosidade de superfície. **Resultados:** Fatores como energia (p=0,0001), tipo de fonte (p=0,0047), resinas (p=0,0001) e ciclo (p=0,0001) influenciaram nos resultados obtidos. Os valores de rugosidade média obtidos foram (médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística para Tukey ($\alpha=5\%$): 0,07 μm (A) para ROK; 0,08 μm (B) para Z250; 0,12 μm (C) para Charisma e 0,17 μm (D) para filtek LS. **Conclusão:** as resinas compostas que contém UDMA apresentam maior resistência à abrasão de superfície; resinas baseadas em Siloranos apresentam a menor resistência ao desgaste por abrasão e resinas compostas fotoativadas com 16J/cm² apresentam menor rugosidade de superfície do que as polimerizadas com 8J/cm².

Palavras-chave: resina composta, resistência à abrasão, densidade de energia, rugosidade, escovação.

ARTIGO 1

Abstract

Aims: To compare the surface roughness of four resin composites with different organic matrix compositions applying the abrasion testing by tooth brushing until 20,000 cycles. **Methods and materials:** One hundred and sixty samples were buildup and divided into 16 groups (n=10) according to the type of composite resin, source of light and energy density. The resin composites used were Charisma, Z250, ROK and Filtek LS, being photo activated with LED or halogen unit, receiving 8 or 16 J/cm². After 24h, the samples were submitted to a simulated wear test with a dentifrice and a soft toothbrush by periods of 6 months (5000 cycles), 12 months (10.000 cycles) e 24 months (20.000 cycles). After each period was realized the surface roughness measurement. **Results:** The factors as energy density (p=0.0001), source of light (p=0.0047), resin composites (p=0.0001) and cycles (p=0.0001) influenced the results. The mean roughness values obtained were (means followed by the same letter are not significantly different according to Tukey ($\alpha=5\%$)): 0.07 μ m (A) - ROK; 0.08 μ m (B) - Z250; 0.12 μ m (C) - Charisma; 0,17 μ m (D) - Filtek LS. **Conclusion:** The UDMA-based resin composites present higher surface abrasion resistance. The silorane-based composites present lower surface abrasion resistance. The resin composites photo activated by 16J/cm² present lower roughness than composites cured by 8J/cm².

Keywords: composite resin, abrasion resistance, energy density, roughness, tooth brushing.

ARTIGO 2

RESUMO

Objetivos: O objetivo deste estudo foi comparar a rugosidade de superfície de duas resinas compostas, com diferentes composições orgânicas, quando submetidas ao ensaio de abrasão por escovação com dentifrícios clareadores. **Materiais e métodos:** Quarenta e oito corpos-de-prova foram confeccionados, divididos em 6 grupos (n=8) conforme tipo de resina e dentifrício utilizado. As resinas foram submetidas a ciclos de escovação os quais simularam até 24 meses. Após cada período simulado, as resinas compostas tiveram a rugosidade de superfície mensurada. **Resultados:** as médias finais de rugosidade de superfície (Ra), em μm , para os dentifrícios Colgate total 12 (controle), Colgate Max White e Close up Extra Whitening foram, respectivamente (médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa para ANOVA e Tukey ($p < 0,05$)): 0,09 (B), 0,12 (B) e 0,11 (B) para a resina ROK; e 0,09 (B), 0,21 (A) e 0,21(A) para Z250. **Conclusões:** A resina composta ROK apresentou menor rugosidade de superfície do que a resina Z250. As resinas compostas ROK e Z250 tem a sua resistência ao desgaste superficial diminuída com o uso de dentifrícios mais abrasivos e utilizados para clareamento dos dentes: Colgate Max-White e Close Up Extra-Whitening.

Palavras-chave: resina composta, resistência à abrasão, rugosidade, escovação.

ARTIGO 2

Abstract

Aim: To evaluate the surface roughness of two resin composites with different organic phase when submitted to a simulated wear test with tooth brushing and whitening dentifrices. **Materials and methods:** Forty-eight samples were built and divided into 6 groups (n=8) according to composite resin (ROK (SDI) or Z250 (3M-ESPE) and dentifrice used (Colgate Total 12, Colgate Max White or Close up Extra Whitening). The resins were submitted to cycles of simulated tooth brushing until 24 months. After each simulated period, the surface roughness of the resins was measured. **Results:** The surface roughness(Ra) average, in μm , to the Colgate total 12 (control), Colgate Max White and Close up Extra Whitening dentifrices were, respectively (means followed by the same letter are not statistically different to ANOVA and Tukey ($p < 0,05$)): **1) ROK:** 0.09(B), 0.12(B) and 0.11(B); **2) Z250:** 0.09(B), 0.21(A) and 0.21(A). **Conclusions:** The ROK composite resin presented lower surface roughness (0.11) than Z250 (0.17). The resin composites ROK and Z250 have its abrasion resistance decreased when the whitening dentifrices Colgate Max-White and Close Up Extra-Whitening are applied.

Keywords: composite resin, abrasion resistance, roughness, tooth brushing, dentifrices.

LISTA DE TABELAS ARTIGO 1

Tabela 1. Composição das resinas compostas utilizadas no estudo.....	19
Tabela 2. Especificações referentes ao dentifrício e à escova dental utilizados..	21
Tabela 3. Grupos ativados por LED.....	22
Tabela 4. Grupos ativados por luz halógena.....	22
Tabela 5. Grupos estudados (ciclos e tempo).....	23
Tabela 6. Resultados do teste de rugosidade Ra (μm) das resinas compostas.	26

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 1

Figura 1. Rugosidade média (μm) X Ciclo (tempo) considerando todas as resinas estudadas.	28
Figura 2. Rugosidade média final, após 24 meses, das resinas compostas considerando as unidades de fotoativação distintas e densidades de energia...	29
Figura 3. Resina Charisma inicial (500X).....	29
Figura 4. Resina Charisma após 24 meses (500 X).....	29
Figura 5. Resina Charisma após 24 meses (8000 X).....	30
Figura 6. Resina Filtek LS inicial (500X).....	30
Figura 7. Resina composta Filtek LS após 24 meses (500X).....	31
Figura 8. Resina composta Filtek LS após 24 meses (8000X).....	31
Figura 9. Resina composta ROK inicial (500X).....	32
Figura 10. Resina composta ROK após 24 meses (500X).....	32
Figura 11. Resina composta ROK após 24 meses (8000X).....	33
Figura 12. Resina composta Z250 inicial (500 X).....	33
Figura 13. Resina composta Z250 após 24 meses (500 X).....	34
Figura 14. Resina composta Z250 após 24 meses (8000X).....	34

LISTA DE TABELAS ARTIGO 2

Tabela 1. Resinas compostas utilizadas.....	43
Tabela 2. Dentifrícios e escova utilizados para o ensaio de abrasão por escovação.....	44
Tabela 3. Grupos de estudo.....	46
Tabela 4. Resultados da ANOVA three-way.....	49
Tabela 5. Resultados de rugosidade (μm) das resinas compostas considerando a ação de todos os dentifrícios.....	50
Tabela 6. Resultados de rugosidade (μm) das resinas compostas considerando a ação de todos os dentifrícios e o tempo.....	51

LISTA DE FIGURAS ARTIGO 2

Figura 1. Gráfico comparativo da rugosidade total promovida pelos dentifrícios considerando os dois tipos de resina composta.....	52
Figura 2. Resina ROK inicial (500 X).....	53
Figura 3. Resina ROK após 24 meses de escovação com o dentifrício Close Up Extra-Whitening (8000X).....	53
Figura 4. Resina ROK após 24 meses de escovação com o dentifrício Colgate Max White (8000X).....	54
Figura 5. Resina ROK após escovação de 24 meses com o dentifrício Colgate Total 12 (8000X).....	54
Figura 6. Resina composta Z250 inicial (500X).....	55
Figura 7. Resina Z250 após escovação por 24 meses com o dentifrício Close Up Extra-Whitening (8000X).....	55
Figura 8. Resina composta Z250 após escovação por 24 meses com o dentifrício Colgate Max White (8000X).....	56
Figura 9. Resina composta Z250 após escovação por 24 meses com o dentifrício Colgate Total 12 (8000X).....	56

ARTIGOS 1 e 2

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Significado	
%	Por cento
<	Menor
>	Maior
+	Mais
°C	Graus Celsius
µm	Micrômetro
BIS-GMA	Bisfenol-A Glicidil Metacrilato
BIS-EMA	Bisfenol Etil Metacrilato
cm	Centímetro
g	Gramma
mg	miligrama
h	hora(s)
Hz	Hertz (ciclos por segundo)
IPCT	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas
ISO	International Organization for Standardization
Ra	Rugosidade média de superfície em µm
J	Joule
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma força
M.E.V.	Microscopia Eletrônica de Varredura
min	Minuto
mm	Milímetro

ml	Mililitros
Mpa	Megapascal
MFP	Monofluorfosfato
nm	Nanômetro
nº	Número
N	Newton
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
ppm	Parte por Milhão
r.p.m.	Rotações por Minuto
s	Segundo
TEGDMA	Trietileno Glicol Dimetacrilato
TEGMA	Trietileno Glicol Metacrilato
UDMA	Uretano Dimetacrilato
X	Vezes
MR	Marca Registrada
~	Aproximadamente

SUMÁRIO

RESUMO ARTIGO 1.....	05
ABSTRACT ARTIGO 1.....	06
RESUMO ARTIGO 2.....	07
ABSTRACT ARTIGO 2.....	08
ARTIGO 1.....	16
Introdução.....	16
Materiais e Métodos.....	19
Resultados.....	26
Discussão.....	35
Conclusão.....	40
ARTIGO 2.....	41
Introdução.....	41
Materiais e Métodos.....	43
Resultados.....	49
Discussão.....	57
Conclusão.....	60
Referências Bibliográficas.....	61
Anexo.....	66

ARTIGO 1

Avaliação “*in vitro*” da resistência à abrasão de resinas compostas comerciais à base de dimetacrilato e uma à base de silorano fotoativadas com duas densidades de energia

INTRODUÇÃO

As resinas compostas para uso Odontológico são materiais amorfos compostos por monômeros resinosos associados à partículas inorgânicas cobertas por silano (Rodrigues Júnior *et al.*, 2008). A comprovação da efetividade do seu uso em escala comercial apenas foi possibilitada com a introdução de fotoiniciadores que permitiram o desencadeamento do processo de formação de um polímero. A condição fundamental para a ocorrência do mecanismo de polimerização é que a canforoquinona, principal fotoiniciador das resinas compostas, e a fonte de luz para fotoativação tenham comprimentos de onda similares (~470nm). Neste processo, a qualidade e a intensidade da luz aplicada influenciam a fotoativação bem como o nível de polimerização, caracterizando as propriedades dos compósitos tais como: grau de conversão, dureza, módulo de elasticidade, resistência à flexão, resistência à abrasão e à compressão (dos Santos *et al.*, 2007; Schneider *et al.*, 2008). Esta constatação é compartilhada por Yap e Seneviratne (2001) que estudaram a resina Z100 (3M-ESPE) que apresentou baixa dureza de superfície quando polimerizada insuficientemente.

O incentivo às indústrias na produção de novas fontes de polimerização como LEDs, Lasers e arcos de plasma tem melhorado a qualidade de polimerização das resinas compostas. Quanto mais intensa a fonte de luz, mais fótons estarão

disponíveis para absorção pelos fotossensores. Assim, com a presença de mais fótons, mais moléculas de canforoquinona são convertidas ao estado de excitação e reagem com a amina formando radicais livres para a polimerização (Vandewallea *et al.*, 2004). Todavia, o tempo ideal de exposição assim como a intensidade necessária para a polimerização das resinas compostas não são totalmente conhecidos. (Oberholzer *et al.* 2003; Schneider *et al.*, 2006).

Embora muitos estudos já tenham demonstrado o bom desempenho dos compósitos atuais quanto à resistência à abrasão (Söderholm *et al.*, 1998; Leinfelder *et al.* 1986), a manutenção do polimento e baixa rugosidade de superfície devem ser mantidos. Logo, deseja-se que as resinas compostas tenham uma elevada resistência à abrasão a qual permitirá uma menor rugosidade de superfície.

Todavia, não se sabe ainda o quanto de densidade de energia seria suficiente para obter este bom desempenho em relação ao desgaste. Outros fatores a se pensar é: há um diferente comportamento frente à resistência ao desgaste de resinas compostas com composições orgânicas distintas quando fotoativadas com a mesma densidade de energia?

Como a energia irradiada do aparelho de fotopolimerização é diretamente igual à intensidade multiplicada pelo tempo de irradiação, podemos calcular a quantidade de energia que a resina está recebendo (Asmussen *et al.*, 2005). Será que variando o tipo de fonte de polimerização (luz halógena, LED, arco de plasma, laser) teremos um desempenho diferente frente à resistência à abrasão?

Frente à estas indagações, este estudo partirá das seguintes hipóteses nulas:

- resinas compostas com diferentes composições orgânicas quando fotoativadas com a mesma intensidade de energia apresentam comportamento similar frente à rugosidade de superfície após ensaio de abrasão por escovação.
- Resinas compostas com diferentes composições orgânicas quando fotoativadas com a mesma intensidade de energia oriunda de diferentes fontes de fotoativação (LED ou luz halógena) apresentarão rugosidade de superfície similar após ensaio de abrasão por escovação.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência à abrasão por escovação de resinas compostas com diferentes composições de matriz orgânica quando fotoativadas por LED ou luz halógena com distintas intensidades de energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos corpos de prova foram utilizadas quatro resinas compostas que apresentam diferentes composições de matriz orgânica (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das resinas compostas utilizadas no estudo

RESINA	Fabricante	MATRIZ ORGÂNICA	CARGA
CHARISMA (Microhíbrida) Cor A3 LOT 010307	Heraeus- Kulzer, Alemanha	BisGMA, TEGDMA	Vidro bário Alumínio fluoretado (0,02-0,07 μ m) Dióxido de silício (0,02-0,07 μ m) Tamanho médio 0,7 μ m 64% vol. 76,4% peso
ROK (Híbrida) Cor A3 LOT 051212	SDI Australia	UDMA	Silicato de estrôncio-alumínio Tamanho médio 1,2 μ m 70% vol. 77% peso
Z-250 (Híbrida) Cor A3 LOT 8NW	3M/ ESPE EUA	BisGMA,UDMA, Bis-EMA	Zircônia/Sílica Tamanho médio 0,6 μ m 60%vol 82 % peso
Filtek LS Cor A3 LOT 8BB	3M/ESPE EUA	Siloranos	Tamanho médio 0,1 a 2 μ m, fluoreto de itérbio, dióxido de silício Carga 55%vol. 76% peso

A fotoativação das resinas compostas foi realizada com os seguintes equipamentos e protocolos:

- Led: Celalux (Voco, Cuxhaven, Germany) com intensidade de luz de 800 mW/cm^2 por 10 s e 20 s para se obter uma densidade de energia luminosa de 8 e 16 J/cm^2 , respectivamente. A intensidade de energia foi aferida a cada 5 corpos-de-prova com auxílio de um radiômetro para LED (SDI, Victoria, Australia).
- Luz halógena: XL 3000 (3M/ESPE, St Paul, Minnessota, EUA) com intensidade de luz de 600 mW/cm^2 por 14 s e 27 s para se obter uma densidade de energia luminosa de 8 e 16 J/cm^2 , respectivamente. A intensidade de energia foi aferida a cada 5 corpos-de-prova com radiômetro analógico (Demetron, Danbury, CT, EUA).

Tabela 2. Especificações referentes ao dentífrico e à escova dental utilizados

Marca comercial	Composição	Fabricante
Colgate Total 12 Clean Mint	1450 ppm de flúor, triclosan, água, sorbitol, dióxido de silício (substância abrasiva), lauril sulfato de sódio, copolímero PVM/MA (gantrez), aroma, carragena, hidróxido de sódio, dióxido de titânio, sacarina sódica e fluoreto de sódio	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil
Colgate Classic (escova)	Cerdas de nylon, âncora metálica, resina termoplástica e pigmento. Cerdas retas e com pontas arredondadas e consistência macia.	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil

Confecção das Amostras

Cento e sessenta amostras foram confeccionadas utilizando-se uma matriz de teflon bipartida contendo um orifício central de 6mm de altura por 5mm de diâmetro, onde foi inserida a resina composta em três incrementos de 2mm com o auxílio de uma espátula Thompson nº6. A lisura de superfície foi obtida polimerizando o cilindro de resina contra uma tira de poliéster, a qual foi pressionada de encontro à superfície do compósito com o auxílio de uma placa de vidro. Os métodos de fotoativação utilizados foram os previamente descritos para LED ou luz halógena. Após, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 24 horas, em estufa à 37°C, antes do ensaio de escovação. Os grupos estudados foram:

Tabela 3. Grupos ativados por LED

Grupo	Resina Composta	Densidade de Energia
GL1	Charisma	8 J/cm ² (800 mW/cm ² por 10 s)
GL2	Charisma	16 J/cm ² (800 mW/cm ² por 20 s)
GL3	Filtek Z250	8 J/cm ² (800 mW/cm ² por 10 s)
GL4	Filtek Z-250	16 J/cm ² (800 mW/cm ² por 20 s)
GL5	Filtek LS	8 J/cm ² (800 mW/cm ² por 10 s)
GL6	Filtek LS	16 J/cm ² (800 mW/cm ² por 20 s)
GL7	ROK	8 J/cm ² (800 W/cm ² por 10 s)
GL8	ROK	16 J/cm ² (800 W/cm ² por 20 s)

Tabela 4. Grupos ativados por luz halógena

Grupo	Resina Composta	Densidade de Energia
GH1	Charisma	8 J/cm ² (600 mW/cm ² por 14 s)
GH2	Charisma	16 J/cm ² (600 mW/cm ² por 27 s)
GH3	Filtek Z-250	8 J/cm ² (600 mW/cm ² por 14 s)
GH4	Filtek Z-250	16 J/cm ² (600 mW/cm ² por 27 s)
GH5	Filtek LS	8 J/cm ² (600 mW/cm ² por 14 s)
GH6	Filtek LS	16 J/cm ² (600 mW/cm ² por 27 s)
GH7	ROK	8 J/cm ² (600 mW/cm ² por 14 s)
GH8	ROK	16 J/cm ² (600 mW/cm ² por 27 s)

Tabela 5. Grupos estudados (ciclo e tempo)

	8J/cm ²					16J/cm ²			
	Tempo	Filtek LS	Charisma	Z250	ROK	Filtek LS	Charisma	Z250	ROK
Halógena 600mW/cm ²	Inicial	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6m	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	12m	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
	24m	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
LED 800mW/cm ²	inicial	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	6m	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	12m	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
	24m	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000

* Tabela mostra tempo em meses (m) e o número de ciclos correspondentes ao tempo

Análise da Rugosidade Superficial Inicial

Para a medida da rugosidade média de superfície (Ra) foi utilizado um Rugosímetro SJ 201 (Mitutoyo, Takatsu-Ku, Kawasaki Kanagawa, Japão), sendo que foram realizadas três leituras em cada corpo-de-prova: duas nas extremidades e uma no centro, guiadas por marcações em uma placa de acrílico que possui um orifício central de 5mm de diâmetro onde foi alojado o corpo-de-prova para leitura. A agulha percorreu a superfície dos corpos-de-prova com um deslocamento limitado de 2,5mm, registrando digitalmente os resultados (µm). O rugosímetro foi acoplado em uma base metálica para eliminar vibrações indesejadas garantindo a precisão das leituras.

Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de abrasão

O ensaio de abrasão foi realizado em uma máquina de teste de escovação com base na literatura pertinente ao assunto (Tochetto et al., 2005). Cada corpo-de-prova foi fixado no centro (orifício) de uma placa acrílica (55 X 25 X 4mm) respectivamente para o comprimento, largura e altura, permitindo que a superfície de teste ficasse 1mm além da borda do orifício que aloja a mesma. A fixação do corpo-de-prova foi realizada com cera utilidade na base para estabilização. Cada placa foi colocada em uma cuba acrílica, a qual foi fixada à máquina de escovação por meio de pinos metálicos.

A máquina de escovação foi ligada promovendo um movimento cíclico retilíneo bidirecional nos quatro braços articulados. Cada braço possui um orifício na sua extremidade, que possibilitou encaixar uma haste, na qual a ponta ativa de uma escova dental foi fixada. O curso total do movimento foi de 12 mm. Seis gramas de dentifrício foram pesados em uma balança de precisão AG 204 (Mettler/Toledo) e misturados com 6 ml de água destilada formando uma pasta homogênea a qual foi dispensada no interior da cuba acrílica cobrindo os corpos-de-prova por completo. Esta pasta de proporção 1:1 foi trocada a cada ciclo juntamente com as escovas.

A velocidade constante da máquina foi de 250 ciclos por minuto. Segundo a literatura (Ferreira et al., 2002 ; Santos et al., 2003), 20.000 ciclos correspondem a 24 meses de escovação simulada, ou seja, 1h e 20 min de escovação, conseqüentemente, 10.000 ciclos correspondem a 12 meses (40 min) e 5.000 ciclos

a 6 meses (20 min). O peso colocado no braço articulado sobre os corpos-de-prova foi de 200g, simulando condições clínicas de higiene.

Análise da Rugosidade Superficial Final após cada período de escovação

Após cada período de escovação os corpos-de-prova foram lavados em água corrente, secos com jatos de ar e submetidos a leitura da rugosidade média de superfície (Ra), como descrito anteriormente.

Análise morfológica superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura

Logo após a leitura da Rugosidade Superficial Final foram selecionados os grupos onde houve a menor rugosidade de superfície para avaliação. As amostras foram revestidas com ligas de ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers-SSD 050 sputter coater, Alemanha), para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Phillips XL 30, Alemanha), em aumento de 500 X e 8000 X. Quatro amostras por grupo foram selecionadas para observação.

Análise Estatística

Os resultados obtidos no ensaio de escovação simulada foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal das amostras. Em seguida, foi aplicado o teste de ANOVA com quatro fatores fixos (resina composta, ciclo, densidade energia e fonte) e Tukey ($\alpha=5\%$). A análise dos dados foi realizada com o *software* Statistix for Windows v.8.0 (Analytical Software, Tallahassee, FL, EUA)

RESULTADOS

Os resultados do teste de rugosidade de superfície estão dispostos na tabela 4.

Tabela 6. Resultados do teste de rugosidade Ra (μm) das resinas compostas

	8J/cm ²				16J/cm ²				
		Filtek LS	Charisma	Z250	ROK	Filtek LS	Charisma	Z250	ROK
Halógena	inicial	0.06 MNOP	0.07 MNOP	0.06 MNOP	0.07 MNOP	0.07 MNOP	0.07 MNOP	0.06 NOP	0.06 OP
	6m	0.18 CDEFG	0.09 KLMNOP	0.07 MNOP	0.08 MNOP	0.17 DEFGH	0.10 JKLMNOP	0.08 MNOP	0.06 NOP
	12m	0.24 AB	0.10 JKLMNOP	0.08 MNOP	0.10 JKLMNOP	0.22 ABCD	0.11 IJKLMNOP	0.09 LMNOP	0.07 MNOP
	24m	0.26 A	0.19 BCDEF	0.11 IJKLMNOP	0.10 JKLMNOP	0.26 A	0.16 EFGHI	0.10 KLMNOP	0.09 MNOP
LED	inicial	0.07 MNOP	0.07 MNOP	0.06 NOP	0.06 MNOP	0.07 MNOP	0.06 MNOP	0.06 MNOP	0.06 P
	6m	0.15 FGHIJKL	0.12 GHIJKLM	0.07 MNOP	0.07 MNOP	0.11 IJKLMNOP	0.10 JKLMNOP	0.07 MNOP	0.06 NOP
	12m	0.21 ABCDE	0.16 EFGHIJ	0.09 LMNOP	0.07 MNOP	0.17 DEFGHI	0.12 HIJKLMNO	0.08 MNOP	0.06 NOP
	24m	0.24 AB	0.22 ABCD	0.12 HIJKLMN	0.08 MNOP	0.24 ABC	0.15 EFGHIJK	0.09 LMNOP	0.06 MNOP

* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente para ANOVA e Tukey com 95% de confiança

Os maiores valores de rugosidade após 24 meses foram obtidos pela resina composta Filtek LS fotoativada com luz halógena com densidade de energia de 8J/cm² e 16J/cm². Os menores valores de rugosidade após 24 meses foram obtidos pela resina composta ROK fotoativada com LED com densidade de energia de 8J/cm² e 16J/cm².

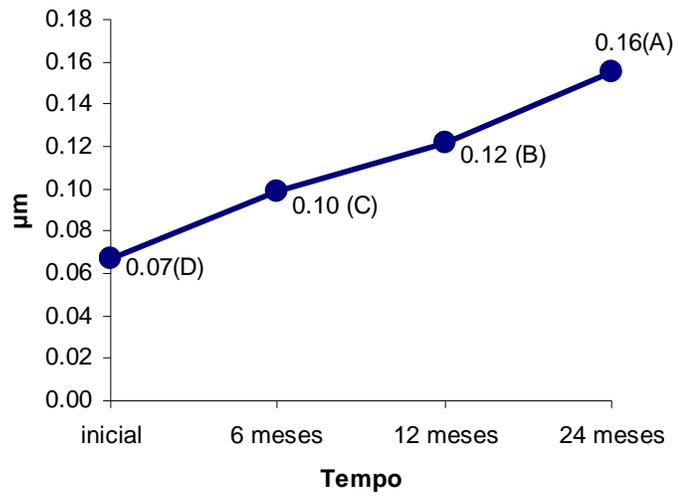


Figura 1. Rugosidade média (μm) X Ciclo (tempo) considerando todas as resinas estudadas. Média seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa para ANOVA e Tukey ($\alpha=5\%$)

A figura 1 mostra que com o passar do tempo há um aumento significativo da rugosidade de superfície nas resinas compostas submetidas à escovação.

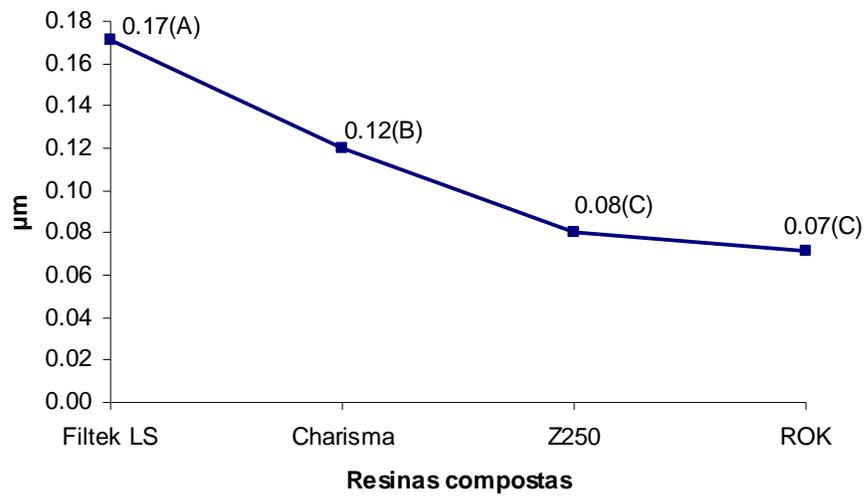


Figura 2. Rugosidade média final, após 24 meses, das resinas compostas considerando as unidades de fotoativação distintas e densidades de energia. Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa para ANOVA e Tukey ($\alpha=5\%$)

A figura 2 mostra que as resinas ROK e Z250, não diferem estatisticamente e apresentaram as menores rugosidades de superfície considerando as diferentes unidades de fotoativação e densidades de energia utilizadas. A resina composta Filtek LS apresentou a maior rugosidade do estudo após 24 meses.

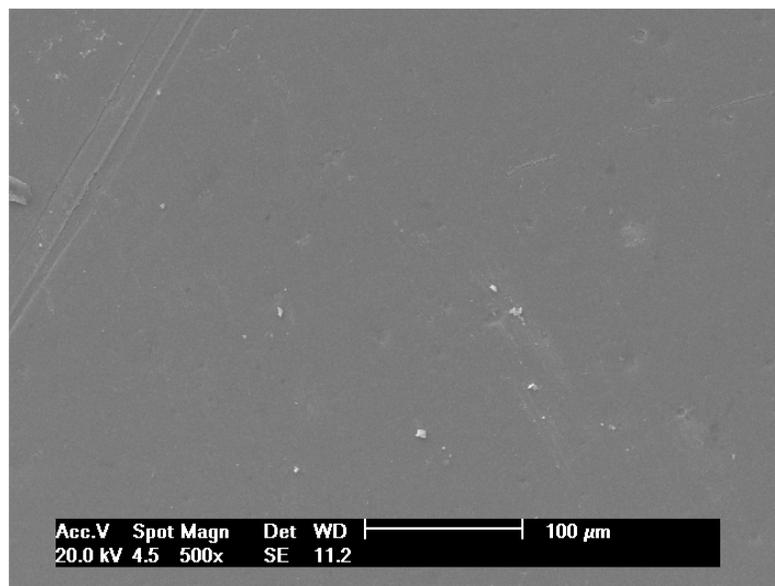


Figura 3. Resina Charisma inicial (500X).

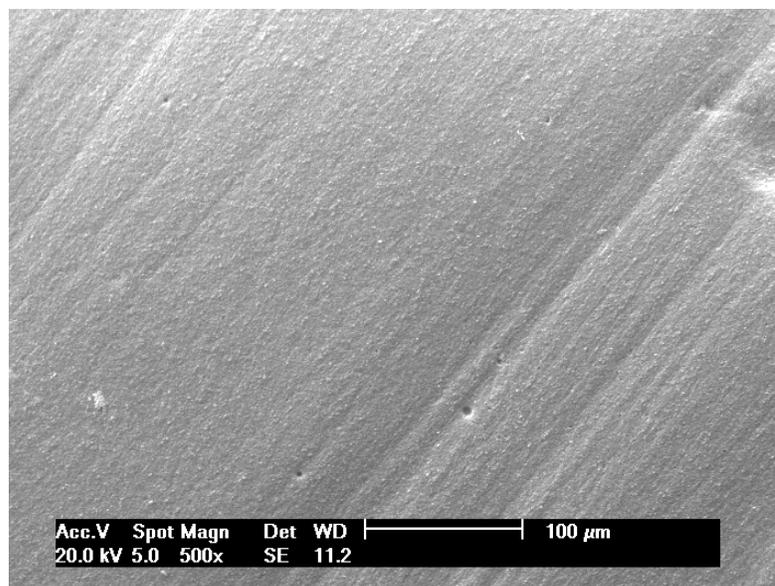


Figura 4. Resina Charisma após 24 meses (500X).

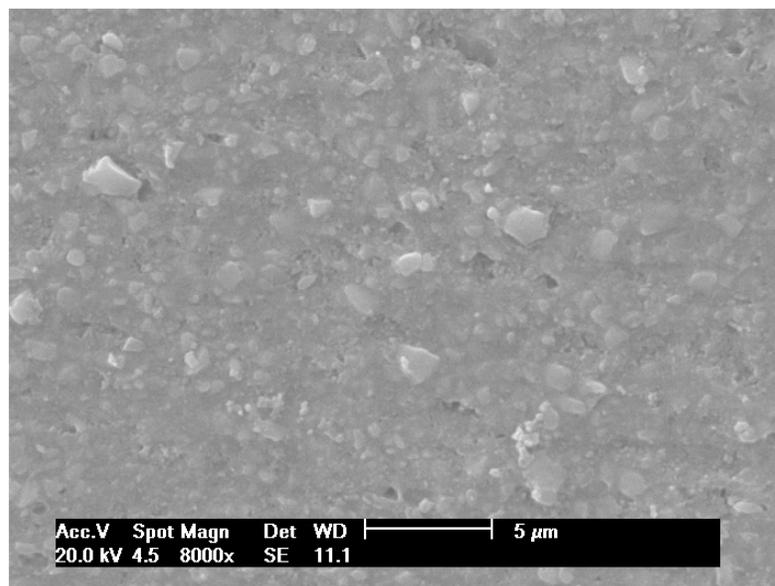


Figura 5. Resina Charisma após 24 meses (8000X).

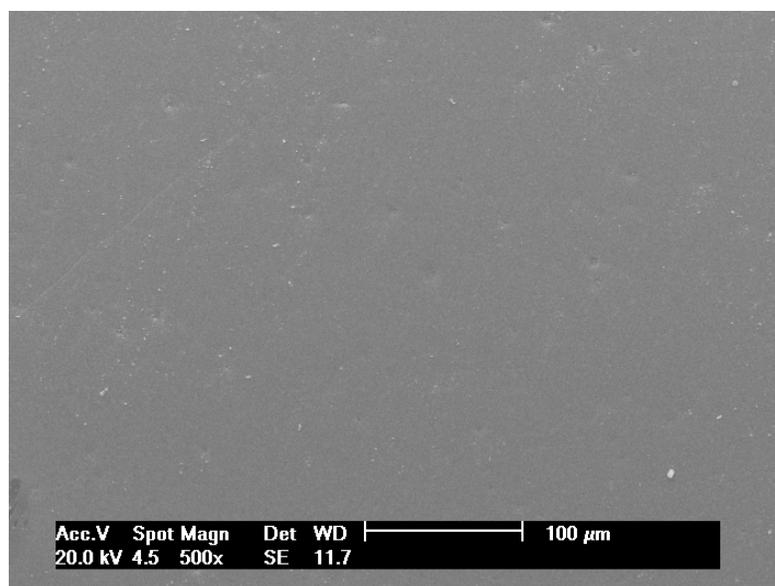


Figura 6. Resina Filtek LS inicial (500X).

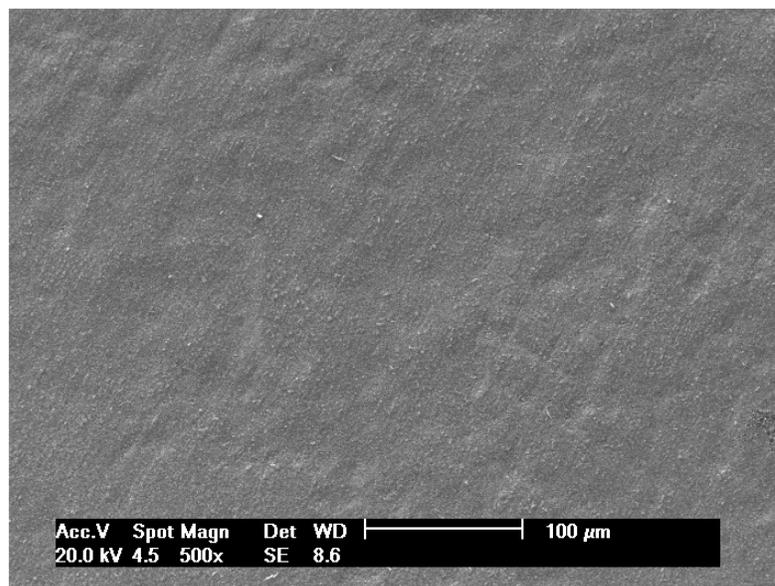


Figura 7. Resina composta Filtek LS após 24 meses (500X).

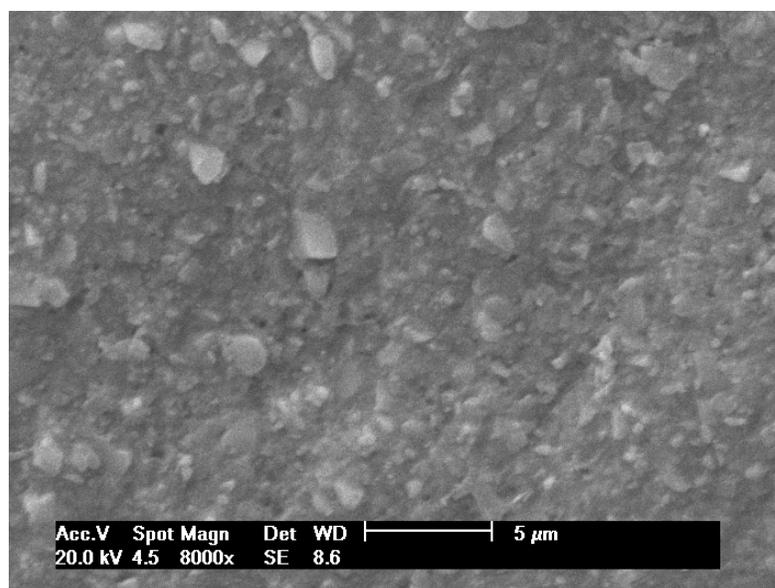


Figura 8. Resina composta Filtek LS após 24 meses (8000X)

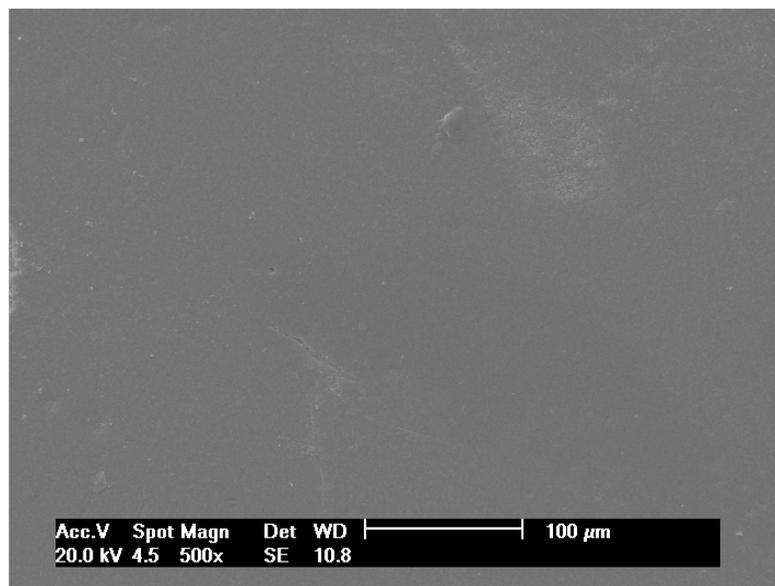


Figura 9. Resina composta ROK inicial (500X).

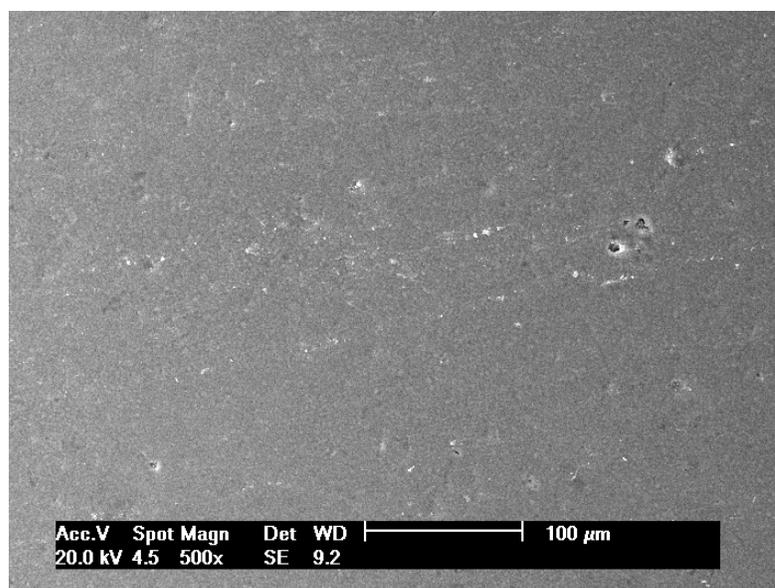


Figura 10. Resina composta ROK após 24 meses (500X).

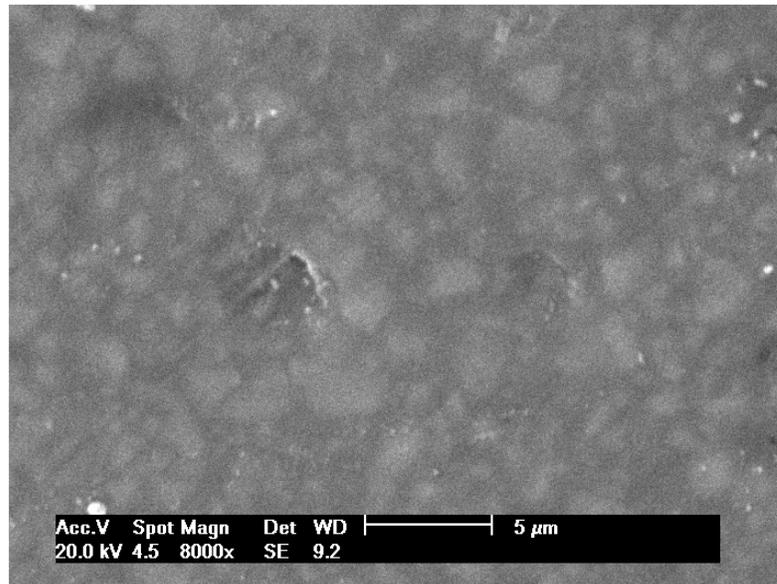


Figura 11. Resina composta ROK após 24 meses (8000X)

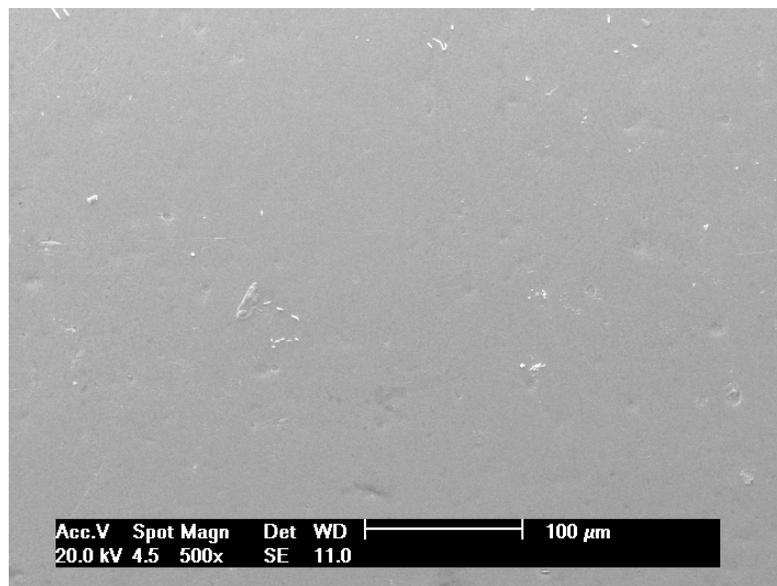


Figura 12. Resina composta Z250 inicial (500 X).

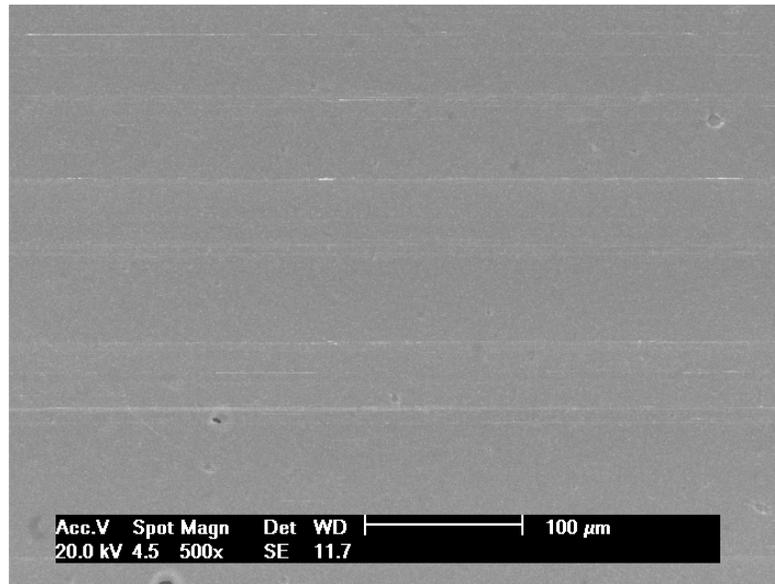


Figura 13. Resina composta Z250 após 24 meses (500X).

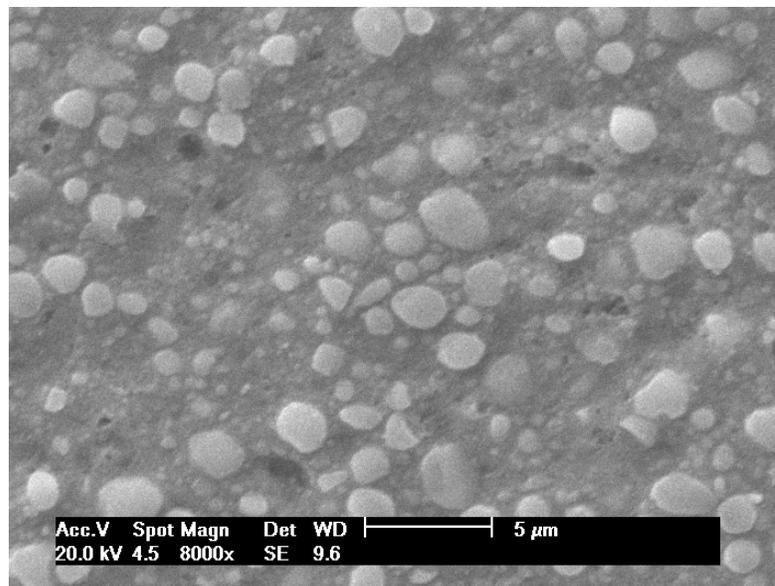


Figura 14. Resina composta Z250 após 24 meses (8000X).

A presença de marcas da escovação é evidente nas figuras 4 (Charisma), 7 (Filtek LS) e 13 (Z250) após 24 meses de escovação. A exposição de partículas de carga é visível após 24 meses de escovação nas resinas compostas Z250 (Figura 14),

Charisma (Figura 5) e Filtek LS (Figura 8).

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo rejeitamos a hipótese de nulidade uma vez que houve diferença estatística entre os grupos estudados. Os fatores que podem ter contribuído para esses resultados são: composição das resinas compostas, o tempo de escovação simulada, o tipo de fonte e densidade de energia.

As resinas compostas apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre si ($p=0,0001$). A rugosidade da resina Charisma variou de 0,07 a 0,19 μm , concordando com Moraes *et al.* (2008), que verificaram variação de 0,06 a 0,16 μm quando submetidos ao mesmo abrasivo com até 60.000 ciclos. Os resultados deste estudo diferem de Cicconi-Nogueira *et al.* (2007) que observaram rugosidade inicial de 0,13 μm para a Z250 e de 0,14 μm para Charisma, assim como, para rugosidade final em 30 dias de 1,5 μm e 1,32 μm respectivamente. Uma possível explicação para tal diferença está no modelo de estudo aplicado, uma vez que Cicconi-Nogueira avaliaram a rugosidade *in situ*. Baseado nas limitações de uma resina em desenvolvimento (Filtek LS) e pela falta de informações na literatura, é possível apenas citar informações da empresa fabricante e segundo a 3M/ESPE, a resina Filtek LS correspondeu ao desempenho de outros materiais disponibilizados no mercado. Os fabricantes da resina ROK, não informam o seu desempenho em testes de resistência a abrasão.

A diferença significativa entre os materiais pode ser explicada parcialmente pela composição (Moraes *et al.*, 2008). Foi possível observar que a resina composta ROK, apresentou a menor rugosidade superficial entre os materiais testados

($p < 0,05$). Em sua composição a matriz é exclusivamente UDMA e segundo (Peutzfeld, 1997) as resinas com base nesta matriz terão propriedades mecânicas aumentadas comparado a compósitos de resina baseados em BisGMA. Também existem indicações de que graus de conversão mais altos, são obtidos com uretano dimetacrilatos quando comparados com misturar BisGMA:TEGDMA (Peutzfeld, 1997; Chung e Griner, 1990), o que foi observado ao comparar a resina Charisma aos demais grupos.

A nova resina Filtek LS que utiliza um sistema de monômero à base de siloranos é completamente diferente dos dimetacrilatos usuais. No estudo, ela apresentou um comportamento de rugosidade final mais elevado em relação aos demais grupos. Tal fato, pode ser comprovado nas figuras 6, 7 e 8 onde é claro o efeito da escovação após 24 meses havendo deformação na superfície do material e exposição das partículas inorgânicas. A possível implicação clínica direta deste achado é a perda de brilho e anatomia das restaurações bem como manchamento extrínseco.

Segundo a literatura há uma correlação forte entre conteúdo de carga e resistência a abrasão de resinas compostas (Reich *et al.* (2004), Xu (1999)). Corroborando com os achados desse estudo as diferenças encontradas podem ser explicadas pelo conteúdo de carga em volume. Em ordem crescente, segundo os fabricantes as resinas apresentam o seguinte conteúdo de carga em volume: Filtek LS 55%, Z250 60%, Charisma 64%, ROK 70%.

Outro fator determinante no resultado do trabalho foi à fonte de polimerização ($p = 0,0047$). Mills *et al.* (1999), ao comparar as fontes luminosas LED e luz halógena com intensidades iguais, observou que os grupos fotoativados com LED apresentavam uma profundidade de polimerização maior quando comparados com

luz halógena. No entanto, este estudo discorda de Martinelli *et al.*(2006) que concluíram menor resistência abrasiva para a resina Charisma polimerizada com fonte LED quando submetidas ao teste de abrasão. Uma possível explicação, pode ser que o aparelho LED apresenta intensidade em torno de 1000 mw/cm^2 , mas o seu principal benefício está no comprimento de onda ideal para a cura dos compósitos. Portanto, mais energia estará disponível para ser absorvida pelos fotoiniciadores em um tempo reduzido (Gromberg *et al.*, 2006). Como os LEDs fazem a conversão da energia diretamente em luz, pouco calor é gerado. Segundo Stahl *et al.* (2000), as lâmpadas halógenas emitem maior quantidade de luz que os LEDs, entretanto na região do espectro que interessa (450-470nm) a quantidade de luz emitida pelos LEDs pode chegar ao dobro da emitida pela halógena, logo os LEDs apresentam uma maior eficiência de polimerização. Portanto fica evidente que a taxa de polimerização é maior quando feita com LED, pois o comprimento de onda é específico e com isso mais fótons estarão disponíveis para excitação dos fotoiniciadores, que na maioria dos casos é a canforoquinona.

A relação potência e tempo de exposição determina a densidade de energia. Na teoria geral da quantidade de energia, o grau de polimerização é diretamente proporcional ao total de densidade de energia de luz (Rueggeberg *et al.*, 1994), e isto pode ser padronizado para qualquer fonte de fotopolimerização. Muitos trabalhos sugerem uma densidade de energia de 16 J/cm^2 (Neo 2005, Yap 2001, Oberholzer 2003) sendo isto facilmente obtido utilizando um aparelho de 400 mw/cm^2 por 40s, tempo este em geral recomendado pelo fabricante. Todavia, parece que este tempo pode ser reduzido sem prejuízos às propriedades do material. Para que o tempo de cura seja menor, fatores como tipo de matriz, carga, cor e viscosidade devem ser levados em conta. Concordando com este princípio este estudo observou

diferença estatisticamente significativa entre as densidades de 8 e 16J/cm² (p=0,0001).

O ciclo de escovação apresentou influência direta nos resultados (p= 0,0001), sendo o desgaste proporcional ao tempo escovação. No entanto, outros fatores podem também influenciar no comportamento clínico das resinas frente à rugosidade de superfície dentre estes pode-se citar: a quantidade e tamanho dos abrasivos nos dentífricos, a pressão exercida na escovação e a composição e dureza das escovas dentais (Chimelo *et al.* (2001)). Segundo Dilásccio *et al.* (2005), quanto maior o peso aplicado na escova, maior será a pressão exercida sobre o corpo de prova e maior será o desgaste sofrido pela resina. A pressão de 200g foi recomendada em vários estudos, dentre eles Moraes *et al.* (2008). Com o ato da escovação, pode ocorrer um desgaste na matriz orgânica, o que levaria a uma exposição indevida das partículas de carga e com isso aumentaria o desgaste dos compósitos. Tal fato, foi observado por O'brien *et al.* (1980), após observarem através de MEV restaurações que permaneceram em boca por um período de tempo de 3 a 8 anos. Segundo os autores, ocorreu perda de carga por falha na união carga/matriz, desgaste da matriz e perda das partículas de carga por exposição das partículas. Neste contexto, é interessante observar as imagens de MEV do presente estudo. Com exceção da resina ROK (Figuras 9,10,11) todos os outros materiais tiveram efeito aparente da escovação na superfície caracterizado pelos sulcos formados pelas cerdas da escova (Figuras 4, 7, 13). A exposição de partículas foi observada nas resinas Charisma, Filtek LS e Z250 (Figuras 5, 8 e 14). A resina ROK (figura 11) apresentou a melhor integridade de superfície não havendo exposição de partículas.

Embora os resultados mostrem diferenças estatisticamente significativas entre os materiais estudados, será que estas diferenças são percebidas clinicamente? Os

materiais que apresentaram como média uma rugosidade inicial de 0,06 μm e após dois anos de escovação 0,15 μm . Esta variação de 0,09 μm é clinicamente relevante? Será que compensa todo um investimento milionário das indústrias de materiais odontológicos para desenvolver novos materiais, como foi o caso da resina Filtek LS, que teve o pior desempenho em relação à outras resinas que já vem sendo utilizadas com sucesso e comprovações clínicas de longo prazo? Segundo o fabricante da resina Filtek LS (3M-ESPE) há 1% de contração deste material após a polimerização enquanto que as resinas tradicionais a média é de 3%. Tal fato pode ser considerado uma grande vantagem? Será que compensa utilizar um material com menor contração, mas com menos resistência abrasiva?

Estudos futuros devem comprovar clinicamente os resultados encontrados nesta pesquisa. Outras fontes de energia devem também ser estudadas como laser de argônio e diodo bem como arco de plasma.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir:

- As resinas compostas que contêm UDMA na sua matriz orgânica apresentam maior resistência à abrasão de superfície;
- Resinas compostas baseadas em Siloranos apresentam maior rugosidade final de superfície e a menor resistência ao desgaste por abrasão;
- A densidade de energia é uma fator importante e diretamente relacionado com a resistência à abrasão das resinas compostas. Resinas compostas fotoativadas com $16\text{J}/\text{cm}^2$ apresentam, na sua maioria, menor rugosidade de superfície do que as polimerizadas com $8\text{J}/\text{cm}^2$.

ARTIGO 2

Influência de dentifrícios clareadores na rugosidade superficial de resinas compostas comerciais

INTRODUÇÃO

O controle da cárie dentária e da doença periodontal sempre foi o principal objetivo da Odontologia. Para que este objetivo seja alcançado é imprescindível a utilização da escova, fio dental e dentifrício. Todos estes fatores reunidos e quando bem utilizados levam ao desarranjo da matriz intermicrobiana removendo o biofilme que é o principal agente dessas doenças. Não obstante, para aumentar a efetividade dos dentifrícios, inicialmente foram acrescentados fluoretos à sua composição, sendo este fator de fundamental importância na redução da doença cárie. Posteriormente, outras substâncias foram acrescentadas aos cremes dentais como abrasivos de diferentes tamanhos e formas, e atualmente também substâncias clareadoras (Cury, 2002). Como o apelo estético cresceu muito nas últimas décadas, a estética do sorriso tomou um papel muito importante nos tratamentos de beleza. Não obstante, a aceitação cultural da população ao clareamento dental permitiu à indústria de dentifrícios lançar no mercado cremes dentais para branqueamento com os apelos comerciais de “extra-branqueamento”, “ultra-branqueamento”, inclusive prometendo resultados em até alguns dias ou semanas, trazendo às vezes uma escala de cores para ser comparada durante o período de tratamento. O efeito destes novos dentifrícios na superfície das resinas compostas atuais, principalmente no que tange à rugosidade de superfície, não são totalmente conhecidos. Pelo fato

de serem reconhecidamente mais abrasivos do que os cremes tradicionais, é possível supor um maior desgaste de superfície. No entanto, não há dados conclusivos na literatura para suportar esta afirmação, pois a velocidade com que são produzidos estes produtos, superam as pesquisas e com isso a efetividade desses produtos ficam apenas baseadas nas informações comerciais das empresas.

Os abrasivos presentes em géis e cremes dentais, que são apresentados na forma de micropartículas, têm papel fundamental na limpeza dos dentes, e auxiliam removendo manchas e microorganismos da superfície dental. Nas formulações, a sílica e o carbonato de cálcio são os mais freqüentes, embora vários outros são utilizados. Segundo Kodaka *et al.* (2001) uma elevada concentração de abrasivos pode levar a uma série de danos aos tecidos duros e moles, e também às restaurações dentárias. Estes cremes dentais branqueadores teriam uma atuação voltada para o tecido dentário, mas também com o aumento da quantidade de abrasivos, pode ocorrer uma interferência no polimento e, conseqüentemente, na rugosidade de superfície das restaurações dentárias comprometendo a durabilidade das mesmas.

Portanto, de acordo com a quantidade de benefícios oferecidos pelos cremes dentais, que variam de uma simples higiene até um tratamento estético dos dentes, este estudo terá como objetivo avaliar a rugosidade de superfície de resinas compostas com diferentes composições de matriz orgânica quando submetidas a escovação por até 2 anos com dentifrícios contendo abrasividades diferenciadas. A hipótese nulas inicial será:

- O uso de cremes dentais com diferentes composições inorgânicas promoverá rugosidade de superfície similar em resinas compostas com diferentes composições químicas após 24 meses de escovação simulada;

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Para a confecção dos corpos de prova foram utilizadas duas resinas compostas que apresentam diferentes composições de matriz orgânica.

Tabela 1. Resinas compostas utilizadas

Resina Composta	FABRICANTE	Fase Orgânica	Fase inorgânica
ROK (Híbrida) LOT 051212	SDI Australia	UDMA	Estrôncio alumínio silicato Tam. med. 1,2 μ m 63% vol. 77% peso
Z-250 (Híbrida) LOT 8NW	3M/ ESPE USA	BisGMA,UDMA, Bis-EMA	Zircônia/Sílica Tam.med.0,6 μ m 60%vol. 82 % peso

Tabela 2. Dentifrícios e escova utilizados para o ensaio de abrasão por escovação

Marca comercial	Ingredientes	Fabricante
Colgate Total 12 Clean Mint	1450 ppm de flúor, triclosan, água, sorbitol, dióxido de silício (substância abrasiva), lauril sulfato de sódio, copolímero PVM/MA (gantrez), aroma, carragena, hidróxido de sódio, dióxido de titâneo, sacarina sódica e fluoreto de sódio	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil
Colgate Max White Com lâminas branqueadoras	1450 ppm de flúor, fluoreto de sódio 0,32%, sorbitol, água, sílica hidratada (substância abrasiva), PEG-12, laurilsulfato de sódio, cocamidopropil betaína, sabor, goma de celulosa, pirofosfato tetrasódico, sacarina sódica, hidroxipropil metilcelulosa, pigmento azul 15	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil
Close up Extra Whitening	1500 ppm de flúor, Monofluorofosfato de sódio, carbonato de cálcio (abrasivo), água, sorbitol, silício (substância abrasiva), laurilsulfato de sódio, sabor, fosfato trisódico, dióxido de titânio, goma de celulosa, perlite, álcool bencilico, sacarina sódica	Unilever Brasil Higiene Pessoal e Limpeza Ltda, Ipojuca, Pernambuco, Brasil
COLGATE CLASSIC (ESCOVA)	Cerdas de nylon, âncora metálica, resina termoplástica e pigmento. Cerdas retas e com pontas arredondadas e consistência macia.	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil

Confecção das amostras

Oito corpos-de-prova foram confeccionados por grupo, todos fotoativados com Luz halógena XL 3000 (3M/ESPE, St Paul, Minnessota, EUA) com intensidade de luz de 600 mW/cm^2 durante 27s para obtenção de uma densidade de energia luminosa de 16 J/cm^2 . A intensidade de energia foi aferida a cada 5 corpos-de-prova com auxílio de um radiômetro analógico (Demetron, Danbury, CT, EUA). As amostras foram confeccionadas utilizando-se uma matriz de teflon bipartida contendo um orifício central de 6mm de altura por 5mm de diâmetro, onde foi inserida a resina composta em três incrementos de 2mm com o auxílio de uma espátula Thompson nº6. A lisura de superfície foi obtida polimerizando o cilindro de resina contra uma tira de poliéster, a qual foi pressionada de encontro à superfície do compósito com o auxílio de uma placa de vidro. Após, foram mantidos em água destilada por 24 horas em recipientes fechados e ao abrigo da luz.

Os corpos de prova foram submetidos à escovação com os dentifrícios conforme os seguintes grupos:

Tabela 3. Grupos de estudo

Grupos	Resinas compostas	Dentifrício	n	Ciclos
G1R	ROK	Colgate Total 12	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses
G1Z	Z250	Colgate Total 12	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses
G2R	ROK	Colgate MaxWhite com lâminas Branqueadoras	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses
G2Z	Z250	Colgate MaxWhite com lâminas Branqueadoras	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses
G3R	ROK	Close up Extra Whitening	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses
G3Z	Z250	Close up Extra Whitening	08	Inicial, 6 meses, 12 meses, 24 meses

Análise da Rugosidade Superficial Inicial

Para a medida da rugosidade média de superfície (Ra) foi utilizado um Rugosímetro SJ 201 (Mitutoyo, Takatsu-Ku, Kawasaki Kanagawa, Japão), sendo que em cada corpo-de-prova foram realizadas três leituras nas extremidades e no centro, guiadas por marcações em uma placa de acrílico que possui um orifício central de 5mm de diâmetro onde era alojado o corpo-de-prova para leitura. A ponta palpadora em formato de agulha percorreu a superfície dos corpos-de-prova com um deslocamento limitado de 2,5mm e registrou digitalmente os resultados em micrometros. O rugosímetro foi acoplado em uma base metálica para eliminar vibrações indesejadas garantindo a precisão das leituras.

Preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de abrasão

O ensaio de abrasão foi realizado em uma máquina de teste de escovação com base na literatura pertinente ao assunto (Tochetto et al., 2005). Cada corpo-de-prova foi fixado no centro (orifício) de uma placa acrílica (55 X 25 X 4mm) respectivamente para o comprimento, largura e altura, permitindo que a superfície de teste ficasse 1mm além da borda do orifício que aloja a mesma. A fixação do corpo-de-prova foi realizada com cera utilidade na base para estabilização. Cada placa foi colocada em uma cuba acrílica, a qual foi fixada à máquina de escovação por meio de pinos metálicos.

A máquina de escovação foi ligada promovendo um movimento cíclico retilíneo bidirecional nos quatro braços articulados. Cada braço apresentou um orifício na sua extremidade, que possibilitou encaixar uma haste, na qual a ponta ativa de uma escova dental foi fixada. O curso total do movimento foi de 12 mm. Seis gramas de dentífrico foram pesados em uma balança de precisão AG 204 (Mettler/Toledo) e misturados com 6 ml de água destilada formando uma pasta homogênea a qual foi dispensada no interior da cuba acrílica cobrindo os corpos-de-prova por completo. Esta pasta de proporção 1:1 foi trocada a cada ciclo juntamente com as escovas.

A velocidade constante da máquina foi de 250 ciclos por minuto, e segundo a literatura (Ferreira et al., 2002 ; Santos et al., 2003), 20.000 ciclos correspondem a 24 meses de escovação simulada, ou seja, 1h e 20 min de escovação, conseqüentemente, 10.000 ciclos correspondem a 12 meses (40 min) e 5.000 ciclos a 6 meses (20 min). O peso colocado no braço articulado sobre os corpos-de-prova foi de 200g, simulando condições clínicas de higiene.

Análise da Rugosidade Superficial Final após cada período de escovação

Após cada período de escovação correspondente a 6 meses, 12 meses e 24 meses os corpos-de-prova foram lavados em água corrente, secos com jatos de ar e submetidos a leitura da rugosidade média de superfície (R_a), como descrito anteriormente.

Análise morfológica superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura

Quatro corpos-de-prova representativos de cada grupo foram utilizados para esta análise. Logo após a leitura da Rugosidade Superficial Final, as amostras foram revestidas com ligas de ouro-paládio, sob alto vácuo (Balzers-SSD 050 sputter coater, Alemanha), para observação em Microscópio Eletrônico de Varredura (Phillips XL 30, Germany), em aumentos de 500X e 8000 X.

Análise Estatística

Os resultados obtidos no ensaio de escovação simulada foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal das amostras. Em seguida, foi aplicado o teste de ANOVA com três fatores fixos (resina composta, tempo e dentifrícios) e Tukey ($\alpha=5\%$). A análise dos dados foi realizada com o *software* Statistix for Windows v.8.0 (Analytical Software, Tallahassee, FL, EUA).

RESULTADOS

Os resultados da ANOVA com três fatores fixos estão dispostos na tabela 4.

Tabela 4. Resultados da ANOVA three-way

Fator	<i>p</i>
Dentifrício	0,0001
Resinas	0,0007
Tempo	0,0001
Dentifrício*resinas	0,44
Dentifrício*tempo	0,04
Resinas*tempo	0,004
Dentifrício*resinas*tempo	0,18

Observa-se na tabela 4 que houve diferença estatisticamente significativa entre os dentifrícios ($P=0,0001$), resinas compostas ($p=0,0007$) e entre os períodos de tempo de escovação ($p=0,0001$). A interação entre os três fatores não foi estatisticamente significativa para o estudo ($p=0,18$).

Os resultados de rugosidade de superfície (μm) estão dispostos nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Resultados de rugosidade (μm) das resinas compostas considerando a ação de todos os dentifrícios

Resinas compostas	Tempo			
	inicial	6 meses	12meses	24meses
ROK	0,06 ^c	0,07 ^{bc}	0,09 ^{bc}	0,11 ^b
Z250	0,06 ^c	0,09 ^{bc}	0,10 ^b	0,17 ^a

* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente para Anova e Tukey ao nível de 95% de confiança

Na tabela 5 é possível verificar que ao final dos 24 meses a resina ROK apresentou a menor rugosidade média de superfície (0,11 μm) quando comparada à resina Z250 (0,17 μm).

Tabela 6. Resultados de rugosidade (μm) das resinas compostas considerando a ação de todos os dentifrícios e o tempo

Dentifrício	Resinas compostas	Tempo			
		Inicial	6 m	12m	24m
Colgate Total 12	Z250	0,06 B	0,07 B	0,09 B	0,09 B
	ROK	0,06 B	0,06 B	0,07 B	0,09 B
Colgate Max White	Z250	0,06 B	0,10 B	0,11 B	0,21 A
	ROK	0,06 B	0,08 B	0,11 B	0,12 B
Close Up Extra Whitening	Z250	0,06 B	0,10 B	0,11 B	0,21 A
	ROK	0,06 B	0,08 B	0,10 B	0,11 B

* Médias seguidas de letras distintas diferem estatisticamente para Anova e Tukey ($\alpha=95\%$)

A tabela 6 mostra que a resina composta Z250 apresentou a maior rugosidade média (0,21 μm) após 2 anos de escovação com os dentifrícios clareadores.

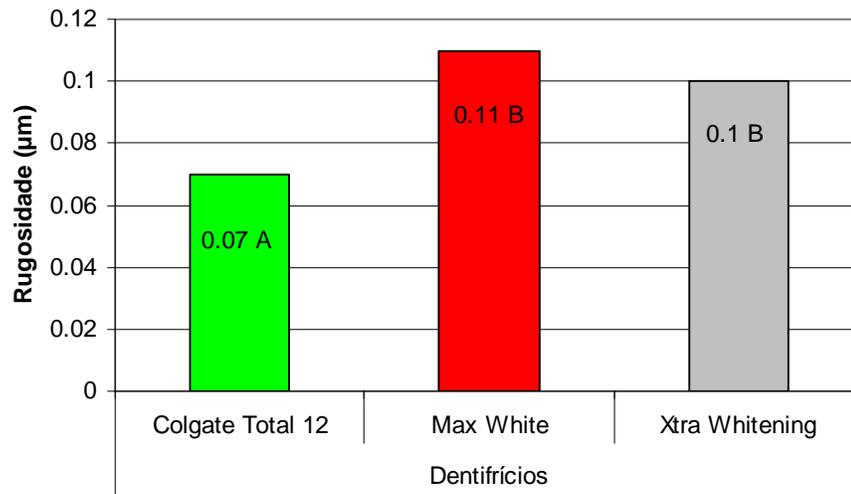


Figura 1. Gráfico comparativo da rugosidade total promovida pelos dentifrícios considerando os dois tipos de resina composta. (Médias seguidas de mesma letra não apresentam diferença estatística significativa para ANOVA e Tukey ($p > 0,05$)).

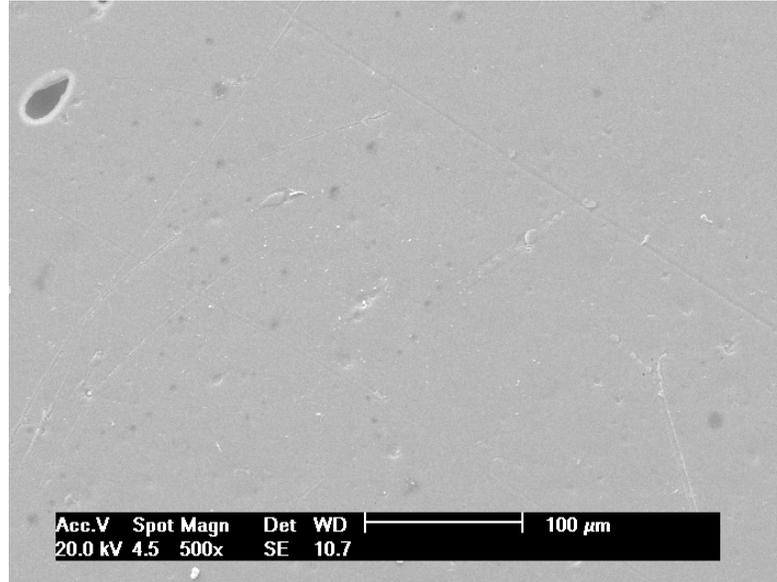


Figura 2. Resina ROK inicial (500 X)

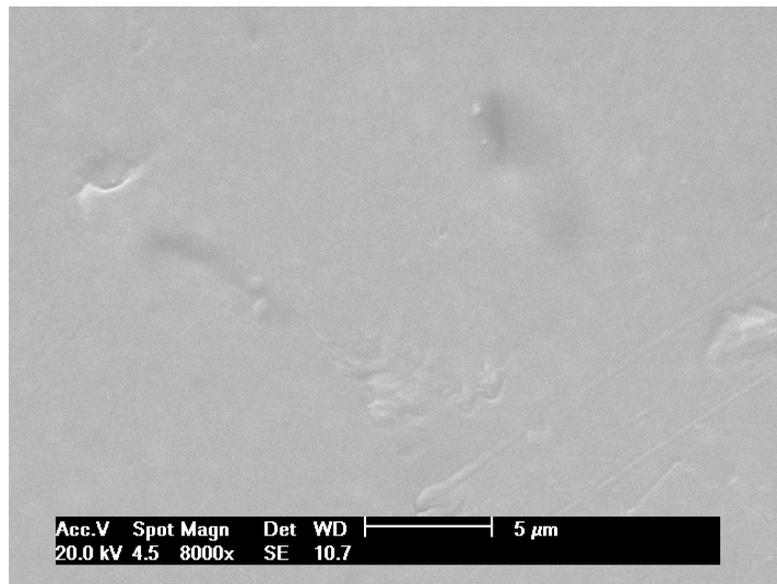


Figura 3. Resina ROK após 24 meses de escovação com o dentífrico Close Up Extra-Whitening (8000X).

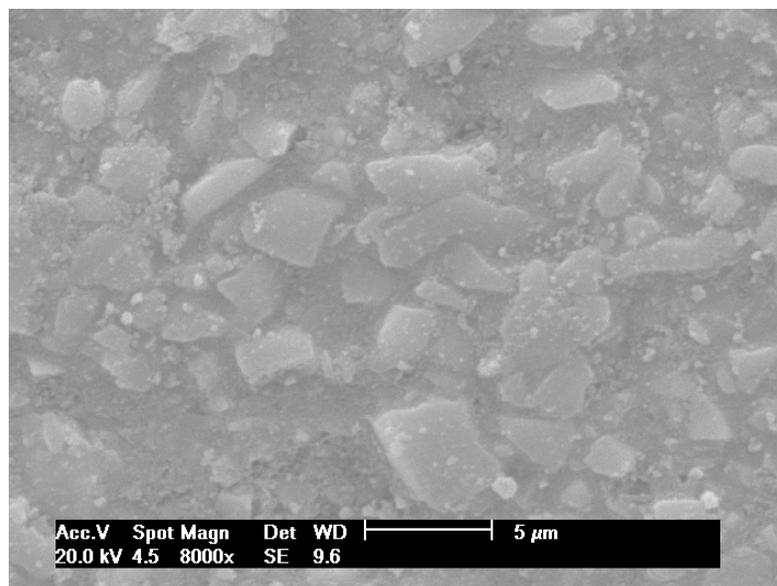


Figura 4. Resina ROK após 24 meses de escovação com o dentífrico Colgate Max White (8000X)

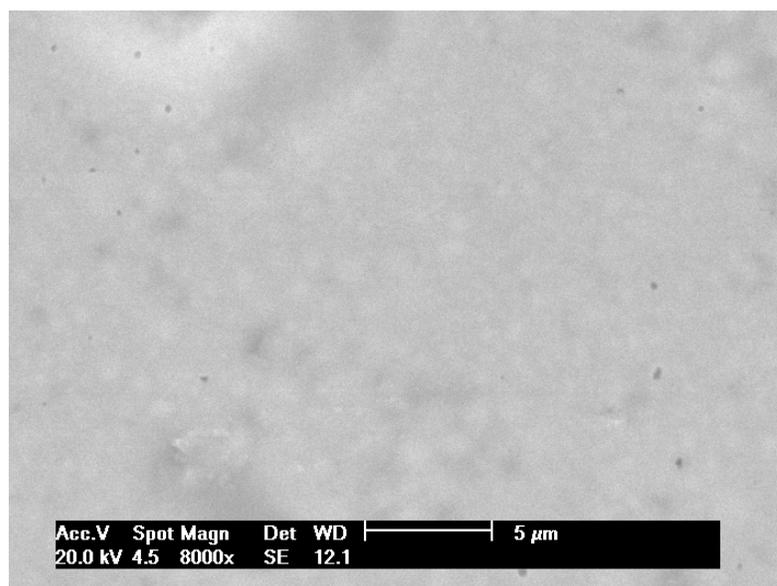


Figura 5. Resina ROK após escovação de 24 meses com o dentífrico Colgate Total 12 (8000X)

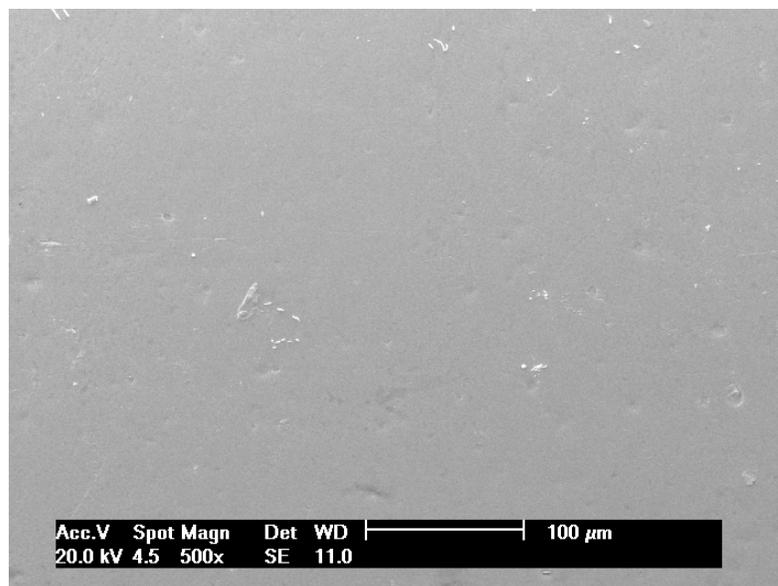


Figura 6. Resina composta Z250 inicial (500X).

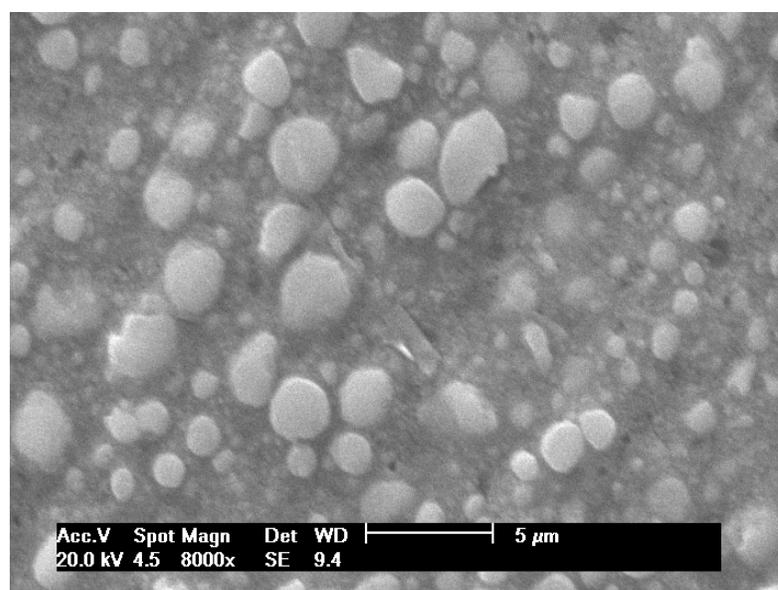


Figura 7. Resina Z250 após escovação por 24 meses com o dentífrico Close Up Extra-Whitening (8000X).

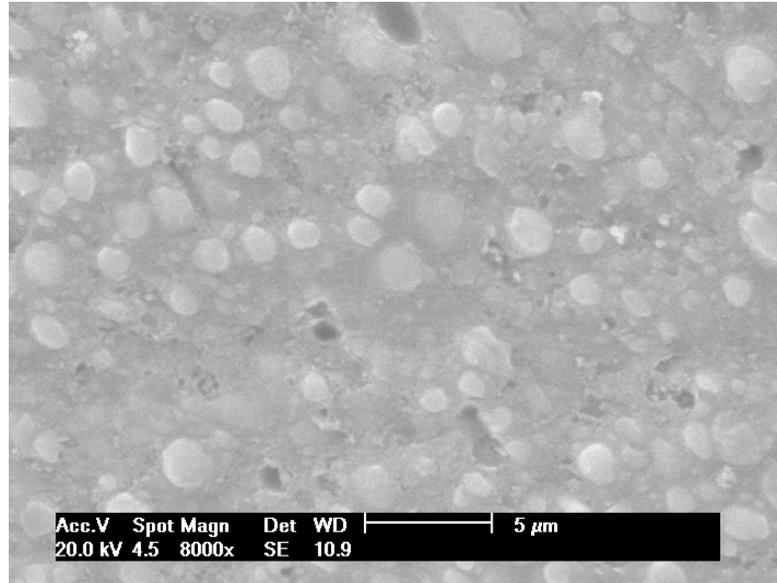


Figura 8. Resina composta Z250 após escovação por 24 meses com o dentífrico Colgate Max White (8000X).

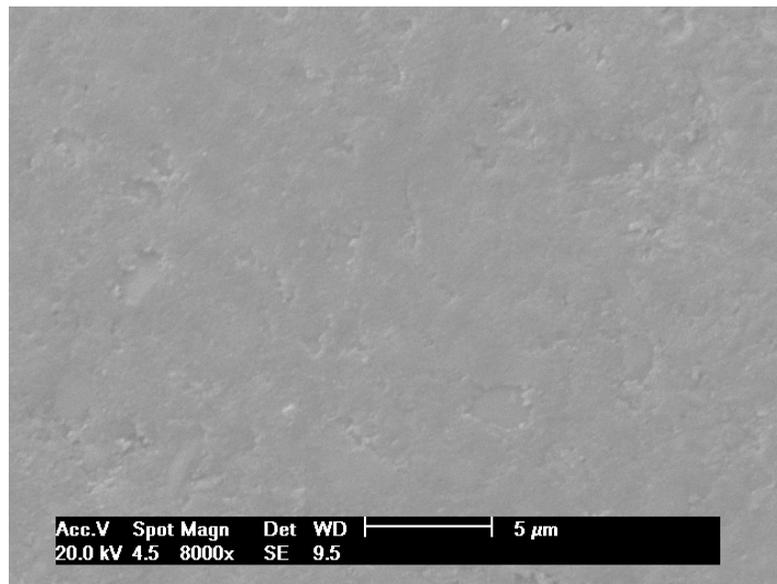


Figura 9. Resina composta Z250 após escovação por 24 meses com o dentífrico Colgate Total 12 (8000X).

DISCUSSÃO

A hipótese nula foi rejeitada uma vez que houveram diferenças estatísticas significantes na rugosidade das resinas compostas estudadas quando escovadas com dentifrícios com composições químicas diferentes.

A ação de materiais abrasivos sobre compósitos tem resultado em um aumento na rugosidade superficial e no desgaste por abrasão, em cada intervalo de ciclo (inicial, 5.000/6 meses, 10.000/12 meses e 20.000/24 meses), para a resina composta Z250 (Teixeira et al., 2005). Da mesma forma, alterações significativas na superfície de uma resina composta após análise em MEV têm sido observadas (Whitehead *et al.* 1996). A ação de abrasivos auto-denominados clareadores são citadas por apresentar diferentes tipos de partículas abrasivas (Siqueira *et al.* 2006). Segundo informações dos fabricantes, as partículas abrasivas dos dentifrícios utilizados no estudo são partículas de sílica (arredondadas) e carbonato de cálcio na pasta Colgate Max White e partículas de silício (irregulares) na pasta Close up Extra Whitening. Parry *et al.* (2008), observaram que para os mesmos tamanhos de partículas a sílica mostrou ser mais abrasiva quando comparada ao carbonato de cálcio, o que difere do nosso estudo. Todavia, outros fatores podem afetar a abrasividade dos dentifrícios como velocidade, força de escovação e, principalmente, a temperatura. Segundo Amaral *et al.* (2006) após testarem vários dentifrícios clareadores concluíram que a sílica ou carbonato de cálcio são menos abrasivos que o bicarbonato de sódio.

Em relação ao fator resina composta, foi possível observar (tabela 4) que houve diferença estatisticamente significativa entre os compósitos ($p=0,007$). Esta

diferença significativa pode ser explicada parcialmente pela composição orgânica e inorgânica dos mesmos (Moraes *et al.*, 2008). A resina composta Rok apresentou a menor rugosidade superficial entre as resinas testadas (tabela 4). Em sua composição, a matriz orgânica é exclusivamente UDMA e segundo Peutzfeld (1997) as resinas com base nesta matriz apresentam propriedades mecânicas melhoradas quando comparadas a compósitos baseados em BisGMA. Também existem indicações que graus de conversão mais altos são obtidos com uretano dimetacrilatos quando comparados com misturas BisGMA:TEGDMA (Peutzfeld, 1997; Chung e Greener, 1990). Apesar da resina composta Z250 apresentar UDMA na sua composição, há também o Bis-EMA e Bis-GMA que podem alterar a reação de polimerização da resina composta e, por consequência, o padrão de desgaste do material.

O tipo de dentifrício influenciou diretamente no resultado do trabalho ($p=0,001$) tabela 4, mas quando comparados somente os dentifrícios clareadores não houve diferença estatisticamente significativa (Figura 1). A rugosidade de superfície produzida pelo dentifrício Colgate total 12, que possui baixa abrasividade foi de 0,07 μm enquanto que para os dois dentifrícios clareadores foram 0,11 μm para Close Up Extra-Whitening e 0,11 μm para a Colgate Max White. Este aumento na rugosidade de superfície confirma o estudo de Kuroiwa *et al.* (1993) os quais concluíram através de MEV que dentifrícios abrasivos causam desgaste e aparecimento de ondulações nas resinas compostas. Tal fato, vai de encontro aos resultados encontrados no presente estudo onde nas figuras 4,7 e 8 é possível constatar a exposição das partículas de carga com o uso dos dentifrícios Max White e Extra-Whitening. A figura 8 mostra ainda outra situação mais grave: o descolamento das partículas de carga da resina Z250. Tal fato, leva a perda do

brilho das restaurações, aumento do manchamento de superfície e do desgaste do material a longo prazo. Não obstante, parece que este compósito é sensível à ação dos dentifrícios com partículas mais abrasivas visto que apresentou os mesmos valores (0,21 μm) de rugosidade (tabela 6). As figuras 7 e 8 confirmam estes dados.

Estudos clínicos futuros devem confirmar os achados do presente estudo, principalmente quanto às conseqüências deletérias do uso de dentifrícios para clareamento.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que:

- A resina composta ROK apresentou rugosidade de superfície inferior à resina Z250.
- As resinas compostas ROK e Z250 tiveram a sua resistência ao desgaste superficial diminuída com o uso de dentifrícios utilizados para clareamento dentário: Colgate Max-White e Close Up Extra-Whitening.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 3M ESPE, Filtek P90/Sistema Adesivo Silorano, Filtek P90 perfil técnico. Campinas-SP, 2007.
2. Asmussen E, Peutzfeldt A. Polymerization contraction of resin composite vs. energy and power density of light-cure. *Eur J Oral Sci* 2005;113(5):417-21.
3. Chimelo DT, Palma-Dibb RG, Corona SAM, Lara EHG. Assessing wear and surface roughness of different composite resins after toothbrushing. *Mater Research* 2001; 4(4): 285-9.
4. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 1990; 17(4): 487-94.
5. Ciccone-Nogueira JC, Zaroni WCS, Chinelatti MA, Dibb RGP. Influence of different Light-curing units on the surface roughness of restorative materials. In situ study. *Mat Research* 2007; 10(3): 253-6.
6. Dilácio MLC, Prado MAR, D'Azevedo MTF. Desgaste e rugosidade de superfície das resinas compostas. *Salusvita* 2005; 24(2): 275-83.
7. dos Santos PH, Pavan S, Consani S, Sobrinho LC, Sinhoreti MA, Filho JN. In vitro evaluation of surface roughness of 4 resin composites after the toothbrushing process and methods to recover superficial smoothness. *Quintessence Int.* 2007; 38(5): 247-53.
8. dos Santos PH, Consani S, Correr Sobrinho L, Coelho Sinhoreti MA. Effect of surface penetrating sealant on roughness of posterior composite resins. *Am J of Dent* 2003; 16(3):197-201.

9. Ferreira, ACF. Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos. *Revista Paulista de Odontologia* 2002; 24(2):18-22.
10. Gronberg K, Rossouw E, Miller B, Buschang P. Distance and time effect on shear bond strength of brackets cured with a second-generation light-emitting diode unit. *Angle Orthod* 2006; 76(4): 682-88.
11. Leinfelder KF, Wilder Jr. AD, Teixeira LC. Wear rates of posterior composite resins. *J Am Dent Assoc* 1986, 112(6): 829-33.
12. Martinelli J, Pires-de-souza FCP, Casemiro LA, Tirapelli C, Panzeri H. Abrasion resistance of composites polymerized by light-emitting diodes (LED) and halogen light-cure units. *Braz Dent J* 2006; 17(1): 29-33.
13. Moraes, RR, Ribeiro DS, Klumb MM, Brandt WC, Sobrinho LC, Bueno M. In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composite: packable, microhybrid, nanohybrid, and microfilled materials. *Braz Oral Res* 2008; 22(2):112-8.
14. Mills RW, Jandt KD, Ashworth SH. Dental composite depth of cure with halogens and blue light emitting diode technology. *Br Dent J* 1999; 186(8): 388-91.
15. Neo BJ, Soh MS, Teo JW, Yap AUJ. Effectiveness of composite cure associated with different light-curing regimes. *Oper Dent* 2005; 30(6): 671-5.
16. Oberholzer TG, Pameijer CH, Grobler SR, Rossouw RJ. Effect of power density on shrinkage of dental resin materials. *Oper Dent* 2003; 28(5):622-627.
17. O'brien WJ, Yee JJ. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. *Oper Dent* 1980; 5(3):90-4.

18. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci* 1997; 105(2):97-116.
19. Reich SM. Mechanical properties and three-body wear of veneering composites and their matrices. *J Biomed Mater Res* 2004; 69(1): 65-9.
20. Rodrigues Jr SA, Scherrer SS, Ferracane JL, Della Bona A. Microstructural characterization and fracture behavior of a microhybrid and a nanofill composite. *Dent Mater* 2008; 24(9):1281-1288.
21. Rueggerberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Oper Dent* 1994; 19(1): 26-32.
22. Schneider LFJ, Pfeifer CSC, Consani S, Prahl S, Ferracane JL. Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. *Dent Mater* 2008; 24(9): 1169-1177.
23. Schneider LF, Consani S, Ogliairi F, Correr AB, Sobrinho LC, Sinhoreti MA. Effect of time and polymerization cycle on the degree of conversion of a resin composite. *Oper Dent* 2006; 31(4): 489-495.
24. Söderholm NJ, Richards ND. Wear resistance of composites: A solved problem? *Gen Dent* 1998; 46(1):256-63.
25. Stahl F, Ashworth SH, Jandt KD, Mills RW. Light-emitting diode (LED) polymerization of dental composites: flexural properties and polymerization potential. *Biomaterials* 2000; 21(13): 1379-85.
26. Tochetto, L.R. Avaliação in vitro da resistência à abrasão de resinas compostas submetidas à aplicação de selantes se superfície. 2005. Dissertação (Mestrado em Odontologia - Materiais Dentários) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

27. Vandewallea KS, Ferracane JL, Hilton TJ, Herickson RL, Sacaguchi RL. Effect of energy density on properties and marginal integrity of posterior resin composite restorations. *Dent Mater* 2004; 20(1): 96-106.
28. Xu HHK. Dental composite resins containing sílica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. *J Dent Res* 1999; 78(7): 1304-11.
29. Yap AU, Seneviratne C. Influence of light enrgy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent* 2001; 26(5): 460-6.
30. Amaral CM, Rodrigues JA, Erhardt MC, Araujo MW, Marchi GM, Heymann HO, Pimenta LA. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2006;18(2):102-8.
31. Chung KH, Greener EH. Correlation between degree conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composit resins. *J Oral Rehabil* 1990; 17(4): 487-94.
32. Cury JA. Dentifrícios: Como escolher e como indicar. In APCD. (org). *Odontologia* 2002; 4(1):281-95.
33. dos Santos PH, Consani S, Correr Sobrinho L, Coelho Sinhoreti MA . Effect of surface penetrating sealant on roughness of posterior composite resins. *Am J of Dent* 2003; 16(3):197-201.
34. Ferreira, ACF. Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos. *Revista Paulista de Odontologia* 2002; 24(2):18-22.
35. Kuroiwa M, Kodaka T, Kuroiwa M. Microstuctural changes of human enamel surfaces by brushing with and without dentifrice containing abrasive. *Cáries Res* 1993; 27(1): 1-8.

36. Kodaka T, Kuroiwa M, Kuroiwa M, Okumura J, Mori R, Hirasawa S, Kobori M. Effects of brushing with a dentifrice for sensitive teeth on tubule occlusion and abrasion of dentine. *J Electron Microsc* 2001; 50(1): 57-64.
37. Moraes, RR, Ribeiro DS, Klumb MM, Brandt WC, Sobrinho LC, Bueno M. In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composit: packable, microhybrid, nanohybrid, and microfilled materials. *Braz Oral Res* 2008; 22(2):112-8.
38. Parry J, Harrington E, Rees GD, McNab R, Smith AJ. Control of brushing variables for the in vitro assessment of toothpaste abrasivity using a novel laboratory model. *J Dent* 2008; 36(2):117-24.
39. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci* 1997; 105(2):97-116.
40. Siqueira TV, Salgado EGC, Silva EG, Bacigalupo JC, Lima DR, Salgado JAP. Análise das partículas abrasivas dos dentifrícios clareadores em microscopia eletrônica de varredura. *J Bras Clin Odontol Int* 2006; edição especial 01-07.
41. Teixeira EC, Thompson JL, Piascik JR, Thompson JY. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17(3):172-80.
42. Tochetto, L.R. Avaliação in vitro da resistência à abrasão de resinas compostas submetidas à aplicação de selantes se superfície. 2005. Dissertação (Mestrado em Odontologia - Materiais Dentários) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
43. Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF. Surface texture changes of a composite brushed with "tooth whitening" dentifrices. *Dent Mat* 1996; 12(1): 315-8.

ANEXO



*Comissão Científica e de Ética
Faculdade da Odontologia da PUCRS*

Porto Alegre 19 de novembro de 2008

O Projeto de: Dissertação

Protocolado sob nº: 0087/08
Intitulado: Avaliação "in vitro" da resistência à abrasão de quatro resinas compostas submetidas à diferentes densidades de energia de polimerização
Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Júnior
Pesquisadores Associados: Guilherme Machado Barbieri
Nível: Mestrado

Foi *aprovado* pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em 19 de novembro de 2008

Prof. Dr. Eraldo Luiz Batista Júnior
Presidente da Comissão Científica e de Ética da
Faculdade de Odontologia da PUCRS