

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PROGRAMA DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MATERIAIS DENTÁRIOS

**COMPARAÇÃO DA RUGOSIDADE APÓS ABRASÃO POR  
ESCOVAÇÃO E DA MICRODUREZA ENTRE RESINAS COMPOSTAS  
NANOPARTICULADAS E MICROHÍBRIDA**

Porto Alegre, dezembro de 2006.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PROGRAMA DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MATERIAIS DENTÁRIOS

**COMPARAÇÃO DA RUGOSIDADE APÓS ABRASÃO POR  
ESCOVAÇÃO E DA MICRODUREZA ENTRE RESINAS COMPOSTAS  
NANOPARTICULADAS E MICROHÍBRIDA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUCRS como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM ODONTOLOGIA, área de concentração em Materiais Dentários.

ROGÉRIO SIMÕES ROSA

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Porto Alegre, dezembro de 2006

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

Dedico esta pesquisa especialmente à família, ao meu pai e colega Renato Oliveira Rosa, a minha mãe Maria Tereza Simões Rosa e a meu irmão Rafael Simões Rosa. Assim como a todos que me acompanharam ao longo desta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Prof. Dra. Nilza Pereira da Costa, coordenadora da Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da PUCRS;

Ao Prof. Dr. Hugo Oshima, coordenador do Mestrado de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia da PUCRS;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota, pela dedicação em minha formação;

Aos docentes do Programa de Mestrado da Faculdade de Odontologia da PUCRS;

Aos professores da disciplina de Prótese III e IV da Faculdade de Odontologia da PUCRS pelo empenho em meu aprendizado clínico;

Aos colegas do Programa de Mestrado das sub-áreas de Materiais Dentários: Carlos Balbinot, João Bondan e Regênio Segundo;

À colega Gabriela Cé pela disponibilidade na produção da apresentação desta pesquisa;

Aos colegas do Programa de Mestrado das sub-áreas de Dentística e Prótese Dentária.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>07</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>09</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE TABELAS E LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>18</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2 PROPOSIÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>52</b>
4.1 Materiais.....	52
4.2 Método.....	54
4.2.1. Teste de Rugosidade após Abrasão por Escovação.....	54
4.2.1.1. Confeção das Amostras.....	54
4.2.1.2. Abrasão por Escovação.....	57
4.2.1.3. Teste de Rugosidade.....	60
4.2.1.4. Análise Morfológica Superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura.....	61
4.2.1.5. Análise Estatística.....	61
4.2.2. Microdureza Vickers.....	62
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
5.1 Teste de rugosidade após abrasão por escovação.....	66
5.2 Microdureza Vickers.....	76
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>86</b>

**REFERÊNCIAS..... 87**  
**APÊNDICES ..... 92**  
**ANEXO.....98**

## RESUMO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi avaliar a rugosidade após abrasão por escovação de corpo triplo e a microdureza Vickers de resinas compostas para uso direto com diferentes tamanhos de partículas de carga inorgânica, como a microhíbrida Z250 e as nanoparticuladas Z350 e Supreme XT, de mesma marca comercial (3M ESPE, St Paul, Minnessota, EUA). Seis corpos-de-prova (n=6) foram confeccionados para cada resina composta (Supreme XT, Z250 e Z350) e submetidos, na seqüência, a cada período simulado de escovação (controle, 6 meses, 1 ano e 2 anos). Foram realizadas 3 leituras de rugosidade de superfície Ra ( $\mu\text{m}$ ) em cada amostra após cada simulação (total=216). Foi confeccionado 1 corpo-de-prova representativo de cada período simulado de escovação para cada resina composta (total=12), a fim de que fosse observado em MEV. Os valores médios mínimos e máximos obtidos foram, respectivamente, de 0,14  $\mu\text{m}$  (controle) para a resina Z350 e 0,21  $\mu\text{m}$  (1 ano) para a resina Z250. Foi aplicada a análise de variância, seguida do teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) e constatou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos. A fim de avaliar a rugosidade em relação ao tempo e ao tipo de resina composta testada foi aplicado o modelo linear geral, seguido do teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Observou-se uma diferença estatisticamente significativa da rugosidade no período controle (0,15  $\mu\text{m}$ ) em relação ao período de 1 ano (0,19  $\mu\text{m}$ ), com relação ao tipo de resina, ambas nanoparticuladas (0,16  $\mu\text{m}$ ) apresentaram-se significativamente menos rugosas que a microhíbrida (0,19  $\mu\text{m}$ ). Os aspectos morfológicos superficiais obtidos em MEV mostram que houve padrões semelhantes de desgaste entre as resinas compostas nos grupos controle. Após os períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos, observou-se uma superfície mais uniforme para as resinas compostas nanoparticuladas em relação à microhíbrida. Para a microdureza Vickers, 5 amostras

para cada resina composta foram confeccionadas (n=5). As médias (VHN) foram: Z250 74,44; Z350 73,87; XT 78,28. Após análise de variância, observou-se que não houve diferença significativa entre elas. Baseado nos resultados, concluiu-se que as resinas compostas nanoparticuladas (Z350, Supreme XT) obtiveram comportamento similar à microhíbrida (Z250) quanto à microdureza Vickers, porém, se apresentaram menos rugosas após a abrasão por escovação.

**Palavras-chave:** resina composta, dureza, abrasão dentária.

## ABSTRACT

The objective of this in vitro study was to evaluate the surface roughness after three body wear and Vickers microhardness of direct composite resins with different sizes of inorganic filler particles, microhybrid Z250 and nano-filled Z350 and Supreme XT, which are fabricated by one company (3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA). Six specimens (n=6) of each composite resin were manufactured to be evaluated, in sequence, in each one of control, 6 months, 1 year and 2 years simulated toothbrushing periods. Three measurements of surface roughness Ra ( $\mu\text{m}$ ) were realized for specimen after each simulation. One representative specimen was manufactured to each composite resin tested in each simulated toothbrushing period to be examined in SEM. The minimums and maximums means values were 0.14  $\mu\text{m}$  control group Z350 composite resin and 0.21  $\mu\text{m}$  1 year simulated toothbrushing period Z250. Were analyzed with ANOVA and Tukey ( $\alpha=0.05$ ) and there was no significant statistically difference between the groups. The General Linear Model and Tukey ( $\alpha=0.05$ ) was applied, with purpose to evaluated composite resin and time factors in surface roughness Ra ( $\mu\text{m}$ ). There was significant statistically difference of control time roughness (0.15  $\mu\text{m}$ ) in regard to 1 year time roughness (0.19  $\mu\text{m}$ ), about the kind of composite resin, both nano-filled composite resins (0.16  $\mu\text{m}$ ) had more homogeneous surface after three body wear than microhybrid (0.19  $\mu\text{m}$ ). The photomicrographs did not show any difference among the three composite resins control group. However, the nano-filled 6 months, 1 year and 2 years simulated toothbrushing periods photomicrographs showed the most homogeneous surface. For Vickers microhardness, 5 specimens of each composite resin were manufactured (n=5). Means for Vickers microhardness (VHN) were: Z250 74.44; Z350 73.87; XT 78.28. Data were statistically compared with ANOVA, and there was no significant difference between the means. The results of this study indicate that the nano-filled

composite resins showed a similar behavior to microhybrid for Vickers microhardness, but had more homogeneous surface after three body wear.

**Key-words:** composite resin, hardness, tooth abrasion.

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

LISTAGEM	DESCRIÇÃO
ADA	<i>American Dental Association</i>
ANOVA	Análise de Variância
BisEMA	Bisfenol A polietileno glicol diéter dimetacrilato
BisGMA	Bisfenol glicidil dimetacrilato
cm	centímetros
°C	Grau Celsius
df	Grau de liberdade
DP	Desvio padrão
EDMA	Etileno glicol dimetacrilato
F	Estatística teste “F”
FTIR	Espectrofotometria infravermelha por transformação de Fourier
g	Gramma
GPa	Gigapascal
h	Hora(s)
Hz	Hertz (ciclos por segundo)
IPCT	Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas
ISO	<i>International Standards Organization</i>
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
KHN	Número de dureza Knoop

m	metro
μm	Micrômetro
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MFP	Monofluorofosfato
mg	Miligrama
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mol%	mol por cento
MPa	Mega Pascal
MPS	γ-metacrilolpropilsilano
N	Newton
nm	nanômetro
ppm	parte por milhão
PTFE	Politetraflúoretileno
PVC	Polivinil Cloreto Rígido
®	marca registrada
rpm	Rotação por minuto
s	Segundo
sig./p	significância
TEDMA	Trietileno dimetacrilato
TEGDA	Trietileno glicol diacrilato
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
TEGMA	Trietileno glicol metacrilato
TGA	Análise termogravimétrica
TMPT	Trimetilol propano trimetilmecrilato
TTEGDA	Tetraetileno glicol diacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato

UEDMA	Etileno uretano dimetacrilato
VHN	Número de dureza Vickers
vol%	percentual em volume
wt%	percentual em peso
$\alpha$	Nível de significância

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Resinas compostas nanoparticuladas Supreme XT, Z350 e a microhíbrida Z250 .....	52
<b>FIGURA 2</b> - Escova dental utilizada no teste de rugosidade após abrasão por escovação .....	53
<b>FIGURA 3</b> - Dentifrício utilizado no teste de rugosidade após abrasão por escovação .....	54
<b>FIGURA 4</b> - Dispositivo para inserção da resina composta: a) base metálica; b) parafuso para fixação da matriz de teflon; c) matriz de PTFE bipartida.....	55
<b>FIGURA 5</b> - Matriz de PTFE fixada: a) resina composta inserida no orifício da Matriz de PTFE; b) tira de poliéster; c) placa de vidro.....	55
<b>FIGURA 6</b> - Corpo-de-prova colocado no adaptador para desgaste. ....	56
<b>FIGURA 7</b> - Corpo-de-prova inserido no adaptador metálico sendo desgastado na Politriz Horizontal Struers.....	56
<b>FIGURA 8</b> - Corpo-de-prova desgastado na altura do adaptador (5mm).....	56
<b>FIGURA 9</b> - Máquina de escovação projetada pelo IPCT .....	57
<b>FIGURA 10</b> - Vista lateral da amostra na máquina de escovação: a) amostra	

fixada com cera utilidade na placa acrílica; b) placa acrílica; c) cuba acrílica;  
d) pinos metálicos para fixação da cuba acrílica ..... 58

**FIGURA 11** - Balança de precisão AG 204 ..... 58

**FIGURA 12** - Conjunto posicionado para a realização da abrasão por escovação:  
a) haste para fixação da ponta ativa da escova dental; b) parafuso que permite  
estabilizar a haste ao orifício do braço articulado; c) mistura de creme dental  
com água destilada recobrando o corpo-de-prova; d) pesos que totalizam  
200 gramas. .... 59

**FIGURA 13** - Rugosímetro SJ-201 posicionado sobre uma base metálica (a),  
fazendo a leitura da rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) da amostra fixada no orifício central da  
placa acrílica transparente (b) ..... 61

**FIGURA 14** - Dispositivo utilizado para confecção das amostras para o  
teste de microdureza Vickers: anel metálico (a) para encaixe da matriz de  
PTFE bipartida (b), que contém orifício no qual é confeccionado o corpo-de-  
prova. .... 62

**FIGURA 15** - Corpo-de-prova de resina composta (a) embutido em cilindro de  
PVC (b), sendo a resina acrílica quimicamente ativada (c) o material de  
preenchimento..... 63

**FIGURA 16** - Microdurômetro HMV ..... 64

**FIGURA 17** - Visão aproximada da ponta diamantada Vickers (a) e das lentes  
Objetivas (b) do microdurômetro HMV ..... 65

**FIGURA 18** – Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ )  
após abrasão..... 67

**FIGURA 19** - Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e do

desvio-padrão das resinas compostas independente do período de escovação.... 68

**FIGURA 20** - Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e do desvio-padrão em relação aos períodos de teste independente do tipo de resina composta. .... 69

**FIGURA 21** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 no grupo controle (X4000). .... 70

**FIGURA 22** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 no grupo controle (X4000). .... 70

**FIGURA 23** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT no grupo controle (X4000). .... 71

**FIGURA 24** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 após período simulado de 6 meses de escovação (X4000). .... 71

**FIGURA 25** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 6 meses de escovação (X4000). .... 72

**FIGURA 26** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 6 meses de escovação (X4000). .... 72

**FIGURA 27** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 após período simulado de 1 ano de escovação (X4000). .... 73

**FIGURA 28** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 1 ano de escovação (X4000). .... 73

**FIGURA 29** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 1 ano de escovação (X4000). .... 74

- FIGURA 30** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 1 ano de escovação (X4000). ..... 74
- FIGURA 31** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 2 anos de escovação (X4000)..... 75
- FIGURA 32** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 2 anos de escovação (X4000)..... 75
- FIGURA 33** - Representação gráfica das médias e desvio-padrão da microdureza Vickers (VHN) dos grupos de resinas compostas. .... 76
- FIGURA 34** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta Z250. .... 77
- FIGURA 35** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta Z350. .... 77
- FIGURA 36** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta XT. .... 78

## LISTA DE TABELAS E LISTA DE QUADROS

<b>TABELA 1</b> – Valores das médias para a microdureza Vickers(VHN) nos grupos de teste, seguidos do respectivo desvio padrão.....	76
<b>TABELA 2</b> - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e desvio-padrão dos grupos controle e após os períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos.....	66
<b>TABELA 3</b> - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e desvio-padrão das resinas compostas.....	67
<b>TABELA 4</b> - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e desvio-padrão das resinas compostas no grupo controle e nos períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos .....	68
<b>QUADRO 1</b> - Composição das resinas compostas utilizadas nesta pesquisa (3M ESPE, 1998; 2002; 2005) .....	52
<b>QUADRO 2</b> - Dados específicos sobre o dentífrico utilizado na abrasão por escovação .....	53
<b>QUADRO 3</b> – Dados específicos sobre a escovação dental utilizada na abrasão por escovação. ....	53

## 1 INTRODUÇÃO

No início dos anos 60, Bowen pesquisou as resinas epóxicas reforçadas com carga. Constatou deficiências, como a baixa velocidade de polimerização e a tendência à descoloração, que o motivaram a realizar combinações de resinas epóxicas e acrílicas. Deste modo, ocorreu o desenvolvimento da molécula do BisGMA, a qual foi aprovada para ser utilizada como matriz para resinas compostas (BOWEN, 1963). Assim, os cimentos de silicato e as resinas acrílicas foram substituídos pelas resinas compostas em restaurações estéticas de dentes anteriores (LEINFELDER et al., 1975).

Na década de 70, o desenvolvimento de materiais fotopolimerizáveis abriu caminhos para novas evoluções (JACKSON e MORGAN, 2000). Estudos demonstraram que resinas compostas fotopolimerizáveis eram mais resistentes ao desgaste e apresentavam maior estabilidade de cor que as polimerizáveis quimicamente (LEINFELDER et al., 1975; POWERS, FAN e RAPTIS, 1980). Além disso, foram minimizados o tempo de presa e a inibição da polimerização pelo oxigênio (ANUSAVICE, 1998). Assim, aumentaram significativamente as indicações de resinas compostas fotopolimerizáveis (TERRY, 2004). Deste modo, surgiram partículas de carga de tamanhos reduzidos, permitindo que se aumentasse o conteúdo de carga inorgânica (JACKSON e MORGAN, 2000).

Três fases constituem a estrutura das resinas compostas: a fase orgânica (matriz), a fase inorgânica (carga) e o agente de união (silano) (LUTZ e PHILLIPS, 1983; TERRY, 2004). Estão disponíveis em diferentes tamanhos de partículas de carga (macroparticuladas, microparticuladas, híbridas e micro-híbridas), métodos de polimerização (quimicamente ativadas, fotopolimerizáveis e duais) e viscosidades (alto, médio ou baixo escoamento) (LUTZ e PHILLIPS, 1983; HOSODA, YAMADA e INOKOSHI, 1990; WILLEMS et al., 1992; LANG, JAARDA e WANG, 1992; BURGESS, WALKER e DAVIDSON, 2002).

Devido a sua resistência, estética excelente, custo acessível e sua adesividade, as resinas compostas tem sido muito utilizadas na odontologia, sendo mais uma opção restauradora estética (LU et al., 2005). Pode-se citar outras

vantagens, se comparadas ao amálgama de prata, como a ausência da toxicidade do mercúrio em sua composição e o favorecimento da execução de preparos cavitários mais conservadores, devido a sua qualidade adesiva (CRAIG, POWERS e WATAHA, 2002). O aumento da demanda pela odontologia estética tem conduzido ao desenvolvimento de materiais para restaurações diretas com propriedades físicas e mecânicas melhoradas, assim como estética e durabilidade aumentadas. A última inovação neste ramo tem sido o desenvolvimento de resinas compostas nanoparticuladas, através da introdução de nanopartículas e nanoaglomerados numa matriz resinosa convencional (MITRA, WU e HOLMES, 2003).

A idéia principal da nanotecnologia não está somente na criação e na utilização de materiais a nível de átomos e moléculas, com tamanho variando de 0,1 a 100 nanômetros, mas também no aproveitamento de propriedades inerentes a estes (ZHANG et al., 2005). Um nanômetro é 1/1.000 de um micrometro (3M ESPE, 2005). Acredita-se que materiais nanoparticulados podem ser usados para produtos mais leves, mais resistentes e mais precisos (3M ESPE, 2005). A meta é desenvolver resinas compostas que poderiam ser usadas em regiões posteriores e anteriores da boca com alto polimento inicial e com grande capacidade de retenção deste, típico das microparticuladas, assim como com propriedades mecânicas excelentes tornando-as capazes de suportar altas cargas de estresse interoclusais, típico das híbridas (MITRA, WU e HOLMES, 2003).

Diversas pesquisas sucederam-se, com a finalidade de avaliar outras características desse material restaurador, como o tipo de carga inorgânica incorporada a este, seu percentual em peso (LI et al., 1985; NEVES et al., 2002; KIM, ONG e OKUNO, 2002; MITRA, WU e HOLMES, 2003), sua silanização, o tipo de matriz orgânica e seus diluentes (ASMUSSEN e PEUTZFELDT, 1998; SHORTALL, UCTASLI e MARQUIS, 2001). Preocupando-se com sua resistência às mais diversas cargas que lhe são aplicadas, as propriedades mecânicas destes materiais tem sido avaliadas, como a resistência à compressão, à tração diametral (COBB et al., 2000) e flexural, o módulo de elasticidade, a microdureza (SAY *et al.*, 2003), a resistência à abrasão de corpo triplo (REICH et al., 2004), assim como o próprio grau de polimerização (CHUNG e GREENER, 1990).

Dentre as propriedades testadas, o teste de dureza é empregado para se prever a resistência ao desgaste de um material e sua capacidade de abrasionar

estruturas dentais opostas (<sup>a</sup>ANUSAVICE, 1998). O processo de desgaste é complexo no ambiente oral, pois envolve abrasão, adesão, fadiga, erosão e fricção, que interagem entre si (CHIMELLO et al., 2001). O desgaste clínico de uma restauração pode resultar dos contatos cêntricos e funcionais, da atrição do bolo alimentar, das áreas de contato interproximais (CHIMELLO et al., 2001), bem como da alteração da rugosidade do material restaurador gerada pela escovação mecânica (FERREIRA et al., 2002). Esta pode ocorrer em qualquer superfície do dente, sendo mais comum na face vestibular (CHIMELLO et al., 2001).

Portanto, o objetivo desse estudo é comparar a rugosidade e a microdureza entre resinas compostas com diferentes tamanhos de partícula de carga. A hipótese nula é de que as resinas compostas nanoparticuladas têm comportamento similar à microhíbrida.

## 2 PROPOSIÇÃO

Este estudo teve como objetivos:

- 1) avaliar e comparar a rugosidade após abrasão por escovação e a microdureza Vickers de resinas compostas microhíbridas e nanoparticuladas.
- 2) analisar em microscopia eletrônica de varredura o padrão de desgaste das amostras após o ensaio de abrasão por escovação.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Bowen, em 1963, comparou o efeito do tratamento da superfície de partículas de sílica com vinil silano incorporadas na resina BisGMA com outros materiais estéticos (cimento de silicato e a resina acrílica) e, também, com a resina BisGMA com partículas sem tratamento. Para tanto, foi obtida uma mistura de 70 % em peso de sílica tratada (55 Vol%) para 30 % do monômero BisGMA diluído em 10 % de metil metacrilato e 10 % do monômero TEGDMA para a comparação com os demais materiais estéticos. Com isso, o autor pôde concluir que a resina BisGMA com sílica tratada diminuiu a solubilidade, sorção de água, coeficiente de expansão térmica e contração de polimerização, aumentando o módulo de elasticidade, resistência à compressão e tração quando comparada aos demais materiais do estudo. Portanto, a resina BisGMA reforçada com sílica tratada melhorou as propriedades do material restaurador estético.

Desde sua introdução, em 1965, as resinas compostas têm substituído os cimentos de silicato e as resinas acrílicas como materiais restauradores. O objetivo do estudo de Leinfelder et al., em 1975, foi avaliar a conveniência clínica de uma série de marcas comerciais de materiais restauradores para dentes anteriores e posteriores. Foram realizadas, por 4 dentistas, 899 restaurações de classes I, II, III e V, sendo 174 com o compósito Adaptic (Johnson & Johnson, EUA), 178 com o compósito Blendant (Kerr, EUA), 170 com o compósito concise (3M, EUA) e 146 com o compósito DFR (Warner-Lambert, Polônia), e como grupos controle, 88 com a resina acrílica sem carga Sevrion (Amalgamated Dental Trade Distribution, Inglaterra) e 143 com o amálgama de prata Velvalloy (SS White, EUA). Foram comparados quanto à estabilidade de cor, desgaste, adaptação marginal, descoloração no ângulo cavo-superficial e cáries recorrentes. A resina acrílica sem carga Sevrion, ao final de dois anos, apresentou uma estabilidade de cor tão boa quanto as quatro marcas comerciais de compósitos, porém estes demonstraram maior resistência ao desgaste. O desgaste dos compósitos (Classe I e II) foi bem maior que o do amálgama. Após 2 anos, dois terços daqueles revelaram desgastes significativos comparados aos do amálgama. O autor recomendou, portanto, que os

compósitos não fossem escolhidos para restaurações classes I e II, particularmente em casos de fortes cargas oclusais. Entretanto, quando submetidos a grande estresse oclusal, os compósitos revelam boa adaptação marginal e resistência à descoloração marginal. Nenhuma das 668 restaurações com compósitos deste estudo exibiu evidências clínicas de cáries secundárias.

Em 1980, O'Brien e Yee, através de microscopia eletrônica de varredura, examinaram 10 restaurações feitas em diferentes pacientes, que foram removidas após estarem em boca por um período de 3 a 8 anos, com o propósito de observar os mecanismos de desgaste e determinar a quantidade de material perdido. De acordo com as microscopias observadas, os autores verificaram que o desgaste das restaurações de resina composta pode resultar dos seguintes mecanismos: desgaste da matriz resinosa, perda da carga por falha na união com a matriz, através do cisalhamento das partículas expostas, através de rachaduras e fendas da matriz e exposição das bolhas de ar.

O propósito de Powers, Fan e Raptis, em 1980, foi avaliar *in vitro* a estabilidade da cor de alguns compósitos. A cor de 7 marcas comerciais de compósitos, incluindo 3 convencionais (Concise, Fotofil e Profile) e 4 microparticulados (Isopast, Phaseafill, Superfil e Silar) foi avaliada sob condições de envelhecimento acelerado. Três discos (36 mm de diâmetro e 1,3 mm de espessura) foram preparados para cada material sendo polimerizados numa matriz de metal. Foram colocados numa estufa a 37°C depois de 90 segundos do início da mistura e armazenados por 24 horas antes de fazer a avaliação. O material ativado por luz visível (Fotofil) foi polimerizado na mesma matriz por luz halógena com um filtro azul. As médias de rugosidade foram adquiridas através de um perfilômetro, cuja trajetória foi de 2,5 µm. Foram expostos a condições de envelhecimento acelerado em um total de 900 horas em uma câmara a 43 °C. Uma superfície de cada amostra foi submetida continuamente a uma fonte de radiação de 2500 watts de luz ultravioleta filtrada por vidro de borossilicato e recebiam um jato de água intermitente por 18 minutos a cada 2 horas. As avaliações de cores foram feitas antes da simulação de envelhecimento acelerado e depois da exposição por 300, 600 e 900 horas. Curvas da percentagem de reflexão versus comprimento de onda foram obtidas para cada amostra entre 405 e 700 nm com um espectrofotômetro de luz ultravioleta. A

reflexão de luz, o comprimento de onda dominante e a pureza da excitação foram obtidos para cada amostra para ambos os padrões branco e preto. Uma estimativa da opacidade de cada material foi obtida pelo cálculo da proporção de contraste: padrão preto/padrão branco. Durante o envelhecimento precoce os compósitos geralmente tornaram-se mais escuros, mais cromáticos e mais opacos. Mudanças na cor dos compósitos convencionais durante o envelhecimento simulado foram influenciadas pela erosão das matrizes resinosas e pela exposição das partículas de carga. Portanto, a estabilidade de cor dos compósitos microparticulados, testados sob condições *in vitro*, foi superior a dos compósitos convencionais e não pareceu ser muito influenciada pela erosão.

Em 1982, Aker comparou a resistência a abrasão por escovação de resinas compostas de macro e/ou micropartículas, tendo como grupo controle uma resina acrílica sem carga. A constituição da máquina de escovação para desgastar os materiais era de 4 cabeças de escovas presas em uma roda com 6 polegadas de diâmetro. Os compartimentos ao redor da roda continham uma pasta abrasiva formada pela mistura de 45 mg do dentifrício Colgate MPF (Colgate- Palmolive) e 45 ml de água destilada. Num suporte de metal resistente a abrasão e com 6 mm de diâmetro estava fixada a amostra de resina composta e a superfície deste suporte foi desgastada em curva para simular as curvas da superfície do esmalte. O suporte foi montado em um braço acima da roda com escovas de dente e, como um peso foi adicionado, uma força de 450 mg foi necessária para levantar levemente as amostras e o braço, para que cada escova passasse pelas amostras. Quando a roda girava, as cabeças das escovas passavam pela pasta abrasiva no fundo dos compartimentos, e este agitação evitava o assentamento das partículas abrasivas. A velocidade da roda foi de 66 rpm, resultando em, aproximadamente, 16.000 ciclos de escovação por hora, que é equivalente a escovar os dentes com 22 ciclos duas vezes ao dia, por 1 ano. Após análise das amostras em MEV, observou-se que a característica da superfície abrasionada por escovação era diretamente relacionada com o maior tamanho das partículas de carga inorgânica da resina composta. A combinação de macro e micropartículas em uma resina composta podem resultar em uma resina com lisura inicial semelhante ao esmalte, entretanto adquire eventualmente uma superfície tão rugosa como as resinas compostas convencionais

após a abrasão por escovação, com mesmo potencial de manchamento e irritação gengival. Além disso, o tamanho das partículas pode também influenciar na resistência à abrasão de uma resina composta. As partículas de carga inorgânica são duras e resistentes à abrasão e a perda de volume resultante da abrasão é causada pela combinação da remoção de uma matriz resinosa frágil e um eventual deslocamento de algumas partículas.

Em 1983, Lutz e Phillips apresentaram uma revisão e classificação das resinas compostas disponíveis no mercado daquele momento, assim como, as vantagens e desvantagens. Para os autores, os materiais restauradores a base de resina composta são definidos como uma composição tridimensional: fase orgânica (a matriz), fase interfacial (agente de união) e a fase dispersa (carga). A fase orgânica é normalmente composta de BisGMA e suas modificações, UDMA, TEGDMA e inúmeros diluentes. A fase interfacial é composta de moléculas bipolares, principalmente organossilanos, os quais fazem a união da carga à matriz orgânica. Baseado na técnica de fabricação, o tamanho médio e a composição das partículas de carga são usados como critério de classificação para as resinas compostas. As partículas foram classificadas, segundo os autores, em macropartículas (100  $\mu\text{m}$ ), micropartículas e três diferentes complexos microparticulados. As micropartículas (0,001 e 0,1  $\mu\text{m}$ ) são formadas por hidrólise e precipitação e consiste de esferas radiolúcidas de vidro em dispersão coloidal. Os complexos microparticulados foram desenvolvidos a fim de permitir um aumento no conteúdo de carga. Estes complexos podem ser do tipo agrupado pré-polimerizado onde a sílica é incorporada à matriz e sinterizada para, então, este conjunto ser moído. Estas partículas são erroneamente chamadas de partículas orgânicas, uma vez que contém sílica envolta em resina. Os complexos esféricos pré-polimerizados são confeccionados pela mistura da carga, em esferas de polímero parcialmente polimerizadas, com diâmetro médio de 20 a 30  $\mu\text{m}$ . Este método permite uma inserção maior de carga. Os complexos aglomerados (1 a 25  $\mu\text{m}$ ) caracterizam-se por agrupamentos artificiais de micropartículas puramente inorgânicas.

Em 1985, Li *et al.* determinaram os efeitos do conteúdo e tamanho de carga nas propriedades mecânicas de dois grupos de resina composta. Ambos grupos foram preparados pela incorporação de carga a base de borossilicato de bário em

uma matriz fotossensível de polietileno polimetacrilato. Um grupo recebeu carga com tamanho de partícula de 2  $\mu\text{m}$ , com conteúdo de 20, 40, 45, 50 e 53 (Vol%). O segundo grupo recebeu carga de 15  $\mu\text{m}$  na quantia de 20, 40, 50, 60 e 65 (Vol%). Os testes realizados foram: profundidade de polimerização, dureza, sorção de água, comportamento tensão-deformação sob lenta compressão, abrasão e desgaste por hidroxiapatita. A análise dos dados indicou que níveis maiores de conteúdo de carga resultaram num aumento de dureza, resistência compressiva e tenacidade, mas diminuição na sorção de água. A incorporação de carga com 2  $\mu\text{m}$  diminuiu a resistência abrasiva das resinas comparada à resina sem carga, enquanto a adição de carga com 15  $\mu\text{m}$  aumentou a resistência. Houve uma tendência do aumento na resistência ao desgaste com o aumento no nível de carga. O tamanho da partícula apresentou uma moderada influência nas propriedades. Quando comparado com resinas com carga de 15  $\mu\text{m}$  ao mesmo volume, o grupo de 2  $\mu\text{m}$  apresentou propriedades inferiores em termos de profundidade de presa, resistência compressiva, sorção de água e resistência abrasiva. As propriedades que menos foram influenciadas pelo tamanho da carga foram dureza, tenacidade e resistência ao desgaste pela hidroxiapatita.

Em 1986, Ferracane e Greener determinaram os efeitos das variáveis na formulação de resinas compostas como a concentração de diluente, tipo de catalisador e concentração, modo de polimerização, grau de conversão e propriedades mecânicas. A resistência à tração diametral, resistência à compressão, dureza, resistência e módulo flexural foram testadas e os resultados correlacionados ao grau de conversão. Esses apresentaram uma correlação significativa entre as propriedades mecânicas e o grau de conversão. O grau de conversão variou de 60,1 a 73,4%, resistência à compressão de 58,7 a 91,2 MPa, dureza de 82,3 a 87,7 (durômetro D) e módulo de flexural 0,67 a 2,02 GPa. Portanto, a maior polimerização foi alcançada pela maior incorporação de diluente e de baixas concentrações de inibidores nas resinas.

Em 1990, Hosoda, Yamada e Inokoshi examinaram resinas compostas em microscopia eletrônica de varredura e análise qualitativa a fim de obter uma classificação apropriada para uso clínico. Vinte e quatro resinas compostas

quimicamente ativadas e vinte e uma resinas fotopolimerizáveis foram analisadas. A partir da avaliação de superfícies polidas das resinas testadas em microscopia eletrônica e determinação qualitativa da composição superficial, sete grupos foram determinados pelos autores: resina composta tradicional (macro); resina composta microparticulada (0,06 a 0,04  $\mu\text{m}$ ) com complexo unido ou aglomerado; resina composta submicroparticulada (0,3 a 0,2  $\mu\text{m}$ ); resina composta híbrida com complexo unido ou aglomerado; resina composta semi-híbrida altamente carregada com carga.

Em 1990, a correlação entre o grau de conversão de monômero, a concentração de partículas inorgânicas e as propriedades mecânicas foram estudadas por Chung e Greener. Sete marcas comerciais de resinas compostas foram avaliadas neste estudo sendo que todas foram polimerizadas por luz halógena: 1) Marathon (DentMat); 2) Ful-fil Compules (L,D, Caulk); 3) P30 (3M); 4) Estilux Posterior (Kulzer); 5) Sinterfil (Teledyne Getz); 6) Occlusin (Imperial Chemical Industries); 7) Bis-fil I (Bisco). A reação de polimerização foi monitorada pela espectrofotometria (FTIR) através da taxa de absorbância das ligações alifáticas (C=C). O conteúdo de partículas inorgânicas foi determinado pela técnica de gravimetria e a densidade pela picnometria. Cilindros de resinas compostas foram preparados para o teste de resistência compressiva e tração diametral. Amostras de resinas compostas de 6 mm X 3 mm foram preparadas para o teste de dureza Knoop. Os resultados mostraram que o grau de conversão variou de 43,5% a 73,8%. A densidade de partículas variou de 1,89 a 2,69  $\text{g/ml}^{-1}$ . A percentagem em peso de partículas variou de 66,4% a 85,5% e o volume 58,2% a 74,2%. A variação das médias dos valores de resistência à compressão e diametral foi de 242,3 a 324,7 MPa e 39,8 a 60,6 MPa, respectivamente. A média de dureza Knoop variou de 41,8 a 81,9 (KHN). Para todos os materiais, significantes correlações foram observadas entre o volume de partículas e a tração diametral ( $r=0,89$ ) e entre volume de partículas e dureza Knoop ( $r=0,89$ ). Nenhuma correlação foi encontrada entre o grau de conversão de monômeros e as propriedades mecânicas. Os autores concluíram que a utilização de BisGMA ou UDMA na matriz resinosa permite aos fabricantes formularem seus compósitos em variados modos o qual passa pela seleção dos diluentes bem como a composição das partículas e sua concentração. Ainda,

assumiram que a concentração de partículas desempenha o papel de maior importância nas propriedades das resinas compostas.

Em 1992, Lang, Jaarda e Wang classificaram resinas compostas com base no tamanho médio das partículas de carga e avaliaram a resistência ao desgaste. Doze marcas comerciais de resinas compostas foram dissolvidas em acetona a fim de separar o conteúdo inorgânico. A carga residual foi avaliada posteriormente em microscopia eletrônica de varredura. Quatro grupos distintos foram observados: grupo 1 com partículas maiores que 25  $\mu\text{m}$  (Visio-Fil, Status, Heliomolar e Distalite); grupo 2 com tamanho médio de 10  $\mu\text{m}$  (P-10, P-30, Bisfil I e Estilux Posterior); grupo 3 com tamanho médios de 5  $\mu\text{m}$  (Ful-Fil, Siter-Fil II e Adaptic II) e grupo 4 híbrida com 1  $\mu\text{m}$  (Herculite Condesable). Houve diferença estatisticamente significativa quanto à resistência ao desgaste entre as resinas testadas e foi facilmente correlacionada com a classificação proposta. Com isso, os autores concluíram que o sistema de classificação de resinas compostas dever ser revista.

Em 1992, Willems *et al.* classificaram 89 resinas compostas disponíveis no mercado, em função do tamanho médio da partícula, distribuição do conteúdo de carga, volume de carga incorporado, módulo de elasticidade, rugosidade superficial, dureza, resistência à compressão e imagem em microscopia eletrônica de varredura. Devido ao elevado número de marcas comerciais, as resinas compostas foram classificadas em cinco principais categorias: compósitos densos, compósitos microfinos, compósitos heterogêneos, compósitos tradicionais e compósitos reforçados por fibras. Esta classificação baseou-se no módulo de elasticidade, percentual em volume de carga, tamanho médio da carga, rugosidade, dureza e resistência à compressão e não somente no tamanho médio da carga como outros autores anteriormente fizeram. O grupo dos compósitos densos foi subdividido em parcialmente carregados (< 59 Vol%) e compactamente carregados (> 60 Vol%), pois altos conteúdos de carga resultam no aumento da dureza e da resistência compressiva.

Krishnan, Manjusha e Yamuna, em 1997, usaram quatro cadeias alifáticas orgânicas longas (TEGDMA, EDMA, TEGDA e TTEGDA) como diluentes para confecção de resina composta fotossensível. Amostras polimerizadas de pasta

preparadas usando os diluentes foram armazenadas separadamente por períodos de 60 dias em água destilada a 37 °C e testadas quanto à resistência compressiva, tração diametral e microdureza em períodos específicos de 1, 7, 14, 21, 28 e 60 dias. A microdureza superficial foi medida em cada lado das 2 espécimes de cada amostra de resina composta fotossensível, valendo-se da ponta diamantada de base quadrada do microdurômetro (Carl-Zeiss, Jena). Oito indentações para cada espécime foram realizadas para a obtenção da média. Aplicou-se uma carga de 100g por 15 segundos. O valor da microdureza Vickers foi calculado utilizando a seguinte equação:  $VHN (Kgf/mm^2) = 1854.4P/d^2$ . Onde P é a carga aplicada em gramas-força e d é o comprimento da diagonal em micrômetros. As amostras preparadas usando TEGDMA apresentaram maiores valores de resistência comparavelmente aos demais diluentes, embora estas apresentaram uma leve deterioração quando armazenadas em água destilada em 60 dias. As amostras preparadas usando EDMA apresentaram um baixo coeficiente de variação nos resultados, enquanto, as amostras preparadas usando TEGDA e TTEGDA apresentaram grande variabilidade dos resultados de resistência durante os primeiros 28 dias. Segundo os autores, o TEGDMA pareceu ser a melhor escolha dentre os diluentes testados, apresentando melhor resistência à compressão e tração diametral, embora haja uma tendência de redução nos valores com o tempo de armazenagem. As características de resistência não são drasticamente afetadas pela alteração do diluente, embora o uso de cadeias de baixo peso molecular tais como EDMA pareceu manter estáveis as propriedades com o tempo de armazenagem.

Momoi *et al.*, em 1997, conduziram um estudo para comparar o padrão de desgaste e as mudanças na rugosidade da superfície de ionômeros de vidro convencionais e modificados por resina, quando sujeitos à abrasão por dentifrício-escovação. Dois ionômeros de vidro convencionais e dois modificados por resina foram usados. Amostras de um amálgama com alto teor de cobre e um compósito resinoso híbrido foram usadas como material de referência. Três espécimens foram preparadas para cada material e armazenadas em água destilada a 37°C por 7 dias. Foram sujeitas à abrasão por dentifrício-escovação numa máquina, onde a ponta ativa da escova (GC Prospec, média, GC Corp.) foi adaptada num suporte em oposição à espécimen posicionada em seu apoio, o qual alternou 2 mm de

deslocamento numa velocidade de 160 ciclos/min., num total de 20.000 ciclos. Uma carga de 3,4 N foi aplicada sobre a ponta ativa da escova. O dentífrício, que não foi diluído em água para não alterar a concentração das partículas de abrasivo, foi colocado entre a ponta ativa da escova e a espécimen e continha abrasivos de hidróxido de alumínio (Clinica DFC, Tóquio, Japão). A quantidade de perda vertical de material foi determinada por um profilômetro (Surfcom-4A, Tokyo-Seimitsu, Tóquio, Japão). As características da superfície depois da abrasão foram avaliadas em imagens eletrônicas por um MEV, e a dureza da superfície (KHN) foi também medida para todos os materiais. Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA de uma via ( $p < 0,05$ ), seguido por testes de comparações múltiplas usando LSD (a Mínima Diferença Significante) a nível de  $p < 0,05$ . A resistência à abrasão de ionômeros de vidro modificados por resina foi estatisticamente mais baixa para os materiais de referência de amálgama e de compósitos resinosos. Estatisticamente, resistência à abrasão e dureza de superfície mais baixas foram observadas para os ionômeros de vidro modificados por resina em relação aos convencionais, quando duas formas de produtos de um mesmo fabricante foram comparadas. Observações em um MEV feitas depois do teste de abrasão mostraram uma superfície significativamente mais rugosa para todos os materiais de ionômero de vidro em relação ao amálgama e aos compósitos resinosos. Quando comparações foram feitas entre produtos de mesmo fabricante, foi concluído que a resistência, *in vitro*, à abrasão dentífrício-escovação dos ionômeros de vidro modificados por resina é inferior à dos convencionais. Além disto, a resistência à abrasão mais baixa encontrada nos produtos modificados por resina pode ser explicada pela sua dureza de superfície mais baixa.

Em 1998, Asmussen e Peutzfeldt determinaram o efeito do UEDMA, BisGMA e TEGDMA em propriedades mecânicas selecionadas de resinas compostas experimentais. Trinta misturas de monômeros de TEGDMA e BisGMA e/ou UEDMA foram confeccionadas. Cinco misturas básicas apresentavam as seguintes relações molares entre TEGDMA e BisGMA: 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 e 70:30. Diferentes misturas foram produzidas nas quais o BisGMA foi sucessivamente substituído pelo UEDMA a 10 mol% por vez. Nestas misturas foram acrescentados fotoiniciadores e carga. A resistência à tração diametral, resistência flexural e módulo de elasticidade foram determinados 7 dias após a confecção das amostras. A resistência à tração

diametral das resinas compostas variou entre 52 e 59 MPa, a resistência flexural entre 137 e 167 MPa e o módulo de elasticidade entre 8 e 11,1 GPa. A análise estatística (ANOVA,  $p < 0,05$ ) mostrou que a substituição do BisGMA ou TEGDMA pelo UEDMA resultou no aumento da resistência à tração e flexural e que a substituição dos BisGMA pelo TEGDMA aumentou a resistência à tração, mas reduziu a resistência flexural. O valor do módulo de elasticidade diminuiu com o aumento do conteúdo de UEDMA. Com isso, os autores concluíram que variando o conteúdo de UEDMA, BisGMA e TEGDMA em conjunto à carga, pode-se obter uma resina composta com propriedades diferentes baseado na necessidade de cada situação quanto à resistência e resiliência.

Em 1998, Carvalho Júnior e Freitas analisaram a influência *in vitro* de um selante de superfície à base de BisGMA, UDMA e polietileno glicol dimetacrilato (Fortify, Bisco) na macrodureza Rockwell 30T de 5 resinas compostas (TPH Spectrum, Dentsply; Z100, 3M; Charisma, Kulzer; Durafill, Kulzer; Tetric, Vivadent). Os espécimes foram confeccionados e imersos em água deionizada, a 37°C por 24 horas, quando foi efetuada uma primeira medição de dureza. Nesta fase, metade das amostras recebeu uma fina camada de selante, fotopolimerizado por 20 segundos; ambos os grupos foram armazenados novamente em água deionizada a 37°C, por 30 dias, sendo que aos 14 e 28 dias, sofreram um processo de ciclagem térmica. Foi realizada uma segunda medida de dureza e verificou-se que a aplicação do selante aumentou a dureza de todas as resinas, sendo que a Z100 atingiu maiores valores. Pôde-se concluir que o selante de superfície retarda a diminuição da dureza das resinas compostas, provavelmente por diminuir a degradação hidrolítica na interface carga/matriz.

Em 1998, Kaway, Iwami e Ebisu compararam a resistência à abrasão por escovação de sete resinas experimentais diferentes que foram feitas pela mudança na composição dos monômeros resinosos (Bis70/TEG30, Bis60/TEG40, Bis50/TEG50, Bis40/TEG60, UDMA100, UDMA50/TEG50, TMPT50/TEG50). As resinas experimentais foram feitas pela mistura de quatro tipos de monômeros resinosos (BisGMA, UDMA, TMPT e TEGDMA), canforoquinona-iniciador (1 wt%), dimetilaminoetil metacrilato-acelerador (2 wt%), e 2,6-di-tert-butil-p-cresol –inibidor

(0,05 wt%). Os espécimes foram armazenadas em ar, à temperatura ambiente, por 2 semanas e inseridas numa máquina de teste de abrasão por escovação (Modelo 1002, Daiei Scientific, Kyoto, Japão). Então, 40 g de pasta abrasiva composta de bicarbonato de cálcio (25 wt%), carboxi metil celulose (1 wt%), sulfato iauril de sódio (1 wt%) e glicerina (73 wt%) foram colocadas num recipiente da máquina. A escova de dente recebeu uma carga vertical de 400 gf e teve movimentos bidirecionais numa velocidade de 60 rpm. Depois de 100.000 ciclos, a perda do desgaste de cada espécime foi determinada pela alteração de peso durante o teste de desgaste, ou seja, subtraindo o peso inicial pelo final. Resinas com TMPT-TEGDMA mostraram ser as mais resistentes ao desgaste, enquanto que as resinas contendo BisGMA e UDMA tiveram maior resistência ao desgaste quanto maior o conteúdo de TEGDMA. Conforme os autores, a resistência à abrasão de resinas compostas está relacionada com a qualidade da carga, a matriz de resina e a interface carga/matriz, no entanto, a propagação das fraturas ocorrem mais freqüentemente na matriz resinosa. Além disso, o grau de conversão de polimerização está relacionado diretamente com a diminuição de monômeros aromáticos de BisGMA e o aumento de monômeros diluentes como o TEGDMA. Em razão das inferiores propriedades físicas, o menor grau de polimerização é relatado como a causa de maior abrasão. Concluíram, também, que a relação inversa entre a microdureza e a quantidade de desgaste das respectivas resinas foi confirmada.

Em 1999, Xu avaliou o uso de filamentos mono-cristalinos (nitrato de sílica) como carga de resina composta, assim como, o efeito do conteúdo deste tipo de carga nas propriedades da resina composta. Partículas de sílica foram fundidas nos filamentos, a fim de facilitar a silanização e criar irregularidades nas mesmas permitindo uma maior retenção à matriz orgânica (BisGMA e TEGDMA). A resistência flexural, o módulo de elasticidade, microdureza e grau de conversão foram medidos em função do conteúdo de carga em peso (0 à 70 %). O módulo de elasticidade e a dureza aumentaram uniformemente com o nível de carga. A resistência flexural aumentou inicialmente, porém ficou em platô com o aumento do conteúdo de carga a partir de 55 wt%. O grau de conversão diminuiu com o aumento do conteúdo de carga. Portanto, o autor concluiu que o reforço pelos filamentos cerâmicos pode aumentar significativamente as propriedades mecânicas das resinas compostas.

Em 2000, Cobb *et al.* compararam as propriedades físicas de três resinas compostas compactáveis, uma híbrida convencional e uma microparticulada. Os autores avaliaram resistência à tração diametral, resistência à compressão, flexural e profundidade de cura. Os autores avaliaram as resinas compostas Alert, Surefil, Solitaire, TPH Spectrum e Heliomolar. Todas amostras foram confeccionadas de acordo com as especificações da American National Standards Institute (ANSI). Os resultados demonstraram que a resina composta híbrida apresentou significativamente maiores resultados em resistência flexural e tração diametral do que os outros materiais. Alert e Surefil apresentaram semelhante resistência em tração diametral e flexural, os quais foram maiores que para Heliomolar. A resina composta Solitaire apresentou os mais baixos valores em relação a estes testes. Surefil apresentou o maior valor de resistência à compressão, seguido pela TPH Spectrum, Solitaire e Alert, os quais apresentaram resultados similares, porém significativamente maior que Heliomolar. TPH Spectrum e Alert apresentaram o maior valor de profundidade de cura comparado aos outros compósitos seguido pela Surefil, Solitaire e Heliomolar. Para os autores, embora as resinas compostas compactáveis testadas neste estudo apresentaram propriedades físicas superiores à microparticulada, estas não foram melhores do que a resina convencional híbrida.

Novos compósitos de baixo escoamento (condensáveis) foram desenvolvidos para uso em restaurações de resina direta posterior. Esses materiais apresentam melhores características de manipulação e propriedades físicas do que os compósitos microhíbridos. Em 2000, Jackson e Morgan descreveram uma técnica incremental que apresenta a vantagem de proporcionar melhores características de manipulação, redução na contração de polimerização e maior profundidade de polimerização. Quando essa nova técnica é utilizada com adesivos de passo único e instrumentação adequada, esses compósitos posteriores condensáveis podem ser inseridos nas cavidades dentárias mais facilmente e rapidamente e possivelmente são mais prognosticáveis do que quando se vale da técnica previamente utilizada com resinas de médio escoamento.

Tanoue, Matsumura e Atsuta realizaram uma pesquisa em 2000, onde foi analisada a abrasão causada por escova/dentifrício num compósito indireto

fotoativado (Artglass) com formulações para esmalte e para dentina. O objetivo foi avaliar a influência de fontes de polimerização na abrasão por escovação. Os corpos-de-prova foram fixados num suporte equipado na máquina de teste (Abrasion Testing Machine K236, Tóquio-Giken, Japão). Para compor uma pasta abrasiva, um dentífrico contendo abrasivo de hidróxido de alumínio (Colgate Fluoriguard, Colgate Oral Care, Sidney, Austrália) foi utilizado na proporção 1:1 com água. Essa pasta, na quantia de 150 g, foi colocada num recipiente da máquina. Valendo-se de um suporte da máquina, a escova de dente (Oral-B 40 Reta, Macia, Oral –B, Belmont, EUA) foi fixada até que as cerdas ficassem em contato com as espécimens, movendo-se para trás e para frente totalizando 140 ciclos por minuto. Uma carga vertical de 350 g foi utilizada durante os movimentos horizontais do início ao fim do teste, e os corpos-de-prova foram escovados num total de 20.000 ciclos, que corresponde a simulações de uso da escova em ambiente oral por aproximadamente 2 anos. Depois de cada corpo-de-prova ser testado, a escova e a pasta foram trocadas e os recipientes foram mantidos tampados para evitar uma diminuição na quantia de pasta. Depois do teste, os corpos-de-prova foram removidos da máquina e lavados com água corrente, limpados ultrassonicamente por 5 minutos com água destilada e secos suavemente com ar. No que se refere aos fatores relacionados aos compósitos, tanto a matriz resinosa quanto o tipo de partículas de carga são afetados pelo desgaste por causa da abrasão seletiva da matriz resinosa e do deslocamento das partículas de carga com o passar do tempo.

Em 2000, Tanoue, Matsumura e Atsuta realizaram nova pesquisa que avaliou a influência da escovação no desgaste abrasivo e na rugosidade superficial de 7 compósitos protéticos (Artglass, Axis, Cesead II, Conquest Sculpture, Estenia, Infis e Targis). O fenômeno mais importante, no que se refere às características de desgaste dos compósitos protéticos, é a abrasão por escovação. Essa é indesejável devido às suas desvantagens estéticas e biológicas e, além disso, porque a escovação diária com dentífrico leva a alterações na superfície de muitos compósitos. Assim, a rugosidade superficial de materiais compósitos causada pela escovação leva ao aumento do acúmulo de placa bacteriana e à diminuição do brilho dessas restaurações. Depois de ficarem estocadas em água a 37°C por 14 dias, cada corpo-de-prova foi fixado nos dispositivos da máquina de ensaio de abrasão por escovação (Modelo k236, Tóquio-Giken, Japão). Para compor uma pasta

abrasiva, um dentífrico contendo abrasivo de hidróxido de alumínio (Colgate Fluoriguard, Colgate Oral Care, Sidney, Austrália) foi utilizado na proporção 1:1 com água. Essa pasta, na quantidade de 150 g, foi colocada num recipiente da máquina. Valendo-se de um suporte da máquina, a escova de dente (Oral-B 40 Reta, Macia, Oral –B, Belmont, EUA) foi fixada até que as cerdas ficassem em contato com as espécimens, movendo-se para trás e para frente totalizando 140 ciclos por minuto. Uma carga vertical de 350 g foi utilizada durante os movimentos horizontais do início ao fim do teste, e os corpos-de-prova foram escovados num total de 20.000 ciclos, que corresponde a simulações de uso da escova em ambiente oral por aproximadamente 2 anos. Cinco amostras de cada material foram testadas. Depois do teste, essas foram removidas da máquina e lavadas com água corrente, limpadas ultrassonicamente com água destilada por 5 minutos e suavemente secas com ar. A quantidade de perda vertical foi determinada com um perfilômetro. Foi demonstrado, através da Análise de Variância ANOVA e do teste de Duncan, que a abrasão e a rugosidade superficial de compósitos protéticos causadas pela escovação variam de acordo com cada material. Portanto, a rugosidade superficial de materiais compósitos pode ser influenciada não apenas pela composição do monômero, mas também pelo tamanho das partículas e pela composição da carga.

Em 2001, foi afirmado por Chimello *et al.* que o desgaste clínico de uma restauração pode resultar dos contatos cêntricos e funcionais, da atrição do bolo alimentar, das áreas de contato interproximais, bem como, da escovação, pela ação da escova e do dentífrico. O processo de desgaste é complexo, pois envolve abrasão, adesão, fadiga, erosão e fricção, que interagem entre si. Em relação ao desgaste por escovação, esse pode ocorrer em qualquer superfície do dente, mas é mais comum em sua face vestibular (restaurações de classe V). Um material pode ser avaliado quanto à resistência à abrasão através da perda de massa e da lisura superficial após certo período de escovação. Com o aumento da rugosidade superficial pode ocorrer mais retenção de placa e manchamento, influenciando também nas propriedades estéticas das resinas compostas. Neste estudo, o objetivo foi comparar, *in vitro*, o desgaste e a rugosidade superficial de diferentes compósitos resinosos (Revolution, Kerr; Natural Flow, DFL; Flow It!, Jeneric Pentron; Fill Magic Flow, Vigodent - resinas *flow*, Silux Plus, 3M – resina de micropartícula e Z100, 3M – resina híbrida) após teste de escovação. Neste estudo, os espécimens foram fixados

no centro de uma placa de acrílico pela adição de uma gota do monômero da resina acrílica. Para a simulação da escovação, a máquina utilizada foi do tipo Pepsodent, desenvolvida na Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto. Como agente abrasivo, usou-se a escova Kolynos com cerdas macias, uma suspensão do dentífrico Sorriso Branqueador – Kolynos, com alto grau de abrasividade, e água destilada na proporção de 1:1, totalizando 15 ml de suspensão dentro do recipiente. Através de movimentos horizontais da escova, realizou-se a escovação com um peso de 200g e uma excursão de 3,8 cm. O tempo total de escovação foi de 100 minutos e a rotação foi de 2 ciclos/s. Depois do teste, os espécimens foram cuidadosamente removidos da placa de acrílico com um bisturi, lavados em água corrente, secados e pesados. Os dados foram submetidos à Análise de Variância ANOVA e ao teste de Tukey. Para verificar se há alguma correlação entre valores de desgaste e de rugosidade, o teste de Pearson foi utilizado. Foi verificado um similar desgaste da Natural Flow e da Z100, ambas apresentaram mínima perda de massa e rugosidade superficial. Já a Silux Plus apresentou maior rugosidade superficial após a escovação. Portanto, os autores sugerem que as alterações na superfície do material após a escovação com dentífrico dependem da composição e das características inerentes às resinas compostas, sendo necessários estudos adicionais a respeito do tipo, quantia e arranjo da carga, para verificar a influência nas propriedades mecânicas.

Shortall, Uctasli e Marquis, em 2001, avaliaram a resistência à fratura de uma grande variedade de resinas compostas restauradoras fotoativadas disponíveis atualmente. Os produtos indicados somente para uso em anterior foram testados juntamente com materiais universais para dentes posteriores. O material universal e o posterior produziram maiores valores de torque à fratura (T) no geral em comparação aos produtos para anterior. Trinta e seis compósitos foram avaliados. Seis destes produtos foram desenvolvidos e indicados para uso em anterior; 22 foram identificados como materiais universais e 8 foram exclusivamente desenvolvidos para uso em posterior. Amostras chanfradas de 5 mm de diâmetro ( $\pm 0,1$  mm) e 2 mm de profundidade ( $\pm 0,1$  mm) foram preparadas com um entalhe central com ângulo de 90°. A fratura foi induzida utilizando uma máquina de ensaios universal Instron com velocidade de 1mm/min utilizando uma esfera de 3 mm de diâmetro que promovia dois pontos de contato distribuídos igualmente a fim de

fraturar a amostra em duas metades. Dez amostras foram preparadas para cada grupo de teste. Os valores médios (DP) de torque (N/mm) variaram de 8,04 (0,97) a 13,58 (0,86) para os compósitos de uso em anteriores; 9,04 (0,66) a 18,88 (1,86) para os materiais universais e 8,7 (0,68) a 17,32 (1,59) para os produtos recomendados para uso em posterior. Além disso, os produtos para anterior apresentaram médias significativamente menores para os valores de torque em relação ao outros grupos testados. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os produtos de uso universal e para posterior. As resinas compostas fotoativadas atualmente disponíveis apresentam uma grande variedade de valores de resistência à fratura. Para os produtos avaliados nesta pesquisa, os compósitos universal e para uso posterior apresentaram médias de resistência à fratura significativamente maiores. De acordo com os resultados deste estudo, alguns dos novos materiais para posterior podem ser susceptíveis à fratura marginal e do corpo em situações de grande estresse *in vivo*.

Burgess, Walker e Davidson, em 2002, relataram que as indicações de resinas compostas diretas para dentes posteriores têm aumentado, devido à preocupação com estética por parte dos pacientes e às melhoras desses materiais restauradores. Outros fatores que contribuíram para isso são os conceitos ambientais e de saúde relacionados com o amálgama dental. As resinas compostas continuaram a ser aprimoradas por seus fabricantes desde sua introdução no mercado. Este artigo caracterizou as resinas compostas diretas para dentes posteriores atuais (híbridas, microparticuladas, *flow* e condensáveis), fez revisões *in vitro* e pesquisas clínicas recentes e, além disso, recomendou indicações para estes materiais. A literatura sobre compômeros também pode ser revisada e recomendações feitas para sua utilização. A técnica de utilização de resinas compostas é sensível e estas podem ser usadas em cavidades dentárias grandes, se forem adequadamente manipuladas e o isolamento do campo operatório poder ser realizado. Os compômeros podem também ser usados como material restaurador posterior estético, desde que um adequado isolamento do campo operatório seja realizado.

Ferreira et al., em 2002, avaliaram a rugosidade e a efetividade do selante de penetração superficial (Fortify) e do agente de união sobre as superfícies polidas dos

compósitos Tetric Ceram e Z100, após desgaste por escovação mecânica. Foram confeccionados 144 corpos-de-prova cilíndricos, divididos em três grupos de acordo com o intervalo de escovação (A- controle, B- seis meses e C- um ano). Estes foram subdivididos em seis subgrupos de acordo com o tratamento recebido (somente polido, aplicação do agente de união e aplicação do Fortify). Antes e após a escovação, foi feita a leitura da rugosidade superficial dos corpos-de-prova com um rugosímetro (Prazis Rug-03). Utilizou-se uma máquina (Equilabor) para o ensaio de escovação, as pontas ativas das escovas dentais Kolynos Doctor com cerdas extramacias e o dentifrício Sorriso (Kolynos do Brasil). A quantidade de dentifrício foi de 6 g diluídas em 6 ml de água destilada. Depois do posicionamento das escovas sobre os corpos-de-prova, estes foram submetidos a movimentos lineares de escovação, com velocidade de 250 movimentos por minuto, sob carga axial estática de 200 g, para simular a força empregada durante os procedimentos de higiene bucal. Para o grupo B, foram realizados 5.000 ciclos de escovação, durante 20 min, o que equivale a aproximadamente seis meses de escovação. Para o grupo C, referente a um ano de escovação, foram realizados 10.000 ciclos durante 40 min. Duas amostras de cada grupo foram observadas em Microscópio Eletrônico de Varredura. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância). Observou-se que para o Z100, os menores valores de rugosidade foram obtidos nas amostras tratadas antes do ensaio de escovação. Estes valores aumentaram significativamente após os períodos de escovação. Para o Tetric Ceram, os resultados foram semelhantes. Portanto, as fotomicrografias mostraram que, após a escovação pelo período de seis meses, esta proteção foi parcialmente removida provocando aumento da rugosidade, que permaneceram assim ou diminuíram após um ano.

Em 2002, Kim, Ong e Okuno classificaram resinas compostas comerciais de acordo com a morfologia da carga inorgânica, avaliaram a influência da morfologia no conteúdo presente na resina e avaliaram o efeito do conteúdo e morfologia na dureza, resistência flexural, módulo flexural e resistência à fratura. A microscopia eletrônica de varredura e a espectroscopia por dispersão de energia foram usados para classificar 3 amostras de 14 compósitos em 4 grupos de acordo com sua morfologia. O conteúdo de carga em peso foi determinado pelo método termogravimétrico, onde as amostras foram aquecidas até 600 °C a fim de volatilizar

a parte orgânica. A dureza Vickers foi determinada com uma carga de 200 g por 15 s, a resistência flexural e o módulo flexural foram testados em uma máquina de ensaio universal. Os dados foram comparados com análise de variância seguido do teste múltiplo de Duncan ( $p < 0,05$ ). Os compósitos foram classificados em 4 categorias de acordo com a morfologia da carga: pré-polimerizada, formas irregulares, pré-polimerizada com formas irregulares e partículas esféricas. O conteúdo de carga presente nos compósitos foi influenciado pela morfologia deste. Os compósitos que continham cargas pré-polimerizadas apresentaram baixos valores de conteúdo de carga (25 a 60 %). As propriedades mecânicas dos compósitos foram relacionados com o conteúdo de carga. Os compósitos com o maior quantia de carga apresentaram maior resistência flexural (120 a 129 MPa), módulo flexural (12 a 15 GPa) e dureza (101 a 117 VHN). A resistência à fratura também foi afetada pelo volume de carga, mas o resultado máximo de resistência foi encontrado com um nível de 55 % de carga. Com isso, os autores puderam concluir que os compósitos testados puderam ser classificados pela morfologia da carga. Esta propriedade influenciou no conteúdo de carga. Ambos, morfologia e conteúdo, influenciaram a resistência flexural, módulo flexural, dureza e resistência à fratura.

Em 2002, Neves *et al.* avaliaram a correlação entre grau de conversão e microdureza em resinas compostas, e o efeito do conteúdo de partículas e do tipo de unidade fotoativadora sobre esses parâmetros. Três resinas compostas (Artglass<sup>®</sup>, Hareaus-Kulzer; Solidex<sup>®</sup>, Shofu; Zeta LC<sup>®</sup>, Vita) foram polimerizadas em três diferentes unidades laboratoriais (UniXS<sup>®</sup>, Hareaus-Kulzer; Solidilite<sup>®</sup>, Shofu e unidade experimental). Para cada material, quinze corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz metálica, e submetidos às análises do grau de conversão por meio de espectrofotometria por infravermelho e da microdureza. O conteúdo de partículas inorgânicas foi determinado por análise termogravimétrica (TGA). O comportamento conjunto das variáveis (grau de conversão e microdureza) foi medido através do coeficiente de correlação de Pearson. Para a resina Artglass<sup>®</sup>, o grau de conversão variou de 37,5% a 79,2%, com valores de microdureza de 32,4 a 50,3 ( $r = 0,904$ ). Para a resina Solidex<sup>®</sup>, o grau de conversão variou de 41,2% a 60,4%, com valores de microdureza de 33,3 a 44,1 ( $r = 0,707$ ). Para a resina Zeta LC<sup>®</sup>, os valores de conversão e microdureza foram, respectivamente, de 62,0% a 78,0% e de 22,6 a 33,6 ( $r = 0,710$ ). Concluiu-se que o uso das diferentes unidades

resultou em variações dos valores de conversão em função das características específicas de cada unidade. Para cada material, uma forte correlação entre conversão e microdureza foi observada. Além disso, quando materiais diferentes foram comparados, observou-se que o conteúdo de partículas inorgânicas afetou diretamente os valores de microdureza, não interferindo no grau de conversão.

Hu, Marquis e Shortall, em 2003, conduziram um teste de desgaste em dois corpos em um compósito dental com diferentes partículas de carga. Desde que Ferracane, em 1995, identificou que as principais propriedades de partículas de carga são a quantidade e o tamanho, a tentativa dos pesquisadores em melhorar a resistência ao desgaste direcionou os estudos para a modificação das partículas de carga. A adição de partículas de carga inorgânica dentro de uma matriz resinosa pode geralmente melhorar a resistência, propriedades de manipulação e radiopacidade, reduzir o coeficiente de expansão térmica e minimizar a contração de polimerização. As condições de desgaste em uma boca humana podem ser divididas em 2 categorias: desgaste em dois corpos, tipo oclusal ou contato proximal causado pelo contato direto da superfície do dente antagonista ou adjacente e, desgaste de três corpos, que ocorre em presença de bolo alimentar ou dentífrico. Algumas superfícies dentárias específicas podem ser afetadas simultaneamente pelos dois tipos. Os materiais utilizados foram resina BisGMA, TEGDMA e partículas de carga zirconia sílica pré-silanizadas, ambas fabricadas pela 3M ESPE. As resinas e as partículas de carga foram manipuladas com diferentes quantidades de carga: 20, 40, 60, 65, 70, 75, 80, 82.5, 85 e 87.5% em peso. As amostras foram confeccionadas em discos com 2 mm de espessura e 6 mm de diâmetro e fotopolimerizadas por 40 segundos. As superfícies das amostras foram desgastadas com lixa de carvão de silício de granulação 800 e 1200 para remover a camada rica em resina e padronizar o acabamento das amostras. Para o teste de desgaste foi utilizada uma máquina específica que simula o impacto de ciclos mastigatórios que ocorrem em áreas de contato oclusal *in vitro*. A frequência do ciclo foi de 100 Hz e uma roda com 30 mm de diâmetro e rotação de 200 rpm foi usada como anteparo. A superfície do anteparo antagonista da roda foi feita de porcelana (IPS Classic V Ceramic; Ivoclar). O teste de desgaste durou 2 horas com uma carga cíclica sinusoidal de 10 N. Os espécimes foram cuidadosamente lavados em água corrente e secados em um

tecido macio antes de serem pesados. Os resultados mostraram um pequeno aumento na taxa de desgaste quando a proporção esteve abaixo de 60%. Entre 60 e 75% a maior parte da superfície de desgaste permaneceu intacta, embora os sulcos e pequenas fissuras aparecessem, mas entre 80 e 87,5% em peso, um aumento elevado foi detectado. Concluíram que, no teste de desgaste de dois corpos, a adição de altos níveis de partículas de carga dentro da matriz resinosa poderia reduzir a resistência ao desgaste do compósito, pelo fato das partículas de carga apresentarem uma união fraca com esta matriz resinosa e não conseguirem suportar as forças de cisalhamento friccional e de carga, apesar de terem um alto módulo de elasticidade, provocando um deslocamento ou fragmentação em contato com a superfície do anteparo.

Foram desenvolvidas por Mitra, Wu e Holmes, em 2003, duas resinas compostas nanoparticuladas, cujas propriedades mecânicas, *in vitro*, foram comparadas com as de compósitos híbridos, microhíbridos e microparticulados. Estas resinas desenvolvidas foram carregadas com nanopartículas e nanoaglomerados. A avaliação das propriedades mecânicas constou de: resistência à compressão, tração diametral e flexural, resistência abrasiva de corpo triplo, resistência à fratura, manutenção do polimento e morfologia superficial. O estudo estatístico dos resultados foi realizado com análise de variância e o teste pareado Tukey-Kramer ( $p < 0,05$ ). Com relação aos resultados de resistência à compressão, diametral e à fratura, foram equivalentes ou maior que os compósitos convencionais testados. Os nanoparticulados apresentaram melhor manutenção do polimento que as resinas híbridas e microhíbridas, no entanto, similar ao microparticulados. Conforme a conclusão dos autores, o sistema nanoparticulado apresentou alto polimento, e grande capacidade de manutenção deste, similar ao compósito microparticulado. Além disso, manteve propriedades mecânicas e resistência ao desgaste equivalentes aos demais compósitos.

Say et al., em 2003, determinaram a resistência abrasiva de corpo triplo de dois compósitos condensáveis (P60; Solitaire 2), um compósito com liberação de íons (Ariston AT), uma resina composta híbrida (Tetric Ceram) e uma resina com carga cerâmica modificada (Admira). A correlação entre a resistência abrasiva e a

microdureza Vickers dos compósitos foi avaliada também através deste estudo. A realização do teste de desgaste de corpo triplo foi efetuada valendo-se de uma máquina de abrasão ACTA com 15N de força de contato usando milho moído como abrasivo. A avaliação da profundidade foi efetuada por um profilômetro após 200.000 ciclos. Já a realização do teste de dureza foi efetuada valendo-se de um microdurômetro digital (carga de 500 gramas por 15 segundos). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste Kruskal Wallis ( $p < 0,05$ ). Ocorreu diferença significativa entre os compósitos no que se refere à abrasão (P60 < Solitaire 2 < Ariston AT < Tetric Ceram < Admira). O maior valor de microdureza Vickers foi apresentado pela resina P60. No que se refere à microdureza Vickers, nenhuma outra diferença significativa foi observada entre as demais resinas. Através da análise dos resultados obtidos, pôde-se concluir que há diferenças significativas na resistência abrasiva dos compósitos. Já a correlação entre dureza e desgaste foi significativa ( $r = -0,91$ ). Logo, os autores concluem que existe uma correlação negativa entre dureza e desgaste de corpo triplo dos compósitos testados.

Santos et al., em 2003, verificaram o efeito do selante de penetração de superfície sobre a rugosidade de compósitos baseados em resina posterior antes e depois da escovação mecânica. Dez espécimens de quatro compósitos diferentes (Alert, Definite, Z100 e Prodigy Condensable) foram feitas usando uma matriz metálica (altura de 2 mm e diâmetro de 4 mm). Depois de 24 horas, as espécimens foram polidas usando discos Sof-Lex em sequência: grosso, médio, fino e superfino, cada um por 40 segundos e, imediatamente, uma das superfícies foi coberta com o selante de superfície Protect-It. Todas as espécimens foram examinadas com um profilômetro para medir a rugosidade superficial inicial antes da escovação mecânica numa velocidade constante de 250 golpes por minuto com um total de 30 ciclos, usando uma escova e um dentifrício contendo carbonato de cálcio como abrasivo, sob uma carga de 200 g. Depois da escovação, a rugosidade superficial foi medida por uma vez de novo. Os dados foram analisados com ANOVA e com o teste de Tukey num nível de confiança de 95%. A escovação mecânica aumentou a rugosidade superficial de todos os compósitos estudados (Alert:  $0,7303 \pm 0,0942 \mu\text{m}$ ; Definite:  $0,4961 \pm 0,1255 \mu\text{m}$ ; Z100:  $0,3428 \pm 0,0841 \mu\text{m}$ ), com a exceção de Prodigy Condensable ( $0,2782 \pm 0,0678 \mu\text{m}$ ) ( $p > 0,05$ ). O selante de penetração de superfície efetivamente diminuiu a rugosidade superficial para Alert ( $0,5435 \pm 0,2182$

$\mu\text{m}$ ) e Definite ( $0,2956 \pm 0,0368 \mu\text{m}$ ) ( $p < 0,05$ ), mas não teve efeito sobre a Z100 ( $0,3331 \pm 0,0565 \mu\text{m}$ ) e Prodigy Condensable ( $0,2760 \pm 0,0920 \mu\text{m}$ ) como estas têm tamanhos de carga menores do que os outros compósitos testados ( $p > 0,05$ ). A manutenção de uma baixa rugosidade de superfície pode ser um aspecto importante para a longevidade clínica de compósitos baseados em resina. A aplicação de um selante de penetração de superfície, quando usado sobre alguns compósitos, como Definite e Alert, pode diminuir a rugosidade superficial.

Em 2003, Takeuchi et al. avaliaram *in vitro*, antes e depois da simulação de escovação, a influência do selante de superfície na rugosidade superficial de resinas compostas posteriores. Com a resina composta Filtek P 60 (3M ESPE, EUA) confeccionou-se 30 espécimens separadas ao acaso em 3 grupos. Um não selado e dois selados com selante de superfície Protect-it, Jeneric Pentron ou sistema adesivo Single Bond (3M ESPE, EUA). Inicialmente, os espécimens foram submetidos à leitura no rugosímetro para determinar a rugosidade inicial e depois passaram pelo processo de simulação de escovação. No total, ocorreram 35.600 ciclos em 100 minutos, com carga de 200g sobre a cabeça das escovas percorrendo uma distância de 3,8 cm. O espaço de tempo citado acima corresponde a 2 anos de escovação num indivíduo com higienização oral adequada. Depois da limpeza das amostras, outra leitura da rugosidade foi realizada. Foi observado pelos autores que não existiu diferença estatisticamente significativa entre o grupo controle e os grupos selados. Diferentes fatores podem influenciar na rugosidade como: a amplitude do percurso feito pela escova, o peso colocado sobre a cabeça da escova dental, o grau de abrasão do dentífrico e a temperatura. Desse modo, a mesma marca de dentífrico e escova dental foi empregada em todos os testes avaliando somente a influência do selante de superfície na textura superficial. Significantes alterações na lisura superficial das resinas compostas ocorreram devido à utilização do dentífrico e da escova de dente.

Baseren, em 2004, avaliou os efeitos de diversos procedimentos de acabamento e polimento sobre a rugosidade superficial de compósitos nanoparticulados e nanohíbridos e de materiais restauradores dentais baseados em ormocer. Os materiais incluídos foram um compósito nanoparticulado (Supreme) um compósito nanohíbrido (Grandio) e um ormocer (cerâmica modificada

organicamente, Admira). Quarenta espécimens de cada material foram preparadas usando uma matriz Mylar (tira de poliéster) e divididas, ao acaso, em quatro grupos de acabamento e polimento (n=10): (I) broca de diamante/Super-snap Rainbow Technique Kit (revestidos de óxido de alumínio, discos abrasivos); (II) broca de diamante/Astropol and Astrobrush system (sistema de escova e polidores abrasivos de silicone); (III) broca carbide de Tungstênio/Super-snap Rainbow Technique Kit; e (IV) broca carbide de Tungstênio/Astropol and Astrobrush system. A média da rugosidade superficial (Ra) em micrômetros foi medida usando um avaliador de rugosidade superficial “Mahr Perthometer S4P” e os dados foram comparados usando ANOVA ( $p \leq 0,05$ ). Os resultados deste estudo indicaram que a matriz Mylar produziu a superfície mais lisa sobre todos os materiais e entre os métodos de acabamento e polimento, o primeiro e o terceiro métodos produziram superfícies mais lisas significativamente do que o segundo e o quarto métodos para os três materiais restauradores. O ormocer (Admira) produziu a variabilidade mais baixa em rugosidade superficial inicial entre os materiais testados. Este estudo mostrou que os discos abrasivos Super-snap produziram uma superfície mais lisa do que os polidores de silicone Astropol e Astrobrush para compósitos e materiais restauradores baseados em ormocer, mas os resultados seriam válidos clinicamente para superfícies planas e acessíveis facilmente, e não para todas as áreas da boca. Portanto, polidores de silicone são necessários para áreas posteriores e para superfícies côncavas e convexas.

Garcia et al., em 2004, mensurou a perda de massa e as alterações de rugosidade superficial de diferentes marcas de resinas compostas “*flow*” após teste de escovação simulada. A hipótese nula testada foi de que não haveria diferença de massa e de rugosidade superficial após o teste e de que não haveria correlação entre essas variáveis. Foram testadas cinco resinas compostas *flow*. Para o grupo controle, foram utilizadas resinas compostas microhíbrida e microparticulada. Conforme as instruções do fabricante, doze espécimens de cada material foram confeccionadas. O ensaio ocorreu numa máquina de escovação mecânica, similar a Pepsodent, equipada com seis suportes de aço inoxidável. Para acomodar dois espécimens em cada base, seis bases de resina acrílica foram usadas. Além disso, cabeças de escovas com cerdas macias (Colgate-Palmolive) e um peso de 200 g perpendicular à superfície das amostras foram utilizados. Foi preparada uma pasta

pela mistura de água deionizada e dentifrício Colgate MFP na proporção 2:1. No total, 100.000 ciclos foram executados com uma frequência de 374 ciclos por minuto. A massa e a rugosidade de cada material foram aferidas por uma balança analítica Sartorius e pelo equipamento Hommel Tester T1000, respectivamente, antes e depois do teste. Os dados obtidos foram comparados pelos testes t-pareado e Tukey ( $p < 0,05$ ). Os materiais apresentaram diferenças estatísticas de perda de massa entre os valores iniciais e finais, com exceção da resina Flow-It LF (Pentron). No entanto, nenhuma diferença foi observada quando se comparou a porcentagem de perda de massa entre os diferentes materiais testados. Todos os materiais tornaram-se mais rugosos. As resinas compostas “*flow*” não demonstraram superioridade em relação aos materiais de controle, devendo-se esperar o desgaste por perda de massa do material e maior rugosidade após a escovação. Portanto, a hipótese nula antecipada foi parcialmente aceita.

Em 2004, Reich et al. determinaram o desgaste de corpo triplo, resistência à fratura e módulo de elasticidade de quatro resinas compostas para uso indireto (Artglass, Vita Zeta LC e Targis) e uma resina para uso direto (Z100). Além disso, o teste de desgaste foi realizado nas matrizes puras dos materiais e comparados ao amálgama como referência. O desgaste dos materiais indiretos foi maior do que Z100 (13  $\mu\text{m}$ ) e amálgama (14  $\mu\text{m}$ ) ( $p < 0,01$ , Mann-Whitney). As resistências médias de fratura para os compósitos indiretos variaram de 127,5 MPa (Targis) à 71,6 MPa (Vita Zeta LC). O módulo de elasticidade dos compósitos variaram de 2,9 à 12,8 GPa. O grau de desgaste das matrizes não diferiu significativamente. O desgaste das resinas é influenciado pelo seu conteúdo de carga, tamanho médio de carga, tipo, forma e silanização da mesma.

Saad et al., em 2004, avaliaram a microdureza nas superfícies de topo e de base de corpos-de-prova confeccionados com duas marcas comerciais de resinas compostas microhíbridas: Filtek Z-250 (3M ESPE) e Vitaescence (Ultradent), ambas nas cores A3 e incisal. Para cada grupo de materiais, foram confeccionados cinco corpos-de-prova. Cada corpo-de-prova teve suas superfícies de topo e base divididas em quatro quadrantes e, então, foi realizado o teste de microdureza Vickers com três impressões em cada quadrante, totalizando 120 impressões por grupo testado. A avaliação dos resultados foi feita pelo teste de Tukey, significativo ao nível

de 5%. Os autores puderam concluir que, com relação à dureza Vickers, as resinas de cor A3 foram significativamente superiores às resinas translúcidas tanto nas superfícies de topo quanto nas de base. Além disso, diferença significativa de microdureza também foi observada entre as superfícies de topo e de base de todos os grupos testados.

Schwartzs e Söderholm, em 2004, testaram os efeitos do tamanho das partículas de carga, a presença da água e do álcool na dureza e no desgaste laboratorial de compósitos. Baseados em descobertas anteriores, os autores supõem que a diminuição no espaço inter-partículas poderia melhorar a resistência ao desgaste por promover uma maior proteção da matriz, assim como, a estocagem de compósitos em 25% de etanol poderia plastificar e diminuir a dureza de compósitos. Para comprovar a hipótese de que compósitos com partículas de carga menores são mais resistentes ao desgaste, e que o aumento do desgaste ocorre por diminuição da dureza após o compósito ter sido plastificado, foram confeccionados 3 compósitos, a partir da mistura de uma matriz resinosa de UEDMA/TEGDMA (1:1), com 53% em volume de partículas de vidro de bário em diferentes tamanhos (1,5, 3,0, e 10,0  $\mu\text{m}$ ) tratadas com silano. A avaliação do desgaste foi conduzida na máquina de teste de desgaste ACTA. A pasta abrasiva consistia de uma mistura de arroz e semente de painço descascada e moída, diluída ou em água destilada ou em água com 25% de etanol. A força usada na máquina foi de 15N, com velocidade de 1 Hz (simula a frequência da mastigação), totalizando 200.000 ciclos. Os valores de desgaste e dureza foram analisados usando ANOVA. A análise do desgaste mostrou que o compósito com partículas de diâmetro 1,5  $\mu\text{m}$  apresentou valores menores, enquanto que o compósito com partículas de diâmetro 10  $\mu\text{m}$ , os maiores. Portanto, os valores de dureza dos compósitos mais grosseiros foram menores do que os dos compósitos mais finos, durante a estocagem em água ou em água com etanol a 25%, porém, o tamanho das partículas de carga não afetou a dureza de espécimes secos.

Em 2004, Terry relatou que a mais recente inovação em tecnologia de resina composta é a aplicação de teorias de nanocompósitos em materiais restauradores. Estes possuem estética, resistência e durabilidade aumentadas combinando com princípios científicos para aumentar a longevidade. Este artigo discute a aplicação

de sistemas de nanocompósitos e demonstra a perspectiva histórica de tecnologia de resinas compostas nos tratamentos restauradores.

Em 2004, Yap, Tan e Chung relataram que uma melhora na resistência ao desgaste de resinas compostas se tornou possível, devido ao uso de diferentes tipos de cargas e partículas menores, mas este continua sendo um problema em situações de estresse. Trabalhos clínicos mostram que em áreas de contato oclusal ou desgaste atricional, o desgaste pode ser de 3 a 5 vezes maior do que em áreas livres de contato abrasivo. Os autores avaliaram a resistência ao desgaste de resinas compostas recentemente lançadas no mercado, como: tecnologia de nanopartículas (Filtek Supreme, 3M ESPE) e ormocer-cerâmica organicamente modificada (Admira, Voco) e comparam suas características de desgaste com resinas compostas de micropartículas (Filtek A 110, 3M ESPE), microhíbridos (Esthet X, Dentsply; Filtek Z250, 3M ESPE) e resinas compostas poliácidos modificadas (Dyract AP, Dentsply). Todas as cores, exceto as translúcidas, são radiopacas. As partículas inorgânicas para as matizes (corpo, esmalte e dentina) da Filtek Supreme contêm uma combinação de agregados de matriz de zircônia/sílica com um tamanho médio de partícula de 0,6 a 1,4 microns com tamanho médio de partícula primário de 5 a 20 nm e uma incorporação de sílica de 20 nm não aglomerada. Sua quantidade de partículas inorgânicas é cerca de 59% em volume. Já a tecnologia usada no material Ormocer é um tanto diferente das resinas compostas tradicionais baseadas em uma matriz orgânica. Consiste de uma matriz inorgânica-orgânica formada através de uma policondensação (principal composto inorgânico de óxido de sílica funcional e unidades orgânicas polimerizáveis). As partículas de carga são embebidas nesta cadeia cruzada de matriz inorgânica e orgânica. O tamanho médio das partículas é de 0,7µm o qual é comparável com a maioria das resinas compostas microhíbridas. Para avaliar o desgaste, foram confeccionados 6 espécimes de cada material, que permaneceram em água destilada a 37°C durante 1 semana e sujeitos a um teste de desgaste por fricção, com estresse constante de 20 MPa (pela utilização de uma carga de 1,6 kg) contra uma matriz de aço inox circular SS304. Água destilada foi usada como lubrificante. Um perfilômetro avaliou a profundidade de desgaste a cada 5.000 ciclos até completar 20.000 ciclos. Os resultados foram analisados pelo Teste de Scheffe e

ANOVA. Nos primeiros 5.000 ciclos, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, mas com o aumento dos ciclos se observou um maior desgaste para Filtek Z250 (113,32 $\mu$ m) > Dyract > Ormocer > Filtek A110 > Filtek Supreme > Esthet X (39,90 $\mu$ m). A menor resistência ao desgaste da resina composta Filtek Z250 pode ter sido causada, segundo os autores, por fadiga, responsável pela falha do material após muitos ciclos com carga. A fadiga por desgaste ocorre como resultado da formação e propagação de microfendas na subsuperfície quando duas superfícies se movem sob uma carga dinâmica. Este fenômeno parece ocorrer apenas em resinas compostas que contêm muita carga resistente de zircônia, como Z100 e Filtek Z250, que tendem a absorver o estresse durante os testes de desgaste. Portanto, a resistência ao desgaste das resinas compostas de nanopartículas e ormocer foi comparável ou superior às de poliácidos modificados, micropartículas e microhíbridos.

Em 2005, Lu et al. investigaram os fatores que influenciam na resistência ao manchamento de resinas compostas. As resinas de mesma marca comercial (3M ESPE, EUA) Filtek Supreme (nanoparticulada), Filtek A110 (microparticulada), Filtek Z250 (microhíbrida) e Filtek P60 (microhíbrida) foram testadas. Trinta e seis amostras por material foram preparadas e designadas ao acaso a seis grupos. As amostras dos cinco primeiros grupos foram polidas, respectivamente, com lixas de granulação 1000, 1200, 1500, 2000 e 2500. As do sexto grupo foram polidas com lixas de granulação 2500 ou 1200 e usadas como controle. A rugosidade superficial e o lustro das amostras foram medidas com um perfilômetro e um lustrômetro respectivamente. Foram imersas numa solução de café (grupo controle em água destilada) e mantidas numa incubadora a 37°C. A cor foi medida por um espectrofotômetro depois de 3, 7 e 14 dias, e a mudança de cor foi calculada. Os dados foram analisados por ANCOVA (análise de covariância) para identificar fatores de significância em 3, 7 e 14 dias separadamente. GEE (Equações estimativas generalizadas específicas) foram aplicadas para dados longitudinais para identificar fatores significantes. Foram aplicadas para o grupo exposto ao café somente ( $p < 0,05$ ). Café, material, rugosidade superficial, e a interação de material e rugosidade superficial tiveram influência significativa estatisticamente na resistência ao manchamento dos compósitos dentais testados. Para a maioria dos materiais em solução de café, tempo e rugosidade superficial tiveram efeitos significantes sobre a

descoloração. Concluiu-se que o café teve uma influência significativa sobre a descoloração dos materiais testados. Os diferentes compósitos comportaram-se diferentemente na solução de café. A descoloração aumentou assim como a rugosidade superficial para os compósitos testados, exceto para a Filtek A110. O processo de descoloração foi acelerado com o tempo.

Em 2005, Teixeira et al. avaliaram o desgaste *in vitro* e a rugosidade superficial de duas resinas compostas em diferentes intervalos de ciclos depois de serem submetidas à abrasão por escovação com dentífrico. Vinte espécimens de uma resina composta microhíbrida, Filtek Z250 (3M ESPE, EUA) e de uma nanoparticulada, Filtek Supreme (3M ESPE, EUA) foram confeccionadas conforme as orientações dos fabricantes. Cada espécime foi submetida à abrasão por escovação com dentífrico (com carga vertical de 200 g) usando uma pasta abrasiva constituída de dentífrico e água deionizada (Close-up, Lever Ponds Ltda., La Lucia, ZA) e pontas ativas de escovas dentárias (Oral B 40, Laboratórios Oral B, Delmont, CA, EUA). Uma seqüência de escovação de 10.000, 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos foi realizada para todas as amostras numa velocidade de 1,5 Hz. No grupo controle e em cada intervalo de ciclo, um profilômetro foi usado para determinar a média de rugosidade de superfície, Ra. Nos mesmos intervalos, a perda vertical de material foi medida com um micrômetro de precisão. Os dados foram analisados usando análise de variância com medidas repetidas, com nível de significância de 5%. Análises com microscópio de força atômica (MFA) e microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram também realizadas. Depois de 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos, Filtek Supreme mostrou um desgaste menos significativo do que a Z250. A Filtek Supreme teve uma rugosidade de superfície mais alta do que a Z250 depois de 50.000 e 100.000 ciclos. Contudo, as imagens em MEV e com MFA mostraram uma superfície mais uniforme para a Filtek Supreme do que para a Z250. O desgaste por abrasão e a rugosidade superficial aumentaram em cada intervalo de ciclo para ambos materiais. Mesmo que a performance inicial de ambos materiais seja similar, maiores números de ciclos revelaram diferenças entre a resistência ao desgaste e a rugosidade superficial dos materiais.

Zhang et al., em 2005, relataram que as pesquisas sobre polímeros de nanofibras alcançaram progressos significativos na última década. Uma das

principais forças diretrizes deste progresso foi o aumento da utilização desses polímeros para aplicações biomédicas e biotecnológicas. Este artigo apresenta uma revisão sobre os últimos avanços das pesquisas feitos na utilização de polímeros de nanofibras para aplicações tais como: construções de tecidos, liberação de droga controlada, implantes médicos, nanocompósitos para restaurações dentárias, separação molecular, biosensores e preservação de agentes bioativos.

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

### 4.1 Materiais

A seleção das resinas compostas utilizadas nesta pesquisa (Figura 1) baseou-se na diferença entre os tamanhos das partículas de carga nanoparticuladas (entre 0,6 e 1,4  $\mu\text{m}$ ) e microhíbridas (entre 0,19 e 3,3  $\mu\text{m}$ ). A cor selecionada foi A2 de esmalte. Informações pertinentes a cada uma delas estão descritas no quadro 1.

**Quadro 1:** Dados específicos sobre as resinas compostas utilizadas na pesquisa:

RESINA COMPOSTA	MATRIZ INORGÂNICA	MATRIZ ORGÂNICA	FABRICANTE
FILTEK Z350* (Nanoparticulada)	Agregados de Zircônia/Sílica (0,6 a 1,4 $\mu\text{m}$ ) com partícula primária (5 a 20 nm) e Sílica não-agregada (20 nm). Representa 59,5 vol%.	BisGMA, UDMA, TEGDMA e BisEMA	3M ESPE, St Paul, Minessota, EUA. Lote:6CF
FILTEK SUPREME XT* (Nanoparticulada)	Agregados de Zircônia/Sílica (0,6 a 1,4 $\mu\text{m}$ ) com partícula primária (5 a 20 nm) e Sílica não-agregada (20 nm). Representa 59,5 vol%.	BisGMA, UDMA, TEGDMA e BisEMA	3M ESPE, St Paul, Minessota, EUA. Lote:6BW
FILTEK Z250* (Microhíbrida)	Zircônia/Sílica (0,19 a 3,3 $\mu\text{m}$ ). Representa 60 vol% (sem silano)	BisGMA, UDMA e BisEMA	3M ESPE, St Paul, Minessota, EUA. Lote:5BY

\*De acordo com as informações técnicas dos catálogos de produtos do respectivo fabricante (1998; 2002; 2005).



**FIGURA 1** - Resinas compostas nanoparticuladas Supreme XT, Z350 (3M ESPE, St Paul, Minessota, EUA) e a microhíbrida Z250.

As resinas compostas Z350 e Supreme XT apresentam a mesma composição. A Z350 é a de cores opacas (de corpo) da Supreme XT. Recebeu essa nomenclatura para se adequar ao padrão brasileiro.

Os materiais utilizados na abrasão por escovação (Figuras 2 e 3) e informações pertinentes a cada um estão descritas nos quadros 2 e 3.

**Quadro 2:** Dados específicos sobre o dentífrico utilizado na abrasão por escovação:

MARCA COMERCIAL	INGREDIENTES	FABRICANTE
Colgate Total 12 Clean Mint Anticáries com Flúor (baixa abrasividade)	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



**FIGURA 2** - Dentífrico utilizado no teste de rugosidade após abrasão por escovação.

**Quadro 3:** Dados específicos sobre a escova dental utilizada na abrasão por escovação:

MARCA COMERCIAL	COMPOSIÇÃO BÁSICA	FABRICANTE
Ultra Sul	Cerdas de nylon macias contendo de 30 a 34 tufos distribuídos em quatro fileiras arredondadas e aparadas uniformemente.	Ultra Sul, Curitiba, Paraná, Brasil



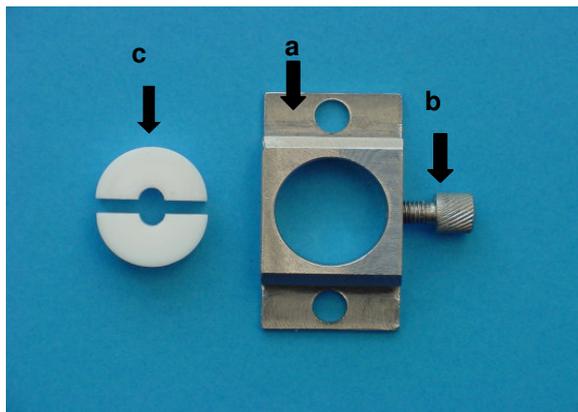
**FIGURA 3** - Escova dental utilizada no teste de rugosidade após abrasão por escovação.

## 4.2 Método

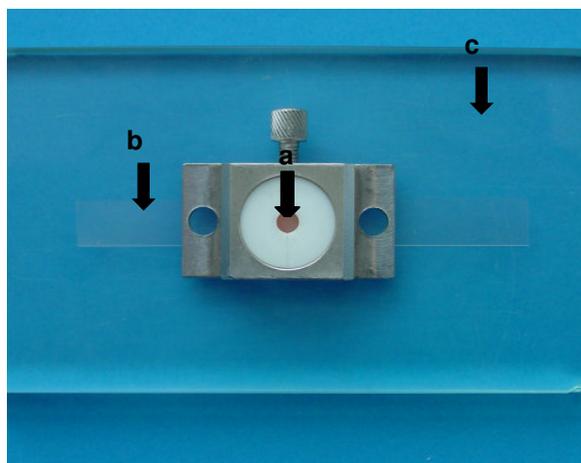
### 4.2.1. Teste de Rugosidade após Abrasão por Escovação

#### 4.2.1.1. Confeção das Amostras

Seis amostras para cada resina composta foram confeccionadas (n=6). Utilizou-se um dispositivo contendo uma matriz de PTFE bipartida, na qual havia um orifício central de 6 mm de altura por 5 mm de diâmetro (Figura 4). Esse conjunto foi posicionado sobre uma placa de vidro protegida com tira de poliéster (Figura 5). A resina composta foi inserida em três incrementos de 2 mm com a espátula Thompson número 6. A fotopolimerização de cada incremento foi efetuada, com a ponta do aparelho Optilight Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) numa distância de 1 mm da superfície da resina composta, pelo tempo de 20 segundos. A intensidade da luz visível emitida pelo aparelho Optilight Plus foi aferida pelo radiômetro Curing Radiometer Model 100 (Demetron Co., Orange, Califórnia, EUA) a cada cinco exposições, ficando entre 500 e 600 mW/cm<sup>2</sup>.

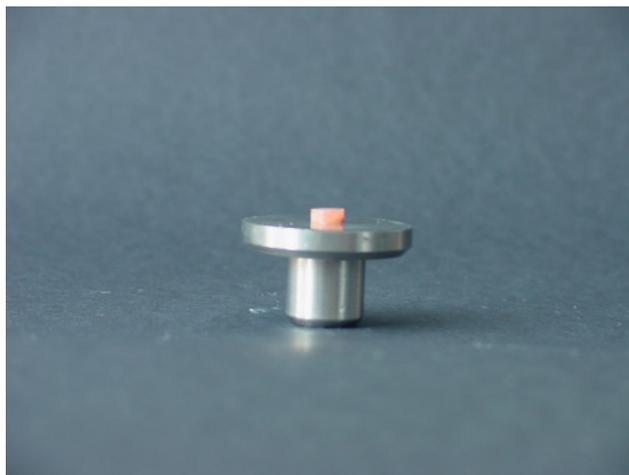


**FIGURA 4** - Dispositivo para inserção da resina composta:  
a) base metálica; b) parafuso para fixação da matriz de teflon;  
c) matriz de PTFE bipartida.

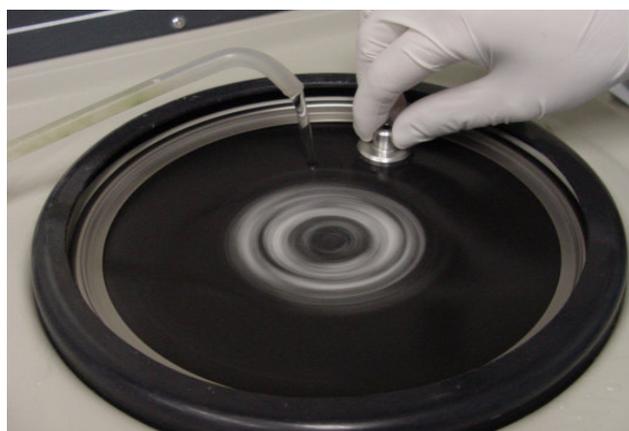


**FIGURA 5** - Matriz de PTFE fixada: a) resina composta inserida no orifício da matriz de PTFE; b) tira de poliéster; c) placa de vidro.

Na seqüência, as amostras foram colocadas no adaptador de 5 mm de altura (Figura 6), para serem desgastadas com lixa d'água de granulação 400 na politriz horizontal Struers (Panambra, São Paulo, São Paulo, Brasil) com refrigeração à água. Desse modo, estas ficaram até o nível da altura do adaptador (Figuras 7 e 8). Dispensou-se o polimento final, uma vez que se utilizou para os testes a superfície da amostra que não sofreu o desgaste referido acima. Depois disso, foram armazenadas em recipientes com água destilada na estufa modelo 002 CB (Fanem, São Paulo, São Paulo, Brasil) a 37 °C por 24 horas, para que completassem sua polimerização e fossem simuladas condições de ambiente intrabucal.



**FIGURA 6** - Corpo-de-prova colocado no adaptador para desgaste.



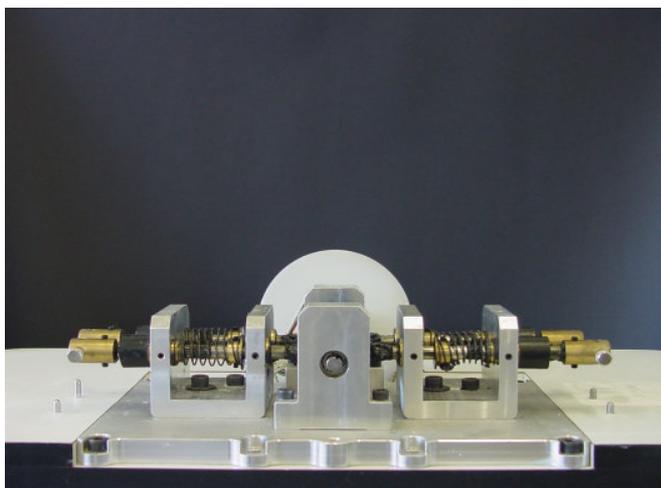
**FIGURA 7** - Corpo-de-prova inserido no adaptador sendo desgastado na Politriz Horizontal Struers.



**FIGURA 8** - Corpo-de-prova desgastado na altura do adaptador (5 mm).

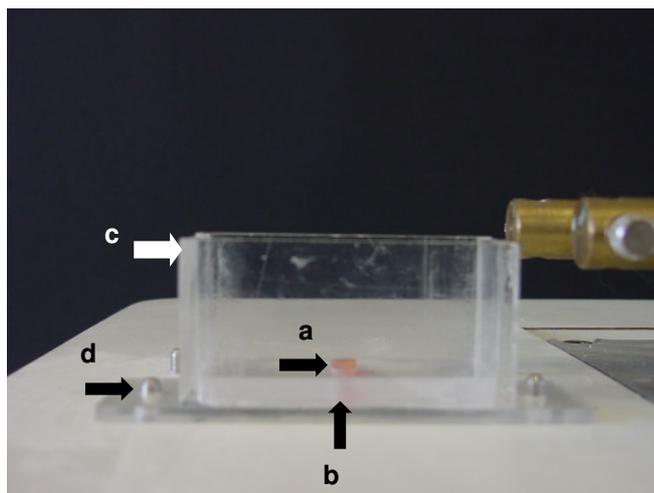
#### 4.2.1.2. Abrasão por Escovação

Os 6 corpos-de-prova confeccionados para cada resina composta foram submetidos, na seqüência, a cada período simulado de escovação (6 meses, 1 ano e 2 anos) numa máquina desenvolvida pelo IPCT/PUCRS similar àquelas utilizadas por Tanoue, Matsumura e Atsuta, em 2000, por Chimello *et al.*, em 2001 e por Garcia *et al.*, em 2004 (Figura 9). No período de controle, as amostras não foram submetidas à abrasão por escovação. A máquina tem capacidade de comportar 4 corpos-de-prova em cada simulação. Os demais foram armazenados em recipientes com água destilada na estufa para culturas 002 CB (Fanem, São Paulo, São Paulo, Brasil) a 37 °C.



**FIGURA 9** - Máquina de escovação projetada pelo IPCT.

No orifício central de uma placa acrílica (55 mm de comprimento, 25 mm de largura e 4 mm de altura) posicionou-se cada corpo-de-prova. A placa permitiu que a superfície de teste do mesmo ficasse 1 mm além da borda desse orifício. Cera utilidade foi colocada na base para fixar os corpos-de-prova. Cada placa foi colocada em uma cuba acrílica, que foi fixada à máquina de escovação por meio de pinos metálicos (Figura 10).



**FIGURA 10** - Vista lateral da amostra na máquina de escovação:  
a) amostra fixada com cera utilidade na placa acrílica;  
b) placa acrílica; c) cuba acrílica;  
d) pinos metálicos para fixação da cuba acrílica.

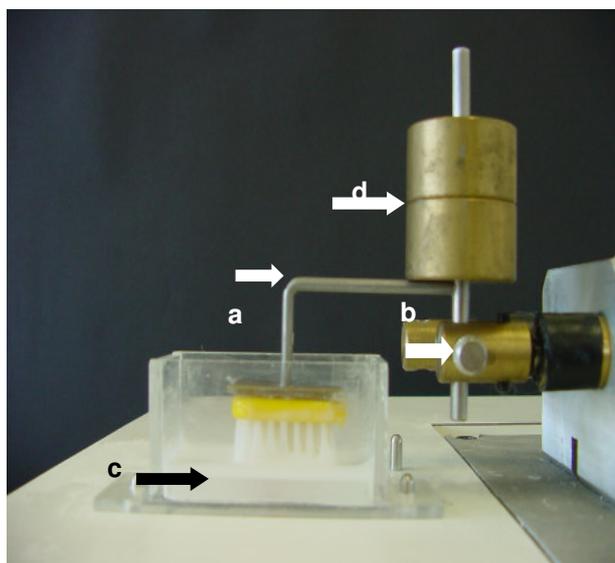
Em uma balança de precisão AG 204 (Mettler/Toledo, Zurich, Schwerzenbach, Suíça), foram pesadas 6 gramas do dentifrício Colgate Total 12 Clean Mint Anticáries com Flúor (Figura 11). Estas foram misturadas com 6 ml de água destilada, formando uma pasta homogênea dispensada no interior da cuba acrílica cobrindo os corpos-de-prova por completo. Foi trocada para cada corpo-de-prova, assim como as escovas (Figura 12).



**FIGURA 11** - Balança de precisão AG 204

Através de uma chave conectora, ligou-se o motor da máquina de escovação, o qual recebeu uma corrente elétrica alternada de 110 Volts. Assim, por meio de um sistema de molas e polias eram promovidos movimentos cíclicos retilíneos bidirecionais nos quatro braços articulados. Na extremidade de cada braço havia um orifício, que possibilitava o encaixe de uma haste, onde a ponta ativa de uma escova dental era fixada. Para simular condições clínicas de escovação, o peso colocado nos braços articulados sobre cada um dos 4 corpos-de-prova, que a máquina comportava em cada simulação de abrasão por escovação, foi de 200 g (FERREIRA et al., 2002; SANTOS et al., 2003) (Figura 12). Foi de 12 mm o curso total do movimento da haste com a ponta ativa da escova fixada.

A máquina funcionou com velocidade constante de 250 ciclos por minuto, sendo que 20.000 ciclos corresponderam a 2 anos de escovação simulada, ou seja, 80 min de escovação. Conseqüentemente, 10.000 ciclos corresponderam a 1 ano (40 min) e 5.000 ciclos a 6 meses (20 min).



**FIGURA 12** - Conjunto posicionado para a realização da abrasão por escovação:  
a) haste para fixação da ponta ativa da escova dental;  
b) parafuso que permite estabilizar a haste ao orifício do braço articulado;  
c) mistura de creme dental com água destilada recobrendo o corpo-de-prova;  
d) pesos que totalizam 200 gramas.

Após cada simulação de abrasão por escovação, a máquina foi desligada, a cuba acrílica removida e a amostra lavada em água corrente dentro desta, seca e recebeu marca com caneta de retro projetor (Pilot, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) para identificar a direção da abrasão. Na seqüência, foi colocada em

recipiente com água destilada e conduzida a uma cuba ultrassônica 1440 plus (Odontobrás, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) para ser limpa por 5 minutos e, depois, seca suavemente com jato de ar.

#### 4.2.1.3 Teste de Rugosidade

Após cada simulação de abrasão por escovação, foi utilizado um Rugosímetro SJ 201 (Mitutoyo, Takatsu-Ku, Kawasaki Kanagawa, Japão) (Figura 13), para a medição da rugosidade de superfície Ra ( $\mu\text{m}$ ). Em cada corpo-de-prova, foram efetuadas três leituras, no centro deste e nas extremidades, direcionada por uma marcação numa placa de acrílico, que possuía um orifício central de 5 mm de diâmetro, onde ele se localizava, perfazendo 72 leituras de rugosidade superficial (Ra) por resina composta, sendo 18 para cada período simulado de escovação (controle, 6 meses, 1 ano, 2 anos), portanto 216 leituras no total, uma vez que se incluiu nesta pesquisa 3 resinas compostas.

Com formato de agulha, a ponta palpadora percorreu a superfície dos corpos-de-prova, no sentido perpendicular ao da abrasão, com um deslocamento limitado de 2,5 mm, registrando digitalmente os resultados, em micrômetros, no visor de cristal líquido. O rugosímetro foi acoplado em uma base metálica, a fim de eliminar vibrações indesejadas, garantindo, desse modo, a fidelidade das leituras (Figura 13).



**FIGURA 13** - Rugosímetro SJ-201 posicionado sobre uma base metálica (a), fazendo a leitura da rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) da amostra colocada no orifício central da placa acrílica transparente (b).

#### 4.2.1.4 Análise Morfológica Superficial em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

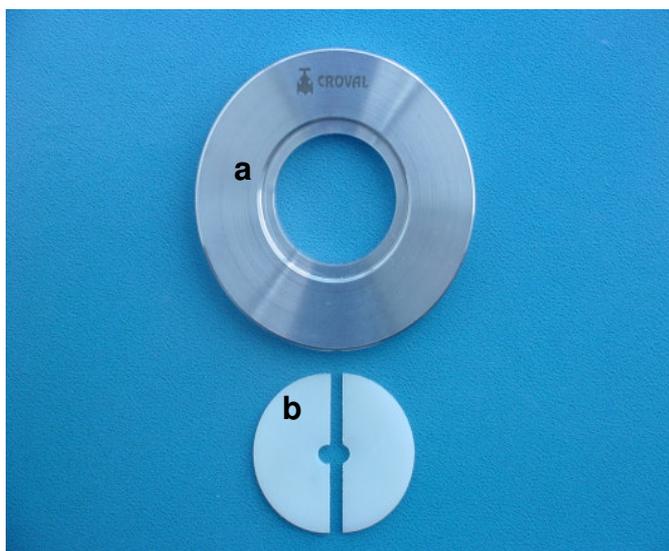
Foi confeccionado para esta análise 1 corpo-de-prova representativo de cada período simulado de escovação para cada resina composta (total=12). Depois da simulação de abrasão por escovação, as amostras foram colocadas em dessecadores à vácuo com sílica gel por uma semana. Foram revestidas com uma liga de ouro-paládio na metalizadora SCD 005 (Baltec, Fürstent, Liechtenstein, Alemanha) para observação em microscópio eletrônico de varredura XL 30 (Phillips, Eindhoven, Eindhoven, Alemanha) em aumento de 4000X.

#### 4.2.1.5 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a Análise de Variância e ao modelo linear geral, seguidos pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

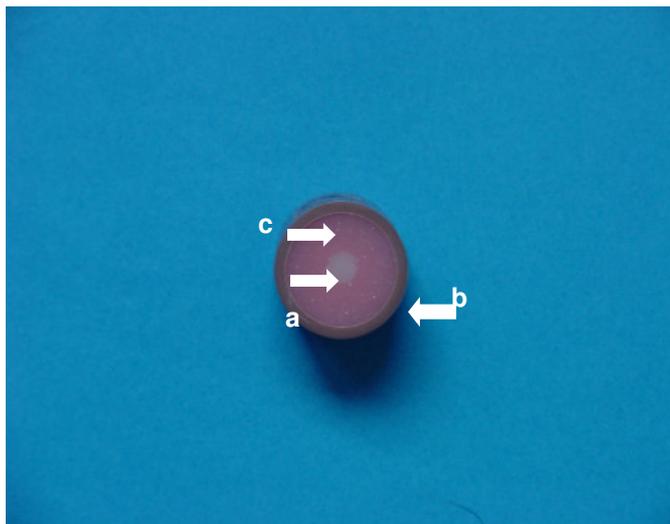
#### 4.2.2 Microdureza Vickers

Confeccionaram-se 5 amostras de resina composta para cada grupo de teste ( $n= 5$ ). Foi utilizada uma matriz bipartida de PTFE, com 4 mm de diâmetro e 3 mm de altura (Figura 14), sobre uma placa de vidro protegida com tira de poliéster. Desse modo, a resina composta foi inserida, com auxílio de uma espátula Thompson número 6, em incrementos de 2 mm e fotopolimerizada cada porção por 20 segundos conforme instrução do fabricante. Para isso, usou-se a ponta do aparelho Optilight Plus numa distância de 1 mm da superfície da resina composta. A intensidade de luz foi aferida a cada cinco exposições no radiômetro Curing Radiometer Model 100, ficando entre 500 e 600 mW/cm<sup>2</sup>. Quando foi colocada a última porção de resina composta, esta era pressionada com outra placa de vidro protegida por tira de poliéster, buscando a planificação da superfície.



**FIGURA 14** - Dispositivo utilizado para confecção das amostras para o teste de microdureza Vickers: anel metálico (a) para encaixe da matriz de PTFE bipartida (b), que contém orifício no qual é confeccionado o corpo-de-prova.

A seguir, os corpos-de-prova foram embutidos em cilindros de PVC, com 20 mm de altura por 25 mm de diâmetro, preenchidos com resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico, São Paulo, São Paulo, Brasil)(Figura 15).



**FIGURA 15** - Corpo-de-prova de resina composta (a) embutido em cilindro de PVC (b), sendo a resina acrílica quimicamente ativada (c) o material de preenchimento.

Depois disso, foram armazenados em recipientes com água destilada, por um período de 24 horas, a 37°C em estufa modelo 002 CB, para que se completasse a polimerização da resina composta e fossem simuladas condições de ambiente intrabucal.

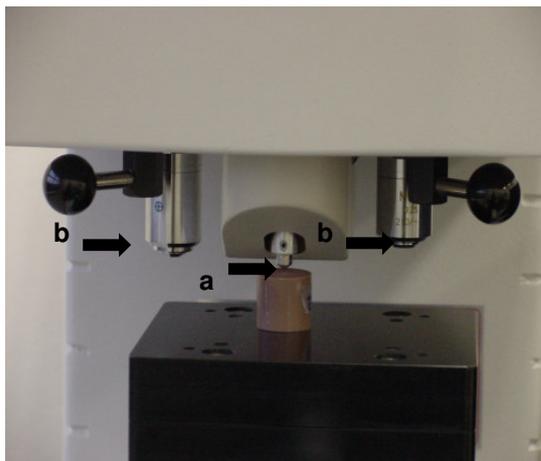
Posteriormente, estes corpos-de-prova foram testados no microdurômetro HMV (Shimadzu, Kyoto, Japão) (Figura 16). Duas impressões foram realizadas em cada amostra, uma na extremidade e outra no centro, valendo-se de uma ponta diamantada Vickers de base quadrada (Figura 17). Antes disso, a superfície da amostra foi examinada microscopicamente com 10 X de aumento (Figura 17), em busca de zonas sem eventuais bolhas. Então, movia-se a ponta diamantada Vickers de base quadrada na direção da amostra, sendo aplicada uma carga de 500 g por 15 segundos. A objetiva (10 X) foi reposicionada, com o intuito de focar a impressão. Desse modo, as dimensões das diagonais na impressão foram aferidas. Com isso, a microdureza Vickers (VHN) foi calculada pelo sistema do computador acoplado ao microdurômetro HMV (Shimadzu, Kyoto, Japão) usando a fórmula citada por Krishnan, Manjusha e Yamuna (1997):

$$\text{VHN (kg/mm}^2\text{)} = \frac{1854,4 \cdot P}{D^2}$$

Onde P é a carga aplicada em gramas e D é a distância média das diagonais em micrômetros. Os resultados (VHN) obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).



**FIGURA 16** - Microdurômetro HMV



**FIGURA 17** - Visão aproximada da ponta diamantada Vickers (a) e das lentes objetivas (b) do microdurômetro HMV.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Teste de rugosidade após abrasão por escovação

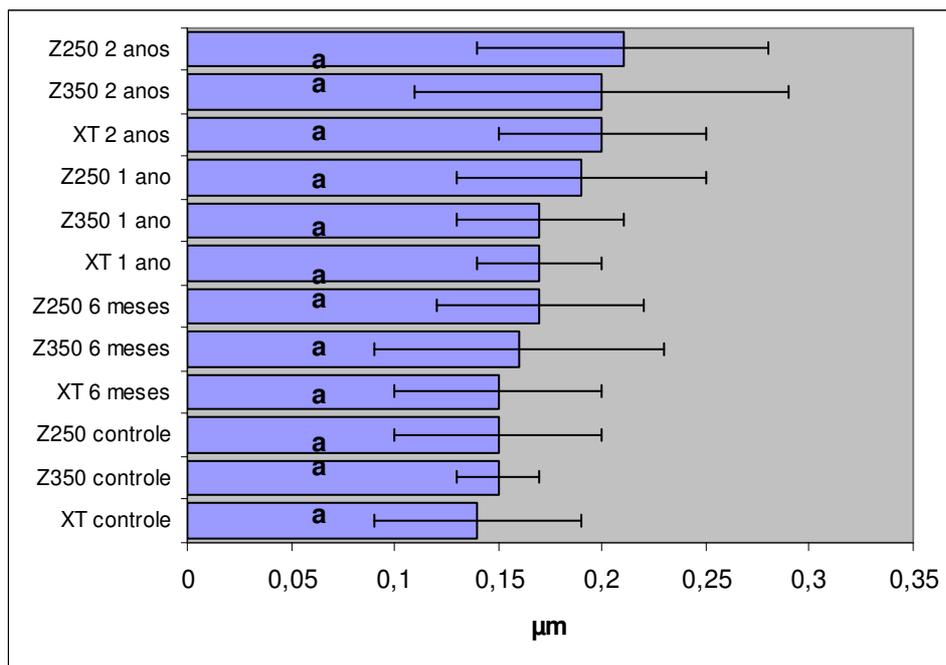
Para a avaliação dos resultados foi realizada a Análise estatística ANOVA, seguida do teste de Tukey no nível de significância de 5%. Estão apresentados na tabela 2 e na figura 22.

**Tabela 2.** Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) após abrasão por escovação e desvio-padrão das resinas compostas testadas em relação aos períodos de teste:

Grupos	Controle Ra ( $\mu\text{m}$ )	Desvio-padrão	6 meses Ra ( $\mu\text{m}$ )	Desvio-padrão	1 ano Ra ( $\mu\text{m}$ )	Desvio-padrão	2 anos Ra ( $\mu\text{m}$ )	Desvio-padrão
Z250	0,17 <sub>a</sub>	0,05	0,20 <sub>a</sub>	0,05	0,21 <sub>a</sub>	0,07	0,19 <sub>a</sub>	0,06
Z350	0,14 <sub>a</sub>	0,05	0,15 <sub>a</sub>	0,05	0,20 <sub>a</sub>	0,09	0,16 <sub>a</sub>	0,07
XT	0,15 <sub>a</sub>	0,02	0,17 <sub>a</sub>	0,03	0,17 <sub>a</sub>	0,04	0,15 <sub>a</sub>	0,05

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

Ao comparar as médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) das resinas compostas nos grupos controle e após os períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos, constatou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados. O valor médio mínimo obtido foi de 0,14  $\mu\text{m}$  para a resina Z350 no grupo controle e máximo de 0,21  $\mu\text{m}$  para a resina Z250 após 1 ano de escovação simulada.



\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey.

**FIGURA 18** - Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) após abrasão por escovação e do desvio-padrão das resinas compostas testadas em relação aos períodos de teste.

A fim de avaliar o fator rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) em relação à resina composta independente do período de escovação, o modelo linear geral (GLM) foi aplicado, seguido do teste de Tukey no nível de significância de 5%. Estão apresentados na tabela 3 e na figura 23.

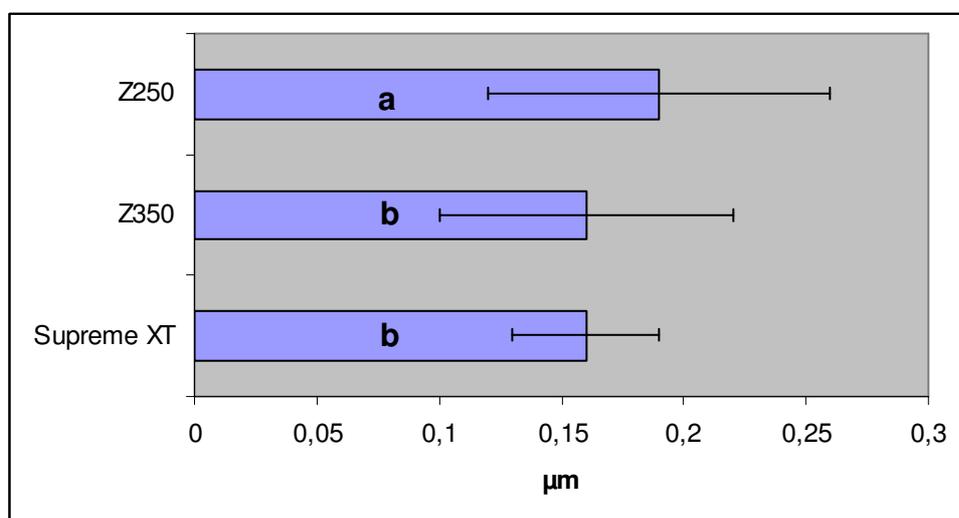
**Tabela 3.** Médias para a rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) após abrasão por escovação e desvio-padrão independente do período de escovação para cada resina composta:

Grupos	Ra ( $\mu\text{m}$ ) independente do período de escovação	Desvio-padrão
Z250	0,19 a	0,06
Z350	0,16 b	0,07
XT	0,16 b	0,03

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de GLM/Tukey.

A partir dessa análise foi possível observar que as médias Ra ( $\mu\text{m}$ ) para as resinas compostas Supreme XT (0,16  $\mu\text{m}$ ) e Z350 (0,16  $\mu\text{m}$ ) não apresentaram diferença estatística significativa entre si. Entretanto, ao serem comparadas com a

resina composta Z250 (0,19  $\mu\text{m}$ ), observou-se diferença estatisticamente significativa.



\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de GLM/Tukey.

**FIGURA 19** - Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e do desvio-padrão das resinas compostas independente do período de escovação.

Os fatores rugosidade e período de escovação independentemente do tipo de resina composta estão apresentados na tabela 4 e na figura 24.

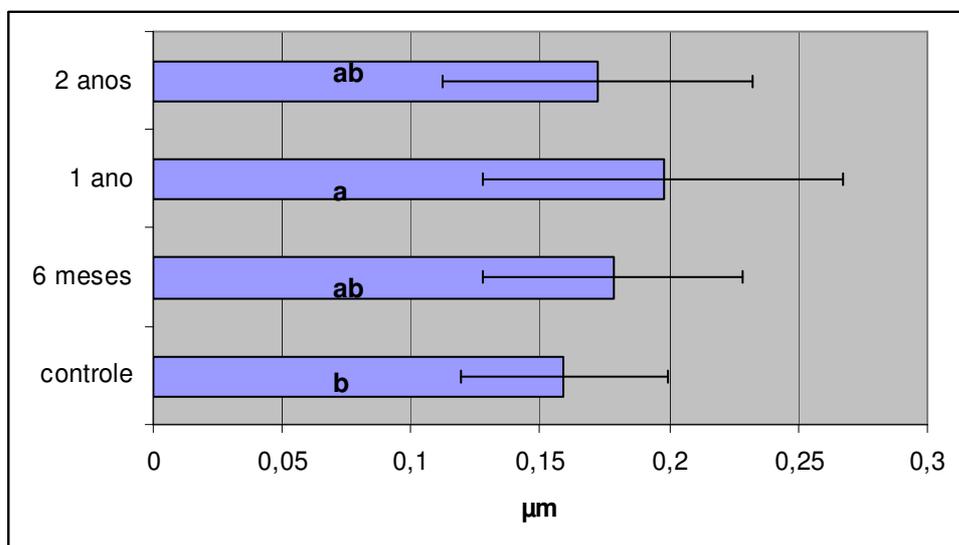
**Tabela 4.** Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) após abrasão por escovação em relação aos períodos de teste independentemente do tipo de resina composta e desvio-padrão:

Períodos	Ra ( $\mu\text{m}$ ) independente do tipo de resina composta	Desvio-padrão
controle	0,15 b	0,04
6 meses	0,17 ab	0,05
1 ano	0,19 a	0,07
2 anos	0,17 ab	0,06

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de GLM/Tukey.

A partir dessa análise foi possível observar uma diferença estatisticamente significativa da rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) no período controle (0,15  $\mu\text{m}$ ) em relação ao período de 1 ano (0,19  $\mu\text{m}$ ). Entretanto, em relação ao período de 6 meses (0,17  $\mu\text{m}$ ) e de 2 anos (0,17  $\mu\text{m}$ ) não houve diferença significativa. Entre os períodos de 6

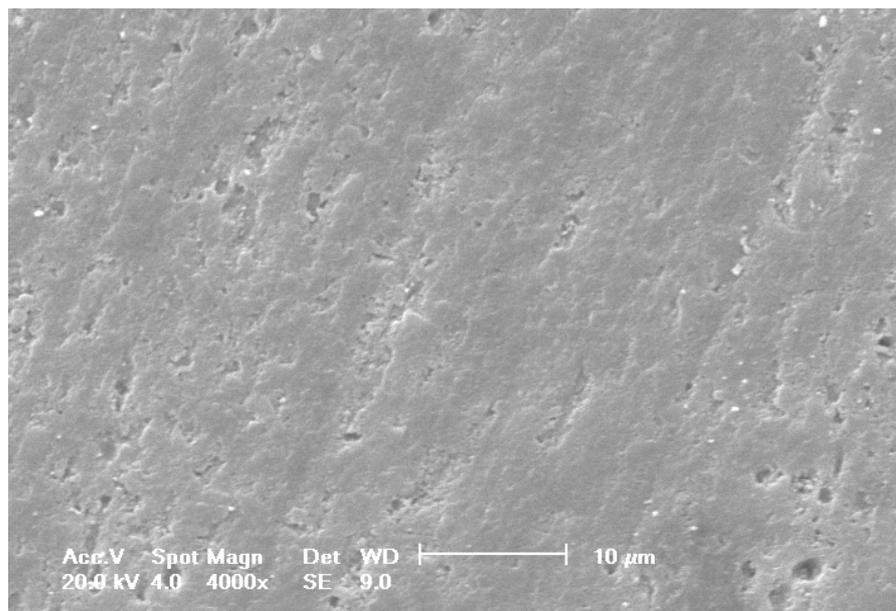
meses (0,17  $\mu\text{m}$ ), 1 ano (0,19  $\mu\text{m}$ ) e de 2 anos (0,17  $\mu\text{m}$ ) também não houve diferença estatisticamente significativa da rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ).



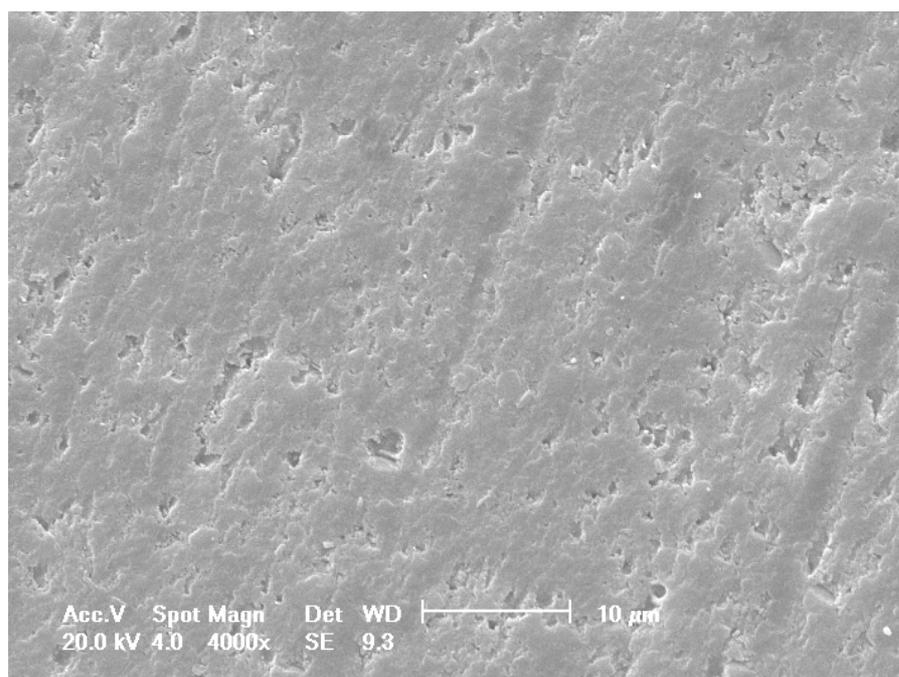
\* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de GLM/Tukey.

**FIGURA 20** - Representação gráfica das médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) e do desvio-padrão em relação aos períodos de teste independente do tipo de resina composta.

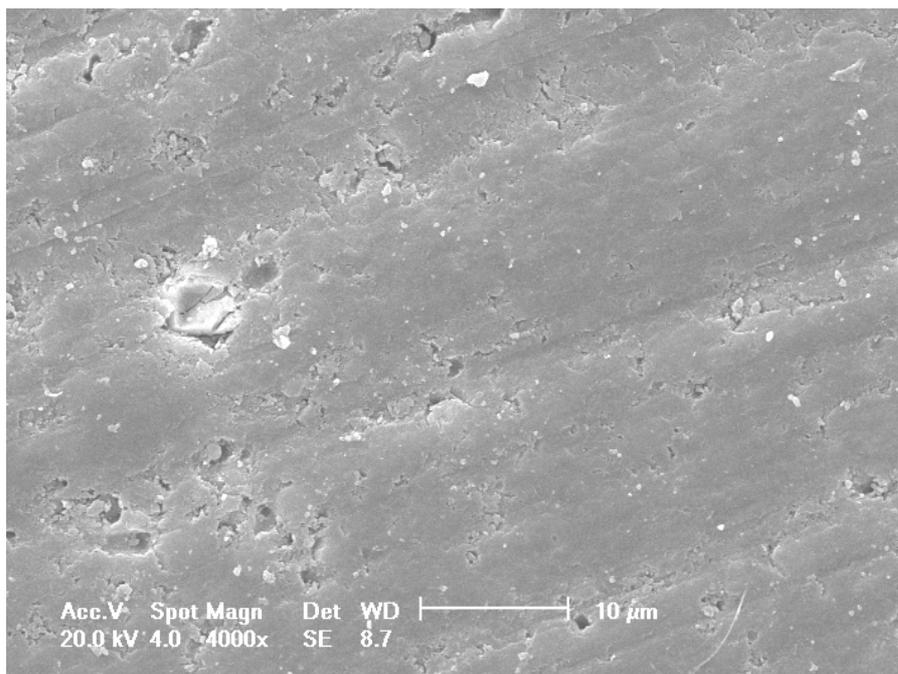
Os aspectos morfológicos obtidos em MEV (Figuras 25 a 36) da superfície das resinas compostas Z250, Z350 e Supreme XT, dispostos a seguir, mostram que houve padrões semelhantes de desgaste entre as mesmas nos grupos controle. Entretanto, após os períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos, observou-se uma superfície mais uniforme para as resinas compostas nanoparticuladas Z350 e Supreme XT.



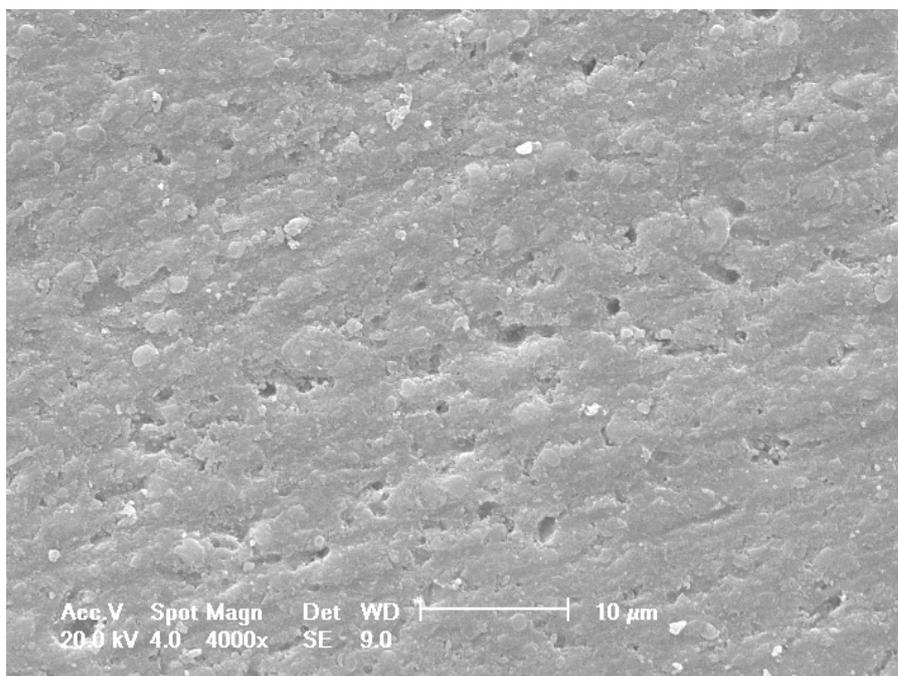
**FIGURA 21** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 no grupo controle (X4000).



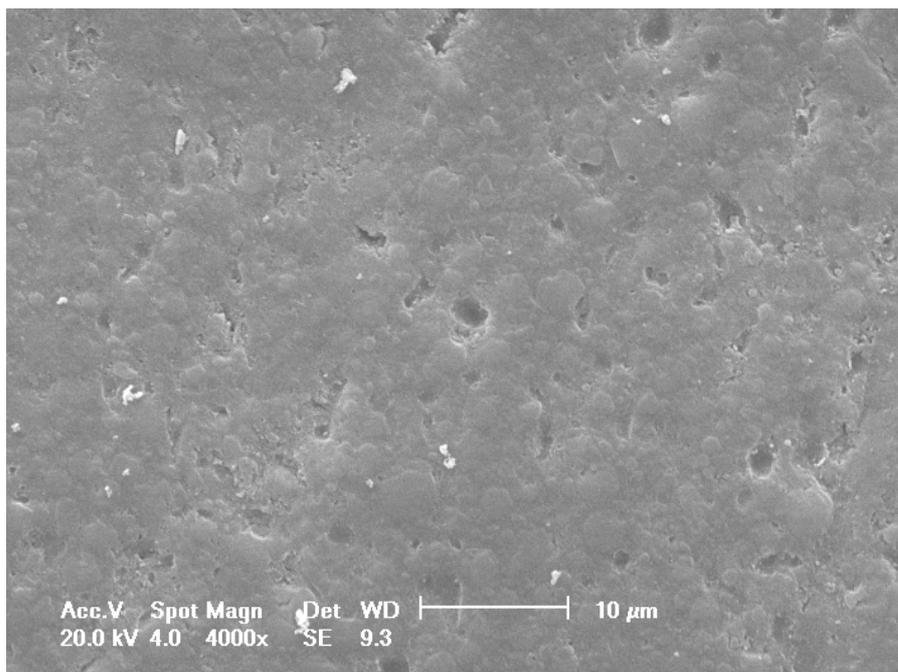
**FIGURA 22** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 no grupo controle (X4000).



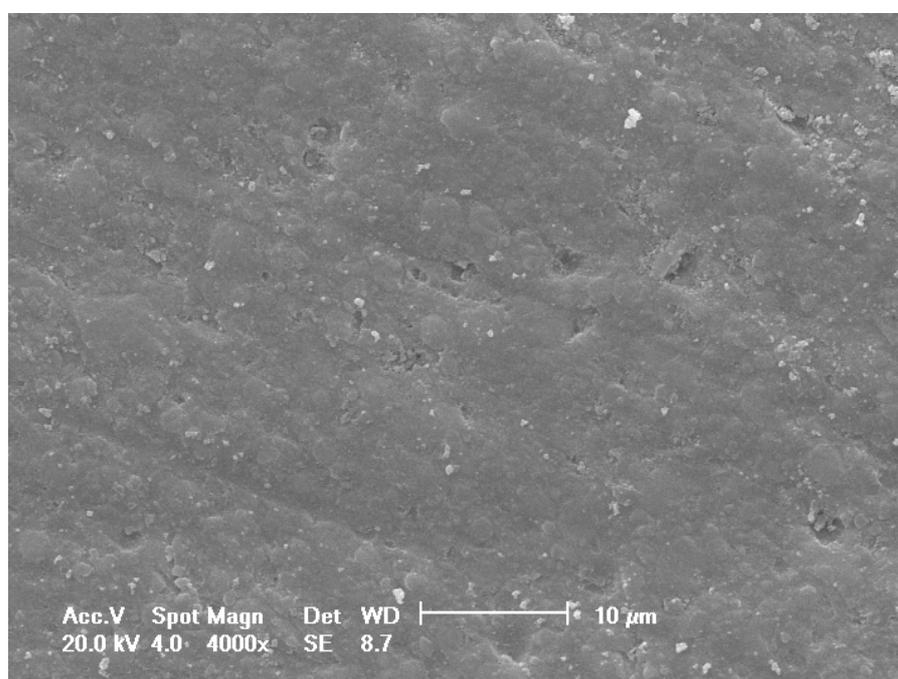
**FIGURA 23** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT no grupo controle (X4000).



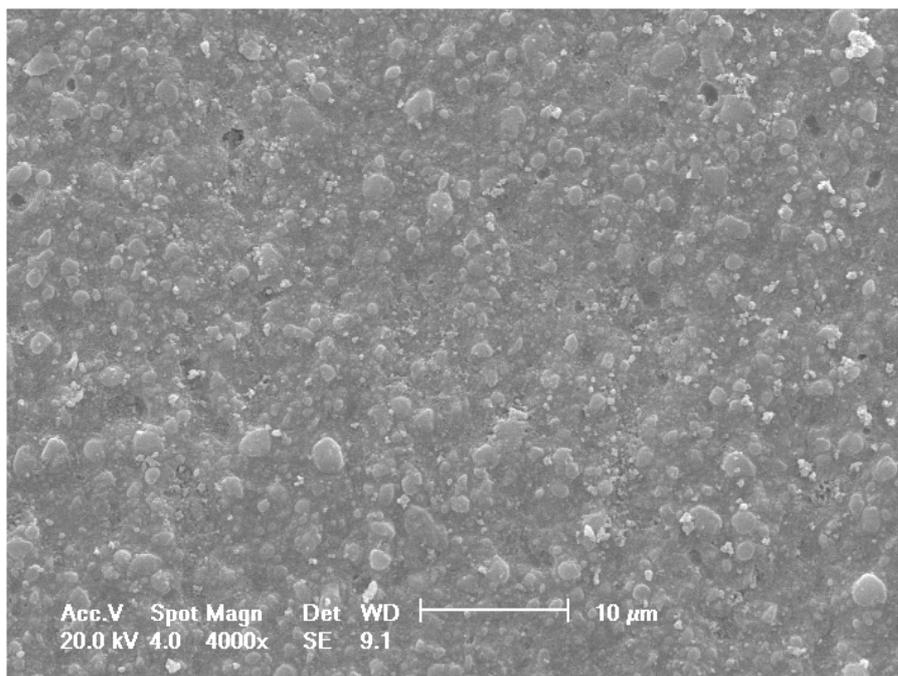
**FIGURA 24** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 após período simulado de 6 meses de escovação (X4000).



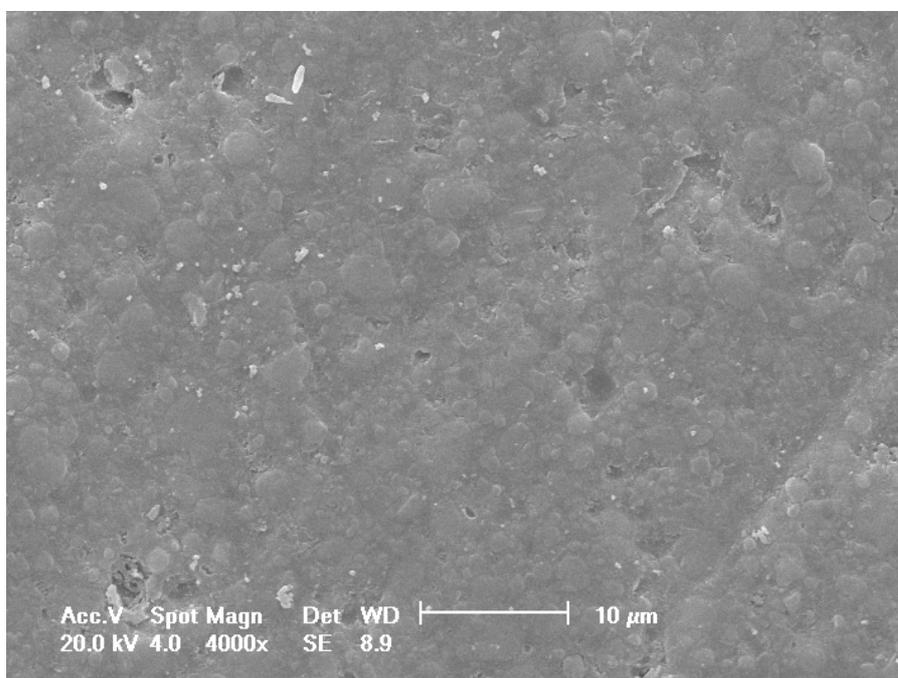
**FIGURA 25** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 6 meses de escovação (X4000).



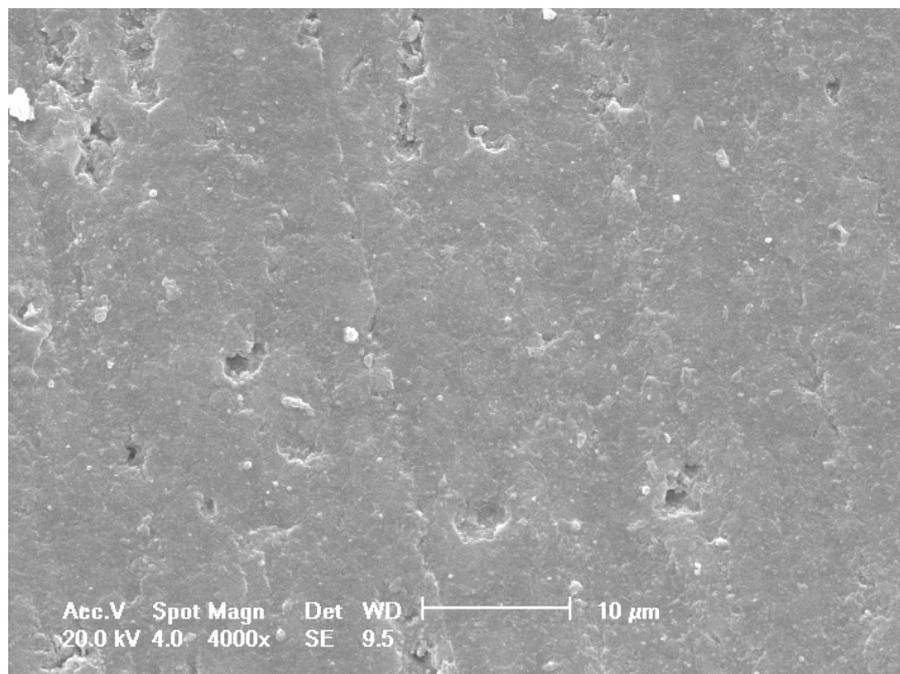
**FIGURA 26** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 6 meses de escovação (X4000).



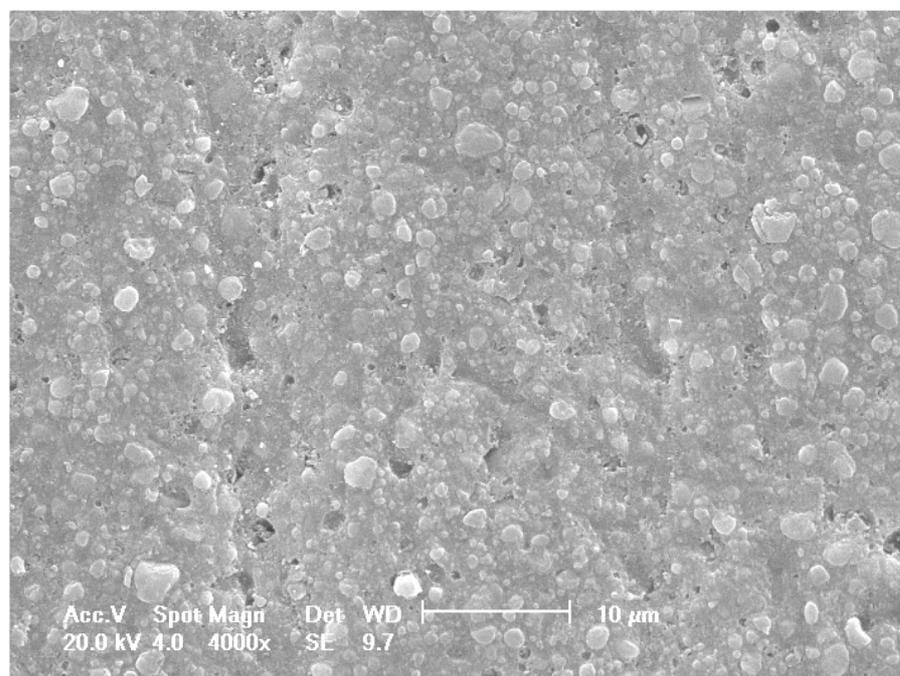
**FIGURA 27** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z250 após período simulado de 1 ano de escovação (X4000).



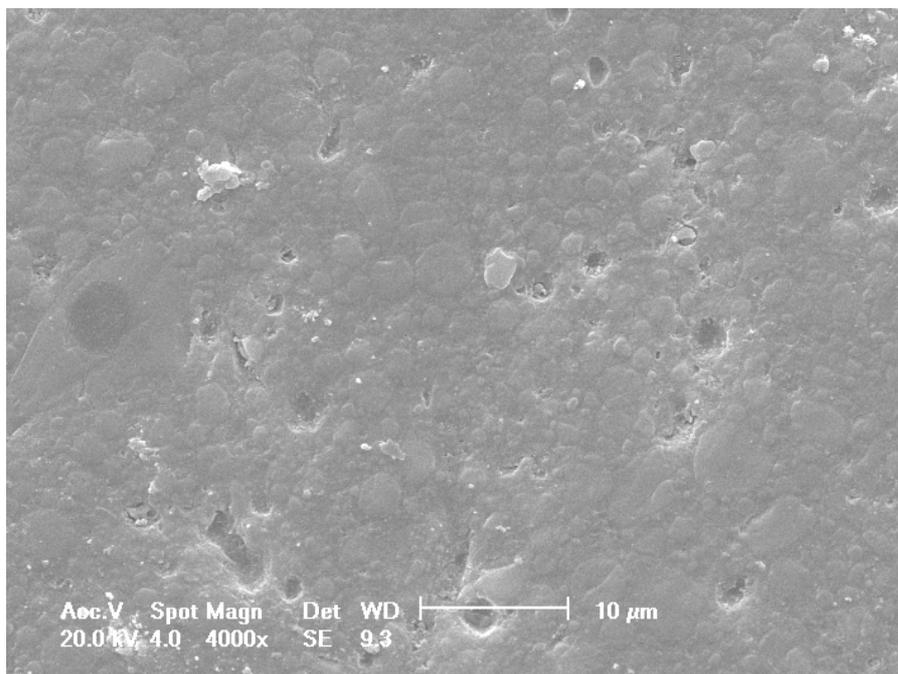
**FIGURA 28** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 1 ano de escovação (X4000).



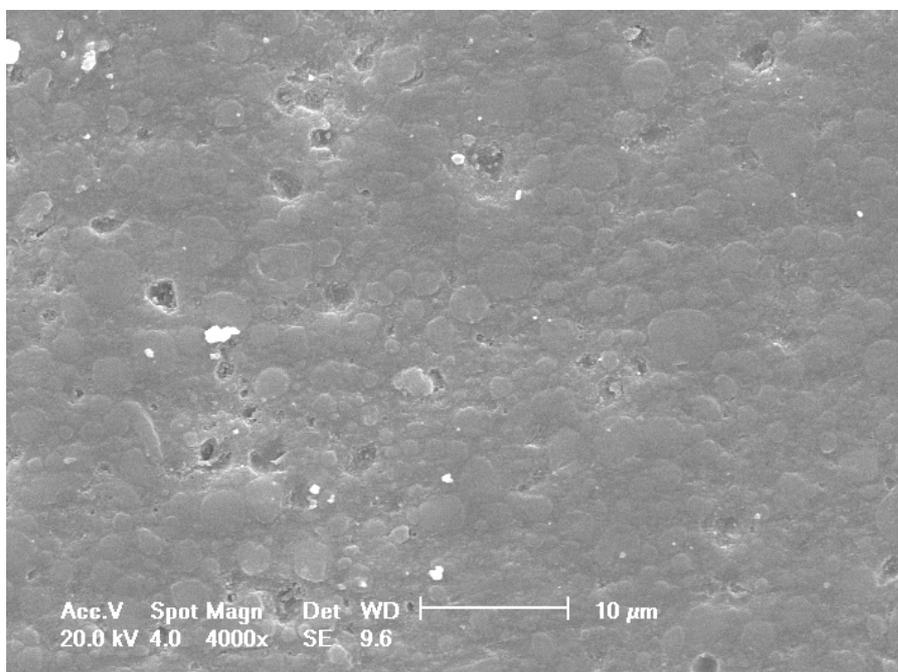
**FIGURA 29** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 1 ano de escovação (X4000).



**FIGURA 30** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 1 ano de escovação (X4000).



**FIGURA 31** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Z350 após período simulado de 2 anos de escovação (X4000).



**FIGURA 32** - Aspecto morfológico da superfície da resina composta Supreme XT após período simulado de 2 anos de escovação (X4000).

## 5.2 Microdureza Vickers

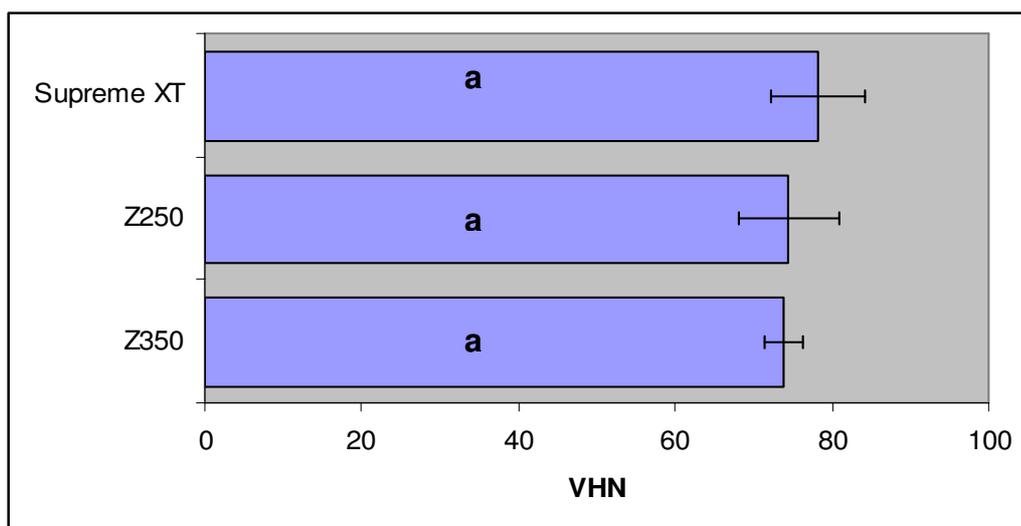
Conforme a metodologia estabelecida para o desenvolvimento desta pesquisa, aplicou-se para avaliação dos dados a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey com nível de significância de 5%. Estão apresentados na tabela 1 e na figura 18.

**Tabela 1.** Valores das médias para a microdureza Vickers (VHN) nos grupos de teste, seguidos do respectivo desvio padrão.

Grupo	VHN	Desvio-padrão
<b>Z250</b>	74,44 <sub>a</sub>	6,42
<b>Z350</b>	73,87 <sub>a</sub>	2,36
<b>Supreme XT</b>	78,28 <sub>a</sub>	6,01

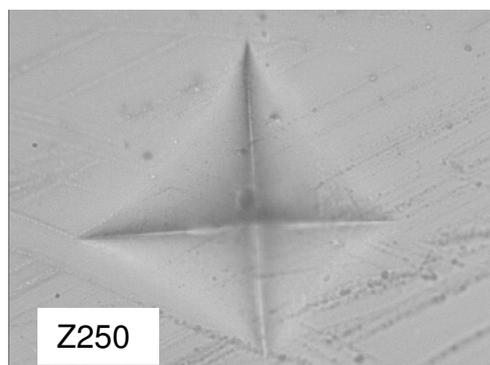
\*Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% pela Análise de Variância e pelo teste de Tukey.

Desse modo, constatou-se que não houve diferença significativa entre os grupos. As médias variaram entre o valor mínimo de 73,87 (VHN) para resina Z350 e o valor máximo de 78,28 (VHN) para resina Supreme XT.

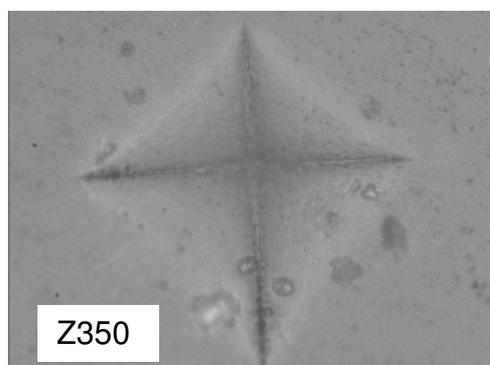


**FIGURA 33** - Representação gráfica das médias e desvio-padrão da microdureza Vickers (VHN) dos grupos de resinas compostas.

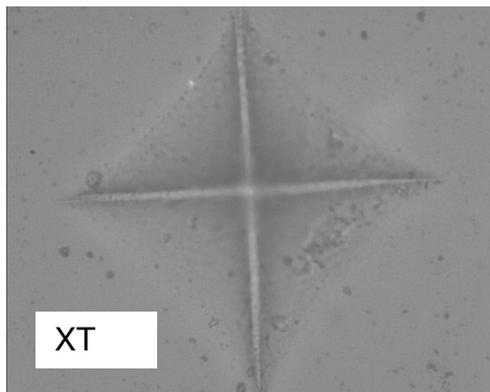
As ilustrações seguintes (Figuras 19, 20 e 21) exemplificam a impressão realizada pela ponta diamantada Vickers do microdurômetro HMV registrada, microscopicamente, pela lente objetiva de magnitude 40 X deste aparelho.



**FIGURA 34** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta Z250.



**FIGURA 35** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta Z350.



**FIGURA 36** - Impressão, registrada em 40 X de aumento, realizada no teste de microdureza Vickers em uma amostra da resina composta XT.

## 6 DISCUSSÃO

A maior demanda pela odontologia estética tem conduzido ao desenvolvimento de materiais para restaurações diretas com melhores propriedades físicas e mecânicas, assim como maior qualidade estética e durabilidade. Embora existam muitas pesquisas nesta área, as resinas compostas ainda apresentam algumas desvantagens, como a contração de polimerização e os processos complexos envolvidos nos seus mecanismos de desgaste. Quando utilizadas em dentes posteriores, devem apresentar uma dureza inicialmente alta e satisfatória com o passar do tempo, sendo essa razoável indicadora da quantidade de desgaste. Essa resistência está relacionada com sua capacidade de abrasionar estruturas dentais opostas (ANUSAVICE, 1998). Dentre as causas do desgaste das restaurações de resinas compostas, destacam-se os procedimentos clínicos de escultura, ajuste oclusal, acabamento e polimento, somados à força exercida pelos dentes antagonistas durante os esforços mastigatórios, que ocasionam trincas, inclusive nas ligações das matrizes orgânicas e inorgânicas superficiais deste material, facilitando a penetração de água e, conseqüentemente, o aumento da degradação hidrolítica (CARVALHO JÚNIOR e FREITAS, 1998). Diante dessa situação, deve-se relatar que os hábitos de higiene oral, com a abrasão causada pela utilização concomitante da escova e do dentífrico dental, ocasionam maior desgaste do material restaurador e aumento de sua rugosidade superficial (FERREIRA et al., 2002). Assim, essas condições favorecem o manchamento da restauração e o acúmulo de placa bacteriana, que pode causar, dentre outras doenças, inflamações gengivais e cáries recorrentes (POWERS, FAN e RAPTIS, 1980; AKER, 1982).

Para melhor compreensão dos testes descritos nesta dissertação, é importante conceituar propriedades mecânicas. São definidas pelas leis da mecânica, isto é, a ciência física que lida com a energia, forças e seus efeitos nos corpos principalmente estáticos (ANUSAVICE, 1998). Desse modo, refere-se à habilidade do material de resistir a forças aplicadas (cargas) sem que haja fratura ou deformação excessiva (ANUSAVICE, 1998).

Dentre os critérios de inclusão esteve o tamanho das partículas de carga das resinas compostas em teste, visto que essas, em geral, diferenciam-se principalmente pela sua matriz inorgânica (BASEREN, 2004). Além disso, utilizou-se as indicadas para restaurar o esmalte dental, já que os testes de resistência à abrasão de corpo triplo, rugosidade e microdureza Vickers estão relacionados a camadas mais superficiais das estruturas e das restaurações dentárias. Definiu-se pela cor A2 para todas as amostras, uma vez que a variação da cor pode influir nos valores das propriedades mecânicas testadas (SAAD et al., 2004). As resinas compostas Z350 e Supreme XT apresentam a mesma composição (3M ESPE, 2002; 2005) e foram incluídas na pesquisa de comparação das propriedades com a Z250 (3M ESPE, 1998), no sentido de avaliar se o produto criado para ser comercializado no Brasil (Z350), por razões econômicas, é realmente de mesma qualidade do original (Supreme XT).

No que se refere ao teste de rugosidade após abrasão por escovação *in vitro*, houve a associação de três fatores: escova, dentífrício contendo abrasivo e resina composta. Assim, o dentífrício foi misturado na proporção de 1:1 com água destilada para simular condições clínicas de diluição com saliva no momento da escovação. Entretanto, essa simulação *in vitro*, não inclui nem relaciona a influência de fatores relacionados ao indivíduo, como por exemplo, sua dieta alimentar, sua destreza, força e frequência na escovação. A máquina de escovação foi projetada pelo IPCT tendo como modelo outras relatadas na literatura (TANOUE, MATSUMURA e ATSUTA, 2000; CHIMELLO et al., 2001; GARCIA et al., 2004). Dessa forma, simula algumas variáveis simultâneas do mecanismo de escovação dentária, como a pressão, a velocidade e a umidade na qual é executada. Diante das diferentes maneiras de regulagem da máquina presentes em diversos estudos sobre o tema, optou-se pelos ajustes relatados por SANTOS *et al.*, 2003 e FERREIRA *et al.*, 2002 pelo fato de se assemelharem mais com as condições clínicas de escovação. Desse modo, sua velocidade foi regulada em 250 ciclos por minuto e o peso aplicado sobre a haste na qual se fixava a escova foi de 200g, tendo esta um percurso de 12 mm. Quando a máquina trabalhou durante 20 minutos (5.000 ciclos), esse tempo correspondeu a 6 meses de escovação simulada, portanto 40 minutos (10.000 ciclos) equivaleram a 1 ano e 80 minutos (20.000 ciclos) equivaleram a 2 anos. No entanto, MOMOI et al., em 1997, utilizou uma velocidade de 160 ciclos por minuto,

uma carga de 3,4 N nas escovas e o dentifrício não foi diluído em água para não alterar a concentração das partículas de abrasivo. TANOUE, MATSUMURA, ATSUTA, em 2000, optaram por uma velocidade de 140 ciclos por minuto, uma carga vertical de 350g nas escovas, entretanto com uma proporção de água/dentifrício de 1:1, da mesma forma a simulação de 2 anos de escovação totalizou 20.000 ciclos. Já TAKEUCHI et al. em 2003, utilizaram 35.600 ciclos em 100 minutos, com uma carga de 200g sobre a cabeça das escovas num percurso de 3,8 cm. Utilizaram este período como sendo correspondente a 2 anos de escovação simulada em um indivíduo com adequada higienização oral. GARCIA *et al.*, em 2004, utilizaram uma proporção de 2:1 para água deionizada e dentifrício na composição da pasta abrasiva. Além disso, regularam a velocidade da máquina em 374 ciclos por minuto.

Segundo O'Brien e Yee, em 1980, o desgaste das restaurações de resina composta pode resultar dos mecanismos de desgaste da matriz resinosa, perda de carga por falha na união com a matriz, através do cisalhamento das partículas expostas, de rachaduras e fendas da matriz e exposição de bolhas de ar. Desse modo, ocorre um aumento da rugosidade. Acredita-se que materiais nanoparticulados são capazes de oferecer excelente resistência ao desgaste, resistência e estética, devido a sua excelente capacidade de polimento, retenção deste e aparência lustrosa (MITRA, WU e HOLMES, 2003). A meta foi desenvolver resinas compostas que poderiam ser usadas em regiões posteriores e anteriores da boca com alto polimento inicial e com grande capacidade de retenção deste, típico das microparticuladas, assim como com propriedades mecânicas excelentes tornando-as capazes de suportar altas cargas de estresse interoclusais, típico das híbridas (MITRA, WU e HOLMES, 2003).

Ao analisarmos as médias das rugosidades das resinas compostas em relação ao período de escovação, foi possível observar que não houve diferença estatisticamente significativa. Esses resultados concordam com MITRA, WU e HOLMES, em 2003, uma vez que as resinas compostas nanoparticuladas apresentaram propriedades mecânicas e resistência ao desgaste semelhantes às híbridas. Quando foi aplicado o modelo linear geral, levando em conta os

fatores tempo e resina, observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) das resinas compostas no grupo controle, 6 meses e 2 anos, porém com diferença significativa entre o controle e 1 ano.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados por MITRA, WU e HOLMES em 2003, quando concluíram que o sistema de nanocompósito (Filtek Supreme), com partículas nanométricas e nanopartículas agregadas, mantém a resistência ao desgaste semelhante aos compósitos híbridos (Filtek Z250). Porém, foram realizados 39.000 ciclos para o desgaste de corpo triplo. Também se observa concordância com os resultados divulgados pelo perfil técnico do fabricante (3M ESPE, 2005), no que se refere ao desgaste de corpo triplo, onde as amostras foram avaliadas quanto ao desgaste localizado através da perda de volume ( $\text{mm}^3$ ) e da profundidade máxima ( $\mu\text{m}$ ). Assim observaram semelhança nas médias obtidas ( $\pm 0,01 \text{ mm}^3$  e  $70 \mu\text{m}$ ) para as resinas compostas Supreme XT, da mesma composição da Z350, e a Z250. Entretanto, de forma diferente da metodologia deste estudo, foi realizado o polimento nas amostras e se obteve os resultados de desgaste de corpo triplo localizado através da técnica do profilômetro.

Ao comparar-se os fatores rugosidade em relação à resina composta, independentemente do fator tempo de escovação, foi possível observar uma diferença estatisticamente significativa das resinas compostas Supreme XT ( $0,16 \mu\text{m}$ ) e Z350 ( $0,16 \mu\text{m}$ ) em relação à Z250 ( $0,19 \mu\text{m}$ ). Estes resultados diferem dos observados por MITRA, WU e HOLMES (2003) e concordam com os de TEIXEIRA et al. (2005), que relatam haver depois de 20.000, 50.000 e 100.000 ciclos um desgaste, após abrasão por escovação, menor para a Filtek Supreme em relação a Z250.

Esses resultados podem ser explicados através do trabalho realizado por KAWAY, IWAMI e EBISU, em 1998, quando concluíram que a presença do monômero resinoso TEGDMA (Supreme XT, Z350) garante maior resistência ao desgaste quanto maior seu conteúdo nas resinas que contêm BisGMA e UDMA. Porém, o desgaste de cada espécime foi determinado pela alteração de peso ocorrido após 100.000 ciclos. De acordo com os autores acima, e segundo

Asmussen e Peutzfeldt, em 1998, variando o conteúdo de UEDMA, BisGMA e TEGDMA em conjunto à carga, obtém-se resinas com comportamento mecânico diferentes. Da mesma forma, Ferracane e Greener, em 1986, afirmaram que resinas compostas com maior conteúdo de diluente TEGDMA apresentam melhores propriedades mecânicas.

Em 2003, Hu, Marquis e Shortall, fizeram a tentativa de melhorar a resistência ao desgaste de resinas compostas modificando a quantidade e o tamanho das partículas de carga. Utilizaram resina BisGMA e TEGDMA e partículas de carga zircônia/sílica pré-silanizadas com diferentes quantidades de partículas de carga em peso num teste de desgaste de dois corpos e os resultados mostraram que a taxa de desgaste teve um pequeno aumento quando a proporção de carga esteve abaixo de 60%. Entre 60 e 75% embora sulcos e pequenas fissuras aparecessem, a maior parte da superfície de desgaste permaneceu intacta, mas um elevado aumento aconteceu quando a mesma esteve entre 80 e 87,5%. Desse modo, as conclusões destes autores vão ao encontro com esta pesquisa, uma vez que a quantidade de partículas inorgânicas em peso é cerca de 78,5% (Supreme XT, Z350) e 78,73% (Z250) (3M ESPE, 1998; 2002; 2005).

Em 2004, Schwartzs e Söderholm confeccionaram 3 compósitos a partir da mistura de uma matriz resinosa de UEDMA/TEGDMA (1:1) com 53 % em volume de partículas de vidro de bário em diferentes tamanhos (1,5, 3,0 e 10  $\mu\text{m}$ ) tratadas com silano. Comprovaram que partículas de carga de menor diâmetro (1,5  $\mu\text{m}$ ) apresentaram valores menores de desgaste. Nesta faixa situam-se as resinas compostas Z350 e Supreme XT (entre 0,6 e 1,4  $\mu\text{m}$ ), porém a Z250 possui o tamanho médio de partículas entre 0,19 e 3,3  $\mu\text{m}$ , o que pode justificar os resultados encontrados.

Também Yap, Tan e Chung, em 2004, ao compararem num teste de desgaste por fricção com estresse constante, resinas compostas de nanopartículas e de ormocer, com outras de micropartículas, partículas microhíbridas e poliácidos modificados, observaram um desgaste significativo para a Z250. Segundo eles, pode ser atribuído à fadiga, responsável pela falha do material após muitos ciclos com carga. A resistência ao desgaste dos compósitos de nanopartículas foi comparável

ou superior aos compósitos de poliácidos modificados, microparticulados e microhíbridos, concordando com o nosso trabalho.

Ao compararmos os fatores rugosidade e tempo de escovação sobre as amostras, independentemente das resinas compostas, foi possível observar uma diferença estatisticamente significativa entre os períodos simulados de escovação de 1 ano (0,19) e de controle (0,15). Já os de 6 meses (0,17) e de 2 anos (0,17) foram estatisticamente iguais. Não houve diferença estatisticamente significativa entre a média de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) dos períodos simulados de escovação de 6 meses e de 2 anos (0,17) e a de 1 ano (0,19), assim como com a do grupo controle (0,15). Esses resultados concordam com os encontrados por TEIXEIRA et al., em 2005, que relatam ter um aumento da rugosidade superficial e do desgaste por abrasão em cada intervalo de ciclo para as resinas compostas Supreme (nanoparticulada) e Z250 (microhíbrida).

As interpretações das imagens em MEV de TEIXEIRA et al. (2005) estão de acordo com as deste estudo, uma vez que indicaram haver características superficiais semelhantes, com a mínima exposição de partículas de carga, para as resinas compostas testadas acima antes da abrasão por escovação. Após 100.000 ciclos, a Supreme apresentou uma superfície mais homogênea do que a Z250.

No que se refere à microdureza Vickers, diante de metodologias variadas (NEVES et al., 2002; KIM, ONG e OKUNO, 2002; SAAD et al., 2004), seguiu-se a metodologia de SAY *et al.*, em 2003, na qual os corpos-de-prova foram testados no microdurômetro HMV (Shimadzu, Kyoto, Japão). Duas impressões, ao invés de três, foram realizadas em cada amostra com intervalo de 1 mm, valendo-se de uma ponta diamantada de base quadrada. Observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre as três resinas compostas em teste, concordando com os resultados de KIM, ONG e OKUNO (2002) cujas médias observadas variaram entre 26 e 117 VHN, embora determinadas com uma carga de 200 g por 15 segundos. Segundo esses autores, as resinas compostas com a morfologia das partículas de carga arredondada permitem um maior conteúdo de carga inorgânica e, conseqüentemente, maiores médias de microdureza. Isto também pode explicar os resultados encontrados nessa pesquisa, pois as três resinas compostas testadas

apresentam esta morfologia, embora as nanoparticuladas (Supreme XT e Z350) apresentem tamanho menor do que a microhíbrida Z250. Neves et al., em 2002, concluíram que o conteúdo de partículas inorgânicas em peso afetou diretamente os valores de microdureza, mesmo que tenham utilizado uma carga de 0,2 Kgf durante 15 segundos. XU, em 1999, concluiu, de forma semelhante que a dureza aumenta uniformemente com o nível de carga. Estes achados vêm ao encontro desta pesquisa, pois as resinas compostas testadas apresentam basicamente o mesmo volume em carga. Porém diferem de SAAD et al., em 2004, quando relataram um valor de 310,8 VHN para a resina composta Z250, que se distanciou muito do resultado deste estudo (74,44 VHN), possivelmente porque utilizaram uma carga de 50gf por 30 segundos, que diferiu da metodologia deste estudo. Segundo a especificação número 27 da ADA, em 1977, as resinas compostas devem apresentar um valor mínimo de 34 Kg/mm<sup>2</sup> para o teste de microdureza Vickers. Desse modo, as três resinas compostas, testadas com uma carga de 500g por 15 segundos nesta dissertação, estão de acordo com essa especificação.

Sugere-se que outras propriedades sejam avaliadas como grau de conversão, resistência à compressão, resistência à tração diametral, resistência flexural e módulo flexural. Pode-se, também, comparar as características deste estudo com as de resinas compostas de marcas comerciais diferentes, dando continuidade a esta linha de pesquisa.

## 7 CONCLUSÃO

Segundo a metodologia empregada, conclui-se que:

- A rugosidade após abrasão por escovação, durante um período simulado de escovação de 2 anos, não apresentou diferença estatisticamente significativa entre as resinas compostas testadas.

- A rugosidade após abrasão por escovação, em relação às resinas compostas testadas, independente do período de teste, foi estatisticamente menor para as resinas compostas nanoparticuladas em relação à microhíbrida, rejeitando-se a hipótese nula.

- A rugosidade após abrasão por escovação aumenta com o período de teste, independente do tipo de resina composta.

- As resinas compostas testadas apresentaram padrões semelhantes de desgaste em MEV no grupo controle. Após os períodos simulados de escovação de 6 meses, 1 ano e 2 anos, as nanoparticuladas mostraram aspectos morfológicos superficiais mais uniformes.

- As resinas compostas testadas obtiveram comportamento similar quanto à microdureza Vickers.

## REFERÊNCIAS †

3M ESPE. *Filtek Z250 Universal Restorative System. Technical Product Profile*. St. Paul, 1998.

3M ESPE. *Filtek Z350 Universal Restorative System. Technical Product Profile*. St. Paul, 2002.

3M ESPE. *Filtek Supreme XT Universal Restorative System. Technical Product Profile*. St. Paul, 2005.

AKER, J.R. New composite resins: comparison of their resistance to toothbrush abrasion and characteristics of abraded surfaces. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v. 105, n. 4, p. 633-635, Oct. 1982.

<sup>a</sup>ANUSAVICE, K.J. Propriedades mecânicas dos materiais dentários. In: Anusavice, K.J. **Phillips materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap. 4, p. 28-43.

<sup>b</sup>ANUSAVICE, K.J. Resinas para restauração. In: Anusavice, K.J. **Phillips materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap. 12, p. 161-177.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Influence of UEDMA, BISGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. **Dent Mater**, Copenhagen, v. 14, n. 1, p. 51-56, Jan. 1998.

BASEREN, M. Surface roughness of nanofill and nanohybrid composite resin and ormocer-based tooth-colored restorative materials after several finishing and polishing procedures. **J Biomater Appl**, London, v. 19, n. 2, p.121-134, Oct. 2004.

BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J Am Dent Assoc**, Washington, v. 66, p. 57-64, Jan. 1963.

---

† De acordo com a NBR 6023 de agosto de 2002.

BURGESS, J.O.; WALKER, R.; DAVIDSON, J.M. Posterior resin-based composite: review of the literature. **Pediatr Dent**, Chicago, v. 24, n. 5, p. 465-479, Sep./Oct. 2002.

CARVALHO JÚNIOR, O.B.; FREITAS, C.A. Avaliação *in vitro* de um selante de superfície na dureza Rockwell 30T de resinas compostas. **Rev FOB**, Bauru, v. 6, n. 3, p. 59-64, jul./set. 1998.

CHIMELLO, D.T. *et al.* Assessing wear and surface roughness of different composite resins after toothbrushing. **J Mater Res**, São Carlos, v. 4, n. 4, p. 285-289, Oct. 2001.

CHUNG, K.H.; GREENER, E.H. Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 17, n. 4, p. 487-94, Sep. 1990.

COBB, D.S. *et al.* The physical properties of packable and conventional posterior resin-based composites: a comparison. **J Am Dent Assoc**, Washington, v. 131, n. 11, p. 1610-1615, Nov. 2000.

CRAIG, R.G.; POWERS, J.M.; WATAHA, J.C. Materiais para restaurações estéticas diretas. In: Craig, R.G.; Powers, J.M.; Wataha, J.C. **Materiais Dentários: Propriedades e Manipulação**. 7ª ed. São Paulo: Ed. Santos, 2002. Cap. 4, p. 57-78.

FERRACANE, J.L.; GREENER, E.H. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. **J Biomed Mater Res**, Hoboken, v. 20, n. 1, p. 121-131, Jan. 1986.

FERREIRA, A.C.F. *et al.* Influência da escovação mecânica na manutenção do acabamento com resinas fluidas sobre compósitos odontológicos. **Rev Paul Odontol**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 18-22, mar./abr. 2002.

GARCIA, F.C.P. *et al.* Evaluation of the roughness and mass lost of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. **Pesqui Odontol Bras**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 156-161, Apr. 2004.

HOSODA, H.; YAMADA, T.; INOKOSHI, S. SEM and elemental analysis of composite resins. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 64, n. 6, p. 669-676, Dec. 1990.

HU, X.; MARQUIS, P.M.; SHORTALL, A.C. Influence of filler loading on the two-body wear of a dental composite. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 30, n. 7, p. 729-737, July 2003.

JACKSON, R.D.; MORGAN, M. The new posterior resins and a simplified placement technique. **J Am Dent Assoc**, Washington, v. 131, n. 3, p. 375-383, Mar. 2000.

KAWAI, K.; IWAMI, Y.; EBISU, S. Effect of resin monomer composition on toothbrush wear resistance. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 264-268, Apr. 1998.

KIM, K.H.; ONG, J.L.; OKUNO, O. The effect of filler loading and morphology on the mechanical properties of contemporary composites. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 87, n. 6, p. 642-649, June 2002.

KRISHNAN, V.K.; MANJUSHA, K.; YAMUNA, V. Effect of diluent upon the properties of a visible-light-cured dental composite. **J Mater Sci Mater Med**, Boston, v. 8, n. 11, p. 703-706, Nov. 1997.

LANG, B.R.; JAARDA, M.; WANG, R.F. Filler particle size and composite resin classification systems. **J Oral Rehabil**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 569-584, July 1992.

LEINFELDER, K.F. *et al.* Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 33, n. 4, p. 407-416, Apr. 1975.

LI, Y. *et al.* Effect of filler content and size on properties of composites. **J Dent Res**, Chicago, v. 64, n. 12, p. 1396-1401, Dec. 1985.

LU, H. *et al.* Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. **J Esthet Restor Dent**, Hamilton, v. 17, n. 2, p. 102-109, 2005.

LUTZ, F.; PHILLIPS, R.W. A classification and evaluation of composite resin systems. **J Prosthet Dent**, St. Louis, v. 50, n. 4, p. 480-488, Oct. 1983.

MITRA, S.B.; WU, D.; HOLMES, B. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **J Am Dent Assoc**, Washington, v. 134, n. 10, p. 1382-1390, Oct. 2003.

MOMOI, Y. *et al.* In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. **Dent Mater**, Kidlington, v. 13, n. 2, p. 82-88, Mar. 1997.

NEVES, A.D. *et al.* Correlação entre grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos. **Pesqui Odontol Bras**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 349-354, out./dez. 2002.

New American Dental Association Specification no. 27 for Direct Filling Resins. **J Am Dent Assoc**, Washington, v. 94, n. 6, p. 1191-1194, June 1977.

O'BRIEN, W.J.; YEE, J.J. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. **Oper Dent**, Seattle, v. 5, n. 3, p. 90-94, Summer 1980.

POWERS, J.M.; FAN, P.L.; RAPTIS, C.N. Color stability of new composite restorative materials under accelerated aging. **J Dent Res**, Chicago, v. 59, n. 12, p. 2071-2074, Dec. 1980.

REICH, S.M. *et al.* Mechanical properties and three-body wear of veneering composites and their matrices. **J Biomed Mater Res**, Hoboken, v. 69, n. 1, p. 65-69, Apr. 2004.

SAAD, J.R.C. *et al.* Avaliação da microdureza de compostos à base de resina em função da cor e da profundidade. **J Bras Clin Odontol Int**, Curitiba, v. 8, n. 47, p. 415-418, out./dez. 2004.

SANTOS, P.H. *et al.* Effect of surfaced penetrating sealant on roughness of posterior composite resins. **Am J Dent**, San Antonio, v. 16, n. 3, p. 197-201, June 2003.

SAY, E.C. *et al.* Wear and microhardness of different resin composite materials. **Oper Dent**, Seattle, v. 28, n. 5, p. 628-634, Sep. 2003.

SCHWARTZS, J.I.; SÖDERHOLM, K.J. Effects of filler size, water, and alcohol on hardness and laboratory wear of dental composites. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v. 62, n. 2, p. 102-106, Apr. 2004.

SHORTALL, A.C.; UCTASLI, S.; MARQUIS, P.M. Fracture resistance of anterior, posterior and universal light activated composite restoratives. **Oper Dent**, Seattle, v. 26, n. 1, p. 87-96, Jan./Feb. 2001.

TAKEUCHI, C.Y.G. *et al.* Assessing the surface roughness of a posterior resin composite: effect of surface sealing. **Oper Dent**, Seattle, v. 28, n. 3, p. 281-286, May/June 2003.

TANOUE, N.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Analysis of composite type and different sources of polymerization light on in vitro toothbrush/dentifrice abrasion resistance. **J Dent**, Bristol, v. 28, n. 5, p. 355-359, July 2000.

\_\_\_\_\_. Wear and surface roughness of current composites after toothbrush/dentifrice abrasion. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v. 84, n. 1, p. 93-97, July 2000.

TEIXEIRA, E.C.N. *et al.* In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. **J Esthet Restor Dent**, Hamilton, v. 17, n. 3, p. 172-180, 2005.

TERRY, D.A. Direct applications of a nanocomposite resin system: part 1- the evolution of contemporary composite materials. **Pract Proced Aesthet Dent**, Mahwah, v. 16, n. 6, p. A-G, July 2004.

XU, H.H.K. Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. **J Dent Res**, Chicago, v. 78, n. 7, p. 1304-1311, July 1999.

WILLEMS, G. *et al.* A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. **Dent Mater**, Copenhagen, v. 8, n. 6, p. 310-319, Sep. 1992.

YAP, A.U.J.; TAN, C.H.; CHUNG, S.M. Wear behavior of new composite restoratives. **Oper Dent**, Seattle, v. 29, n. 3, p. 269-274, May/June. 2004.

ZHANG, Y. *et al.* Recent development of polimer nanofibers for biomedical and biotechnological applications. **J Mater Sci Mater Med**, London, v. 16, n. 10, p. 933-946, Oct. 2005.

## **APÊNDICES**

## RESULTADOS DO TESTE DE RUGOSIDADE APÓS ABRASÃO POR ESCOVAÇÃO

**APÊNDICE A** - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) da resina composta Supreme XT nos períodos simulados de escovação:

<b>Amostra</b>	<b>Localização</b>	<b>Controle</b>	<b>6 meses</b>	<b>1 ano</b>	<b>2 anos</b>
1	extremidade esquerda	0,16	0,18	0,2	0,12
1	centro	0,17	0,18	0,18	0,18
1	extremidade direita	0,16	0,14	0,15	0,1
2	extremidade esquerda	0,16	0,17	0,3	0,12
2	centro	0,13	0,19	0,18	0,17
2	extremidade direita	0,17	0,14	0,17	0,17
3	extremidade esquerda	0,17	0,22	0,22	0,2
3	centro	0,09	0,24	0,22	0,2
3	extremidade direita	0,19	0,24	0,21	0,22
4	extremidade esquerda	0,15	0,14	0,18	0,08
4	centro	0,15	0,17	0,15	0,12
4	extremidade direita	0,14	0,16	0,18	0,1
5	extremidade esquerda	0,14	0,16	0,14	0,3
5	centro	0,18	0,18	0,13	0,16
5	extremidade direita	0,13	0,14	0,13	0,13
6	extremidade esquerda	0,17	0,18	0,16	0,15
6	centro	0,13	0,16	0,16	0,14
6	extremidade direita	0,16	0,18	0,15	0,17
Médias:		0,15	0,17	0,17	0,15

**APÊNDICE B** - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) da resina composta Z250 nos períodos simulados de escovação:

<b>Amostra</b>	<b>Localização</b>	<b>Controle</b>	<b>6 meses</b>	<b>1 ano</b>	<b>2 anos</b>
1	extremidade esquerda	0,18	0,19	0,16	0,32
1	centro	0,09	0,16	0,42	0,1
1	extremidade direita	0,12	0,16	0,25	0,13
2	extremidade esquerda	0,13	0,19	0,22	0,26
2	centro	0,11	0,24	0,23	0,19
2	extremidade direita	0,14	0,09	0,24	0,15
3	extremidade esquerda	0,16	0,21	0,16	0,1
3	centro	0,2	0,31	0,13	0,22
3	extremidade direita	0,11	0,17	0,23	0,11
4	extremidade esquerda	0,26	0,21	0,14	0,25
4	centro	0,24	0,21	0,17	0,24
4	extremidade direita	0,24	0,18	0,17	0,23
5	extremidade esquerda	0,28	0,33	0,23	0,23
5	centro	0,15	0,19	0,26	0,17
5	extremidade direita	0,18	0,18	0,31	0,2
6	extremidade esquerda	0,17	0,19	0,18	0,17
6	centro	0,18	0,22	0,13	0,21
6	extremidade direita	0,22	0,21	0,17	0,21
<b>Médias:</b>		0,17	0,20	0,21	0,19

**APÊNDICE C** - Médias de rugosidade Ra ( $\mu\text{m}$ ) da resina composta Z350 nos períodos simulados de escovação:

<b>Amostra</b>	<b>Localização</b>	<b>Controle</b>	<b>6 meses</b>	<b>1 ano</b>	<b>2 anos</b>
1	extremidade esquerda	0,11	0,14	0,12	0,11
1	centro	0,13	0,11	0,12	0,22
1	extremidade direita	0,1	0,1	0,26	0,13
2	extremidade esquerda	0,12	0,17	0,12	0,12
2	centro	0,16	0,15	0,11	0,15
2	extremidade direita	0,14	0,18	0,13	0,13
3	extremidade esquerda	0,14	0,11	0,17	0,12
3	centro	0,29	0,1	0,26	0,13
3	extremidade direita	0,25	0,35	0,2	0,11
4	extremidade esquerda	0,14	0,11	0,13	0,16
4	centro	0,16	0,13	0,45	0,17
4	extremidade direita	0,13	0,14	0,33	0,2
5	extremidade esquerda	0,1	0,18	0,22	0,14
5	centro	0,13	0,14	0,35	0,17
5	extremidade direita	0,13	0,18	0,2	0,17
6	extremidade esquerda	0,1	0,17	0,24	0,15
6	centro	0,2	0,2	0,1	0,15
6	extremidade direita	0,15	0,15	0,15	0,45
<b>Médias:</b>		0,14	0,15	0,20	0,16

## RESULTADOS DO TESTE DE MICRODUREZA VICKERS

**APÊNDICE D** - Resultados do teste de microdureza Vickers (VHN) para cada amostra em relação ao local da indentação e tipos de resinas compostas:

AMOSTRAS	LOCAL DA INDENTAÇÃO	GRUPO	VHN
1	centro	Z350	69,60
1	extremidade	Z350	72,40
2	centro	Z350	73,80
2	extremidade	Z350	75,30
3	centro	Z350	73,80
3	extremidade	Z350	74,90
4	centro	Z350	77,40
4	extremidade	Z350	76,30
5	centro	Z350	74,20
5	extremidade	Z350	71,00
1	centro	XT	76,30
1	extremidade	XT	82,00
2	centro	XT	77,70
2	extremidade	XT	78,10
3	centro	XT	82,70
3	extremidade	XT	85,20

4	centro	XT	79,20
4	extremidade	XT	79,50
5	centro	XT	79,20
5	extremidade	XT	62,90
1	centro	Z250	90,50
1	extremidade	Z250	68,50
2	centro	Z250	76,30
2	extremidade	Z250	73,80
3	centro	Z250	73,10
3	extremidade	Z250	76,00
4	centro	Z250	68,90
4	extremidade	Z250	74,60
5	centro	Z250	68,20
5	extremidade	Z250	74,50

**ANEXO**

**ANEXAR A CARTA DE APROVAÇÃO DO PROJETO PELO COMITÊ.**



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

*Porto Alegre 25 de novembro de 2005*

o Projeto de: Dissertação

*Protocolado sob nº: 0129/05*

*Intitulado: Resinas compostas: comparação de propriedades mecânicas e do grau de conversão*

*do(a) aluno(a): Rogério Simões Rosa*

*Programa de: do Odontologia*

*curso de: Materiais Dentários*

*Nível: Mestrado*

*Orientado pela(a): Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota*

Foi *aprovado* pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em *25 de novembro de 2005*.

**Prof. Dra. Marília Gerhardt de Oliveira**  
Presidente da Comissão Científica e de Ética da  
Faculdade de Odontologia da PUCRS