

CARLOS EDUARDO AGOSTINI BALBINOT

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS
COMPOSTAS NANOPARTICULADAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Porto Alegre, 2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B172a Balbinot, Carlos Eduardo Agostini
Avaliação de propriedades mecânicas de resinas compostas
nanoparticuladas. / Elaine Duarte Artuso de Mello. – Porto
Alegre, 2006.
68 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Concentração em Materiais
Dentários) – Faculdade de Odontologia, PUCRS.
Orientação: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota.

1. Odontologia. 2. Nanotecnologia. 3. Mecânica. 4.
Materiais Dentários. I. Título.

CDD 617.675

Ficha elaborada pela bibliotecária Cíntia Borges Greff CRB 10/1437

CARLOS EDUARDO AGOSTINI BALBINOT

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS
COMPOSTAS NANOPARTICULADAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Aprovada pela Banca Examinadora em ____ de _____ de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr.

Prof. Dr. Cláudio Figueiró

AGRADECIMENTOS

À Deus,

Aos meus pais, Edemar e Terezinha, que proporcionaram tudo a mim e minhas irmãs;

À minha irmã Rachele, pelo incentivo, parcimônia e compreensão, não só nesta, mas em todas as fases da minha vida;

À minha irmã Elisa, pela alegria, carinho e sobretudo, amizade de todos estes anos;

À minha noiva, Fernanda, pelo carinho, compreensão, incentivo, por ouvir e por tudo que mesmo sem saber, fizestes para que eu desse mais um passo para o nosso futuro;

Ao meu cunhado Emerson, pela amizade, carinho e apoio;

Aos meus amigos, Milene e Marcelo, Roberta e Gustavo, Rodrigo e Milena, Jamal e Luciana, Bernardo e Ana, Paula Mendes, Josane Mendes, João Manzoni e Gelson Züge, pela inestimável amizade;

Aos colegas e amigos, Regênio, João Bondan e Maria Paula, pela amizade, pela ajuda, pela compreensão e pelos momentos que passamos, que se tornarão saudosas lembranças;

Aos amigos, Luiz Henrique Zaniol, pela amizade, incentivo e inspiração em minha vida profissional e pessoal; e Alexandre Fontana Zaniol, pela eterna amizade e carinho.

Aos meus afilhados, André Luis, Maria Eduarda e Bento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota, pela amizade, paciência e ensinamentos que possibilitaram a realização deste projeto;

Aos professores e amigos Prof. Dr. Hugo Mitsuo Oshima e Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr. e Prof. Dr. Antônio Castellan, pela amizade, pelo carinho e pelas muitas risadas juntos;

Às professoras, Prof. Dr^a. Luciana Hirakata, Prof. Dr^a. Ana Maria Spohr e Prof^a. Dr^a. Rosemary Shinkai;

Aos colegas do Curso de Mestrado, Rogério, Fausto, Maurem, Alexandre e Luciana;

À Prof. Dr^a. Nilza Pereira da Costa, coordenadora do Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia;

Ao CNPq, pela bolsa que viabilizou a realização do Curso de Mestrado;

A todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram na conclusão deste trabalho.

“Qualquer caminho é apenas um caminho e não constitui insulto algum para si mesmo ou para os outros – abandoná-lo quando assim ordena o seu coração. (...) Olhe cada caminho com cuidado e atenção. Tente-o tantas vezes quantas julgar necessário... Então, faça a si mesmo e apenas a si mesmo uma pergunta: Possui esse caminho um coração? – em caso afirmativo, o caminho é bom. Caso contrário, esse caminho não possui importância alguma.”

Carlos Castañeda

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas selecionadas (resistência à compressão, resistência à tração diametral, resistência flexural de três-pontos e módulo flexural) de quatro marcas diferentes de resina composta nanoparticuladas e uma resina composta microhíbrida, nas cores A2 esmalte e dentina. Foram confeccionadas dez amostras para cada grupo de cada teste. O módulo flexural foi calculado a partir dos resultados do teste de resistência flexural. Os resultados obtidos nos ensaios foram comparados estatisticamente com análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,01$). Não houve diferença estatisticamente significativa para os grupos testados no teste de resistência à compressão, sendo que as médias variaram entre 141,04 MPa para a resina 4 Seasons A2E e 206,08 MPa para a resina Grandio A2O. No teste de resistência flexural, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, onde as médias variaram entre 59,16 MPa para a resina 4 Seasons A2E e 122 MPa para a resina Supreme XT A2E. Houve diferença estatisticamente significativa para módulo flexural e neste teste as médias variaram entre 3,4 GPa para a resina 4 Seasons A2E e 13,30 GPa para a resina Grandio A2O. No teste de resistência à tração diametral, a resina Esthet-X A2O apresentou média (34,87 MPa) estatisticamente menor que os demais grupos, e a resina Supreme XT A2E (50,26 MPa), estatisticamente maior que os demais grupos testados; entre os demais grupos não houve diferença estatisticamente significativa. Apesar de diferenças nos valores entre os grupos testados nos testes de resistência flexural, módulo flexural e resistência à tração diametral, as resinas nanoparticuladas, baseados nos resultados obtidos neste estudo, apresentam propriedades mecânicas semelhantes da resina microhíbrida.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Mecânica, Materiais Dentários.

ABSTRACT

The purpose of this study was evaluate selected mechanical properties (compressive strength, diametral tensile strength, flexural strength e flexural moduli) of four differents nanofilled composite and a microhybrid composite, in dentin e enamel A2 shades. Were maded ten samples for each group of each test. The flexural moduli was calculated by the results of the flexural strength`s test. The results were compared statistically with ANOVA e Tukey ($p < 0,01$). There was no statistical difference for compressive strength, with values that range into 141.04 MPa for 4 Seasons A2E and 206.08 MPa Grandio A2O. For flexural strength, there was statistical difference for the tested groups, and the values range into 59.16 MPa for 4 Seasons A2E and 122 MPa for Supreme XT A2E. There was statistical difference for flexural moduli and in this test the values range between 3.4 GPa for 4 Seasons A2E and 13.30 GPa for Grandio A2O. For diametral tensile strength, Esthet-X A2O showed value (34.87 MPa) statically lower than the others groups, and Supreme XT A2E (50.26 MPa), statically higher than the others tested groups; between the others groups there was no statistical difference. Even with differences for the values between the tested groups for flexural strength, flexural moduli and diametral tensile strength, the nanofiller composites, based in the results of this study, present mechanical properties similar from microhybrid resin.

Key-words: Nanotechnology, Mechanics, Dental Materials.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Resinas compostas utilizadas no estudo..... 34
- Figura 2** – Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência à compressão: (A) anel metálico para fixação da matriz de PTFE bipartida (B) no qual foi confeccionado o corpo-de-prova..... 37
- Figura 3** – Ensaio de resistência à compressão: (A) corpo-de-prova; (B) base para posicionamento do corpo-de-prova; (C) dispositivo utilizado para comprimir o corpo-de-prova 37
- Figura 4** - Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência flexural: (A) matriz metálica bipartida; (B) corpo-de-prova 39
- Figura 5** – Ensaio de resistência flexural: (A) corpo-de-prova; (B) dispositivo utilizado para realizar o movimento de flexão sobre o corpo-de-prova (1 ponto); (C) base para suporte do corpo-de-prova (2 pontos) 40
- Figura 6** – Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência à tração diametral: (A) anel metálico para fixação da matriz PTFE bipartida (B) no qual foi confeccionado o corpo-de-prova..... 42
- Figura 7** – Ensaio de resistência à tração diametral: (A) corpo-de-prova; (B) dispositivo utilizado para comprimir o corpo-de-prova 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resinas compostas utilizadas no estudo	35
Tabela 2 - Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência flexural das resinas compostas testadas.....	45
Tabela 3 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência flexural após serem submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,01$)	46
Tabela 4 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência à compressão das resinas compostas testadas.....	47
Tabela 5 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência à compressão após serem submetidas ANOVA ($p > 0,01$).....	48
Tabela 6 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência à tração diametral das resinas compostas testadas	49
Tabela 7 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência à tração diametral após serem submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,01$).....	49
Tabela 8 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas para módulo flexural das resinas compostas testadas.....	50
Tabela 9 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) para módulo flexural após serem submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,01$)	51

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** – Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência flexural de três-pontos 47
- Gráfico 2** – Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência à compressão..... 48
- Gráfico 3** – Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência à tração diametral 50
- Gráfico 4** – Representação gráfica das médias (MPa) do teste de módulo flexural..... 51

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
α	Nível de significância
%	Porcento
°C	Graus Célsius
μm	Micrômetro
ADA	<i>American Dental Association</i>
ANOVA	Análise de Variância
BisEMA	Bisfenol A polietileno glicol diéter dimetacrilato
BISGMA	Bisfenol Glicidil Metacrilato
CP	Corpo-de-prova
DP	Desvio-padrão
Fig.	Figura
GPa	Gigapascal
h	Hora
ISO	<i>International Standards Organization</i>
Kgf	Quilograma força
min.	Minuto
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
n	Número de amostras
N	Newton
nm	Nanômetro
p	Nível de significância observado
PTFE	Politetrafluoetileno
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
TEGMA	Trietileno glicol metacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato
Vol%	Percentual em volume
Wt%	Percentual em peso

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REVISÃO DA LITERATURA	18
2 MATERIAIS E MÉTODO	33
2.1 MATERIAIS.....	33
2.2 MÉTODO	35
2.2.1 Resistência à Compressão.....	35
2.2.2 Resistência Flexural de Três-Pontos.....	37
2.2.3 Módulo Flexural.....	39
2.2.4 Resistência à Tração Diametral	40
3 RESULTADOS.....	44
4 DISCUSSÃO	53
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	69

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

Para a restauração direta de dentes posteriores acometidos por doença cárie e/ou fraturas dentais, o amálgama foi o material restaurador mais utilizado na odontologia durante décadas, devido sua comprovada longevidade clínica, boa relação custo-benefício e preenchimento das necessidades funcionais de um material restaurador direto. Entretanto, a necessidade do desenvolvimento de materiais que promovessem resultados estéticos satisfatórios para a restauração de dentes anteriores, foi inicialmente proposta com a introdução dos cimentos de silicato. Este material apresentava baixa resistência mecânica, alta solubilidade, pobre resultado estético e necessidade de retenções mecânicas adicionais resultando em desgaste de estrutura dental sadia (CONCEIÇÃO, 2000). As resinas sintéticas, as quais apresentavam características como, coloração similar aos dentes naturais e insolubilidade aos fluídos bucais superiores aos cimentos de silicato, apresentavam porém, alta contração de polimerização e alto coeficiente de expansão térmica, o que as levou as deficiências clínicas e fracassos prematuros (ANUSAVICE, 1998).

Com o desenvolvimento das resinas compostas, iniciado por Bowen em 1963, atualmente estes materiais abrangem desde restaurações diretas para dentes anteriores e posteriores, à técnicas de confecção de inlays, onlays, facetas, coroas e próteses parciais fixas indiretas. Atualmente, baseado em pesquisas clínicas e laboratoriais, as resinas compostas são uma alternativa aceitável para a restauração de dentes posteriores (ST-GEORGES *et al.*, 2003; AGUIAR *et al.*, 2005).

Para a restauração direta de dentes posteriores com resinas compostas, opta-se preferencialmente pela utilização de compósitos microhíbridos, devido estes

apresentarem adequadas propriedades mecânicas, como resistência à compressão e desgaste; bem como, boa capacidade de acabamento e polimento (DEBASTIANI, 2005).

Um novo tipo de resinas compostas fotoativadas, denominadas nanoparticuladas, foi recentemente introduzido no mercado odontológico. Apresentando um novo tipo de tecnologia, com partículas de carga de aproximadamente 0,02 μm , a metade do tamanho das partículas das resinas microparticuladas, é composta por uma mistura de resina e resina/partículas pré-polimerizadas, que envolve dois tipos de partículas: nanométricas e nanoaglomerados. Suas características conferem ao material propriedades superiores às dos compósitos híbridos, como melhor polimento, mais fácil manuseio e capacidade de manter a anatomia por longos períodos, assim como sua alta quantidade de carga faz com que esses materiais tenham resistência adequada para ser indicada em dentes posteriores, bem como propriedades ópticas e lisura semelhantes às resinas compostas fotoativadas microparticuladas (MITRA, 2003; DEBASTIANI, 2005).

Devido a reduzida dimensão das partículas e da forma de obtenção da carga das resinas compostas nanoparticuladas, um aumento no conteúdo de carga pode ser conseguido com a conseqüente redução da contração de polimerização e melhora nas propriedades mecânicas, como resistência à tração, resistência à compressão e resistência à fratura, que parecem ser equivalentes ou até mesmo maiores que as resinas compostas universais e significativamente maiores que as resinas microparticuladas (BEUN *et al.*, 2006). Por outro lado, o pequeno tamanho das partículas de carga melhora as propriedades ópticas das resinas compostas porque, sendo seu diâmetro, uma fração do comprimento de onda da luz visível (0,4 – 0,8 μm), torna-se inábil ao olho humano sua detecção (MITRA, 2003).

As propriedades mecânicas de um material restaurador indicam como o material irá se comportar quando utilizado em áreas de alto estresse funcional no ambiente oral (AGUIAR *et al.*, 2005). Na odontologia, restaurações de Classe I ou II requerem resinas compostas que possuam altos valores de propriedades mecânicas (BEUN *et al.*, 2006).

Devido à escassez de resultados independentes na literatura sobre propriedades mecânicas destas novas resinas compostas nanoparticuladas, este estudo teve por objetivo avaliar e comparar a resistência à compressão, resistência à tração diametral, resistência flexural de três-pontos e módulo flexural de quatro resinas compostas nanoparticuladas e uma resina composta microhíbrida.

A hipótese nula neste estudo testou a semelhança estatística entre as resinas compostas nanoparticuladas e microhíbrida nos testes de resistência à compressão, resistência flexural, resistência à tração diametral e módulo flexural.

1 REVISÃO DA LITERATURA

1 REVISÃO DA LITERATURA

Ruyter e Svendsen, em 1978, analisaram qualitativamente os grupos metacrilatos não reagidos e remanescentes em materiais restauradores a base de compósitos. Cinco marcas de resina composta (Adaptic, Compact, Concise, Prestige e Protosit) foram investigados através de espectroscopia infravermelha. A reflexão infravermelha foi realizada antes da polimerização e repetida após as resinas compostas serem submetidas a polimerização e armazenados à 37°C por 24 h. A quantia de grupos metacrilatos não reagidos residuais foi determinada e os dados foram expressos em percentual da quantia total de grupos metacrilatos nos materiais não polimerizados. A quantia de grupos não reagidos nas seis resinas variou de 25 a 48%. Os resultados exibiram diferentes graus de conversão após 24 h do início da polimerização.

Chung *et al.*, em 1990, avaliaram sete compósitos fotopolimerizáveis (Marathon, Ful-fil Compules, P-30, Estilux Posterior CVS, Sinterfil, Oclusin e Bis-fil I), quanto ao grau de conversão monômero-polímero, através do teste de espectrofotometria infra-vermelho transformada de Fourier, resistência à tração diametral, fração de carga por volume, fração de carga por peso, resistência à compressão e teste de dureza Knoop. Para o teste de resistência à tração diametral e compressão, foram confeccionadas amostras de 6,5mm X 3mm em uma matriz de teflon, e os valores médios relatados, em MPa (DP), para resistência à tração diametral, foram: Marathon 50,1 (2,0), P-30 53,4 (2,5), Occlusin 60,6 (1,9), Sinerfil 39,8 (4,6), Bis-fil I 60,1 (3,2), Estilux Posterior 51,0 (0,9) e Ful-fil Compules 48,4 (3,9); e para resistência à compressão, as médias, em MPa (DP), foram: Marathon 242,3 (9,4), P-30 321,0 (22,6), Occlusin 264,7 (27,4), Sinerfil 324,7 (8,9), Bis-fil I 315,0 (17,2), Estilux Posterior 324,2 (17,1) e Ful-fil Compules 265,5 (4,1).

McCabe e Kagi, em 1991, avaliaram a dureza, resistência à compressão, fadiga e desgaste abrasivo de um compósito para inlay com e sem polimerização adicional. A resina estudada foi especialmente desenvolvida para a pesquisa sendo composta de BisGMA e TEGMA, como matriz orgânica, partículas de boro-silicato como carga e um agente de união. Duas cores foram confeccionadas, dentina e

esmalte, variando a composição. Os resultados deste estudo apresentaram que a resina de cor de dentina apresentou uma melhora significativa nas propriedades mecânicas em relação à cor do esmalte. As propriedades como dureza, resistência à compressão e desgaste após 24 h e 7 dias, aumentaram seus resultados após a polimerização adicional. No entanto, a resistência à fadiga diminuiu para ambas as cores testadas. Houve uma melhora nas propriedades no grupo com polimerização adicional, no entanto, os autores apresentaram dúvidas se esta melhora apresenta significativo efeito na durabilidade clínica.

Kildal e Ruyter, em 1997, avaliaram as diferenças nas propriedades mecânicas de três compósitos em relação as técnicas de polimerização intra e extra oral de restaurações diretas e indiretas (inlay), e como as mesmas são afetadas pela absorção de água. As características de fratura em compressão assim como a relação tensão-deformação em carga constante, tanto em compressão quanto flexural foram determinadas. Um segundo objetivo foi investigar a influência do conteúdo de carga e composição do monômero nas propriedades mecânicas. As resinas testadas foram Brilliant, Charisma e EOS, que foram polimerizadas por 2 métodos. O método A constituiu em fotopolimerizar com uma unidade manual de fotoativação e o método B foi realizado em uma caixa de luz. A absorção de água diminuiu os valores de resistência para todas amostras. O método B (polimerização em caixa de luz) aumentou significativamente a resistência em relação ao método A. A absorção de água diminuiu o módulo de elasticidade para as amostras do método A. Os valores finais de resistência também diferiram-se das amostras testadas em seco e submersas com o método B. Houve diferença nas propriedades compressiva e flexural entre as amostras polimerizadas de acordo com o método A e B.

Cho *et al.*, em 1999, compararam a resistência à tração diametral e à compressão de nove materiais para confecção de núcleo. Foram testados diferentes tipos de materiais restauradores, incluindo-se duas resinas compostas microhíbridas, Herculite XRV e Prodigy. Para o teste de resistência à compressão, foram confeccionadas 10 amostras com 6 mm de altura e 4 mm de diâmetro para cada grupo; para o teste de resistência à tração diametral foram confeccionadas 10 amostras com 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura para cada grupo. Dentre os materiais testados, os compósitos fotoativados, juntamente com o amálgama, exibiram os valores mais altos de resistência para ambas as propriedades testadas,

sendo que para o teste de resistência à compressão os compósitos exibiram valores médios que variaram de 225 MPa para a resina Herculite XRV e 250 MPa para a resina Prodigy; e, para o teste de resistência à tração diametral os valores médios variaram de 51 MPa para a resina Herculite XRV e 55 MPa para a resina Prodigy, em concordância à resultados de estudos prévios (IGLESIAS, 1984; NETTI, 1988; MIYAMOTO, 1989; MITRA, 1991; ELDIWANY, 1993; CHUNG, 1993; LEVARTOVSKY, 1994; DHUMMARUNGRONG, 1994). Os autores ainda destacam a importância da resistência de um material para núcleo, já que materiais mais resistentes apresentam melhor resistência à deformação e à fratura, promove melhor equilíbrio na distribuição de estresses, reduz a possibilidade de falha compressiva ou por tração, promove maior estabilidade e melhor probabilidade de sucesso clínico.

Brosh *et al.*, em 1999, determinaram e correlacionaram as resistências à compressão e à tração diametral de resinas compostas, o padrão e a probabilidade de falha sob condições de tensão. Dez marcas comerciais de resinas (Herculite XRV, Brilliant, Z 100, Graft LC, Charisma, TPH, Pertac, Tetric, Aelitefil e Amelogen) foram testados quanto à resistência à tração diametral e compressão. Vinte e cinco amostras de cada material foram confeccionadas para cada teste mecânico. Para o teste de resistência à compressão, amostras cilíndricas com 3 mm de diâmetro e 6 mm de altura foram confeccionadas, enquanto que para tração diametral, amostras com 6 mm diâmetro e 3 mm de altura foram preparados. As amostras foram armazenadas por 7 dias em recipiente protegido da luz e foram testados em máquina de ensaio universal com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min. Os valores de resistência à tração diametral foram aproximadamente 20% da resistência compressiva dos materiais. Os testes de comparação múltipla indicaram que as propriedades de resistência à tração diametral foram muito mais sensíveis na predição de diferenças entre as resinas compostas quando comparadas ao teste de resistência compressiva. Nas resinas Graft (54,6 MPa) e Z 100 (54,8 MPa) observaram-se os maiores valores de resistência à tração diametral. Os valores de resistência à compressão variaram entre 198 MPa, para a resina Brilliant e 300 MPa, para a resina Pertac.

Cobb *et al.*, em 2000, avaliaram três compósitos compactáveis (Alert, SureFil e Solitaire), um compósito híbrido convencional (TPH Spectrum) e um compósito microparticulado (Heliomolar Radiopaque), indicados para a restauração de dentes

posteriores, quanto à resistência flexural, resistência à tração diametral, resistência à compressão e profundidade de polimerização. Para o teste de resistência à tração diametral, foram confeccionadas dez amostras com 6 mm de diâmetro e 3 mm de altura, que eram fotoativadas por um tempo total de 80 segundos. Para o teste de resistência à compressão, foram confeccionadas dez amostras com 4 mm de diâmetro e 6 mm de altura, sendo que o compósito foi inserido em três incrementos de 2 mm e fotopolimerizado com um tempo total de 200 segundos. Para o teste de resistência flexural foram confeccionadas dez amostras de 25 mm de comprimento X 2 mm de altura X 2 mm de largura. A unidade de fotoativação utilizada no estudo apresentava uma intensidade de luz de 500 mW/cm². Os resultados, em MPa (DP), para o teste de resistência à tração diametral foram: TPH 68,4 (7,2), Alert 60,1 (6,0), SureFil 58,7 (5,4), Heliomolar 45,4 (4,2) e Solitaire 34,4 (5,5). Para o teste de resistência flexural, as resinas apresentaram os seguintes resultados, em Mpa (DP): TPH 180,5 (29,9), Alert 157,7 (15,5), SureFil 149,6 (22,5), Heliomolar 93,7 (7,0) e Solitaire 73,1 (6,3). Os resultados, em MPa (DP), para o teste de resistência à compressão, foram: TPH 310,6 (29,5), Alert 287,5 (21,4), SureFil 356,8 (24,9), Heliomolar 236,9 (26,6) e Solitaire 296,8 (41,1). O compósito híbrido TPH Spectrum apresentou resistência à tração diametral e resistência flexural significativamente maior que os compósitos compactáveis e o microparticulado; sendo comparável com dois dos três compósitos compactáveis (Alert e Solitaire) em resistência à compressão, sendo que neste teste, o compósito compactável SureFil teve valores de resistência à compressão significativamente maiores que os demais compósitos testados.

Peutzfeldt e Asmussen, em 2000, determinaram o grau de conversão, resistência à tração diametral, resistência flexural de três-pontos, módulo flexural e desgaste de duas resinas compostas, Z 100 e Charisma, quando diferentes métodos de polimerização eram utilizados. As amostras, para o teste de resistência à tração diametral, foram confeccionadas com dimensões de 3 mm de espessura e 6 mm de diâmetro e foram fotopolimerizadas por 40 segundos de cada lado, para o grupo controle. Os demais grupos recebiam alguma forma adicional de polimerização após esta inicial. As amostras para o teste de resistência flexural apresentavam dimensões de 25 mm X 2 mm X 2 mm e os tratamentos quanto a polimerização eram os mesmos que os realizados no teste de resistência à tração diametral. O

módulo flexural foi calculado a partir dos resultados do teste de resistência flexural. Os valores médios relatados pelos autores no teste de resistência à tração diametral foram de 64 MPa para Z 100 e 55 MPa para Charisma; no teste de resistência flexural, 149 MPa para Z 100 e 106 MPa para Charisma e para módulo flexural, 12,6 GPa para a resina Z 100 e 7,6 GPa para a resina Charisma. Os autores concluíram que os métodos de polimerização adicional, apesar de alguns apresentarem melhores resultados que outros, aumentam os resultados para testes de propriedades mecânicas devido ao aumento do grau de conversão das resinas compostas.

Manhart *et al.*, em 2000, avaliaram resistência flexural, módulo flexural, resistência à fratura e resistência ao desgaste de quatro resinas compactáveis, Solitaire, SureFil, ALERT e Definite e de duas resinas microhíbridas, Tetric Ceram e Ariston pHc. Amostras retangulares de dimensões de 25 mm X 2 mm X 2 mm foram confeccionadas para o teste de resistência flexural de três-pontos, as quais ficaram armazenadas em soro fisiológico a 37°C por 24 horas antes do teste. A velocidade de carregamento da máquina de ensaio era de 0,5 mm/min e a distância entre os suportes, de 20 mm. O módulo flexural foi calculado a partir do teste de resistência flexural. Os valores médios, em MPa, apresentados pelos autores para resistência flexural, foram: Solitaire 81,6, Definite 103, SureFil 132, ALERT 124,7, Tetric Ceram 107,6 e Ariston pHc 118,1; e para módulo flexural, as médias, em GPa, foram: Solitaire 4,4, Definite 6,3, SureFil 9,3, ALERT 12,5, Tetric Ceram 6,8 e Ariston pHc 7,3. Houveram diferenças estatisticamente significativas entre as resinas para ambos os testes, porém as resinas microhíbridas, entre si, não apresentaram diferenças.

Kelsey *et al.*, em 2000, avaliaram a resistência à tração diametral, resistência flexural, módulo de elasticidade e resistência à fratura de três resinas compactáveis (Alert, SureFil e Solitaire), e compararam com duas resinas híbridas convencionais (Prodigy e Z-100). Para o teste de resistência à tração diametral foram confeccionadas, através de um molde circular, 20 amostras de cada resina, com dimensões de 5,5 mm de diâmetro e 2,5 mm de profundidade. Para o teste de resistência flexural e módulo de elasticidade, foram confeccionadas 20 amostras de 25 mm de comprimento, 2 mm de largura e 2 mm de profundidade (ISO 4049 modificado – método de flexão em três-pontos). Todas as amostras foram

armazenadas em água destilada à 37°C por 35 dias. Para o teste de resistência à tração diametral, as médias, em MPa (DP), relatadas pelos autores foram: Alert 40,1 (2,2), Z 100 40,2 (5,3), Prodigy 40,8 (4,0), Solitaire 42,9 (18,3) e SureFil 45,3 (6,8). Os valores médios, em MPa (DP), para o teste de resistência flexural de três-pontos foram: Solitaire 53,6 (10,1), Alert 69,9 (11,9), Z 100 94,6 (8,7), SureFil 95,3 (10,8) e Prodigy 109,5 (16,9). As resinas compactáveis Alert e SureFil apresentaram resultados tão bons, ou até superiores aos das resinas convencionais, mas sem diferenças estatisticamente significativas entre estes grupos, em todos os testes realizados; apenas a resina compactável Solitaire apresentou significativamente menores valores de resistência flexural, resistência à fratura e módulo de elasticidade comparada as demais resinas testadas.

Cesar *et al.*, em 2001, avaliaram a influência da cor e o efeito de armazenagem em água por 30 dias de quatro resinas indiretas, Artglass, Belleglass, Sculpture e Targis, e uma resina direta, Z 100. As resinas, nas cores incisal e dentina, foram testadas quanto resistência flexural de três-pontos, módulo flexural e dureza. As amostras, para o teste de resistência flexural, apresentavam dimensões de 10 mm X 2 mm X 1 mm e foram armazenadas em água destilada à 37°C por 24 horas ou 30 dias. A velocidade de carregamento da máquina de ensaio era de 0,5 mm/min e a distância entre os suportes, de 6 mm. O módulo flexural era calculado a partir do teste de resistência flexural, onde foram utilizados o valor da carga do momento imediatamente anterior a fratura da amostra e o deslocamento vertical do braço da máquina de ensaio neste momento. A resina composta direta, Z 100, apresentou valores médios para o teste de resistência flexural com tempo de armazenamento de 24 horas, de 179,7 MPa e 183,9 MPa, para as cores incisal e dentina, respectivamente e 11,7 GPa e 11,9 GPa, para as cores incisal e dentina, respectivamente, para módulo flexural. Segundo os autores, a cor da resina composta, para resinas diretas ou indiretas, não influencia significativamente as propriedades mecânicas dos materiais.

Munksgaard, em 2002, avaliou o compômero Dyract AP e as resinas compostas Definite, Ariston pHc e TPH Spectrum quanto a presença de fendas marginais no preenchimento de cavidades cilíndricas e quanto as propriedades mecânicas de resistência e módulo flexural, durante diferentes tempos de

armazenagem em água. O teste de resistência flexural foi realizado de acordo com a especificação ISO 4049, onde as amostras apresentavam dimensões de 25 mm X 2 mm X 2 mm, a distância entre os suportes era de 20 mm, a velocidade de carregamento da máquina de ensaio era de 0,75 mm/min. Os corpos-de-prova ficavam armazenados em água por tempos diferentes, que variavam de uma hora a 180 dias. O módulo flexural foi calculado a partir do testes de resistência flexural. Os autores relataram que as resinas TPH Spectrum e Definite e o compômero Dyract AP tiveram valores estatisticamente inferiores para o tempo de uma hora em relação a 180 dias, indicando uma melhora das propriedades mecânicas com o passar do tempo, sendo que o mesmo ocorreu quando foi calculado o módulo flexural. A contínua conversão de monômeros em polímeros com o passar do tempo, foi a explicação relatada pelos autores para estes resultados. As médias, em MPa, para o teste de resistência flexural, com tempo de armazenamento de uma hora, foram de 116,8 para Dyract AP, 91,8 para Definite, 107,5 para Ariston pHc e 116,9 para TPH Spectrum. Para módulo flexural, com tempo de armazenamento de uma hora, as médias, em GPa, foram de 4,39 para Dyract AP, 6,98 para Definite, 6,58 para Ariston pHc e 8,05 para TPH Spectrum.

Yap *et al.*, em 2002, avaliaram as alterações nas propriedades flexurais de compósitos microparticulados (A 110), microhíbridos (Z-100 e Z-250), de um compósito modificado por poliácido (F 2000) e de uma resina flowable (Filtek Flowable), em relação à diferentes tempos (1 semana e 1 mês) de armazenamento em água. Foram avaliadas resistência flexural e módulo flexural. Para o teste de resistência flexural de três-pontos, as amostras foram confeccionadas a partir da especificação ISO 4049 (25mm comprimento X 2mm altura X 2mm largura). A fotoativação das amostras era realizada em ambos os lados das amostras. Os valores para módulo flexural foram obtidos de uma fórmula que se valia dos resultados obtidos no teste de resistência flexural. Para o teste de resistência flexural, os resultados, em MPa (DP), foram: A 110 70,61 (3,71), Z-100 147,21 (0,70), Z-250 130,07 (5,43), F 2000 66,61 (2,37) e Filtek Flowable 79,76 (6,63), após uma semana de armazenamento em água; e os valores de módulo flexural, em GPa (DP), foram A 110 4,85 (0,26), Z-100 11,30 (0,58), Z-250 6,94 (0,65), F 2000 11,03 (0,42) e Filtek Flowable 3,45 (0,41). Todos os compósitos cumpriram as exigências da especificação ISO 4049, tanto para resistência flexural quanto para

módulo flexural; porém, devido a diferença significativa entre os compósitos testados, somente os microhíbridos podem ser indicados para a restauração de áreas com alto estresse. Os autores concluíram que a alteração dos valores de resistência flexural nos diferentes tempos de armazenamento em água são dependentes dos materiais e que o módulo flexural aumenta significativamente com o tempo, com exceção do compósito microparticulado A 110.

Adabo *et al.*, em 2003, avaliaram sete resinas compostas fotoativadas indicadas para a restauração de dentes posteriores (ALERT, Ariston pHc, Solitaire, Definite, P 60, Z-100 e Tetric Ceram), para determinar a porcentagem do conteúdo de partículas inorgânicas e comparar com a resistência flexural. O teste de resistência flexural, seguindo as especificações da ISO 4049, foi realizado em dez amostras de cada resina, e o ensaio realizado com uma máquina de teste mecânico com velocidade de carregamento de 0.75 mm/min. Os resultados foram avaliados estatisticamente com análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. Os valores médios, em MPa (DP), para o teste de resistência flexural foram: P 60 170,028 (15,078), Z-100 151,349 (12,097), Tetric Ceram 126,146 (8,515), ALERT 124,895 (12,155), Ariston pHc 102,003 (17,655), Definite 93,636 (7,831) e Solitaire 56,710 (9,530).

St-Georges *et al.*, em 2003, avaliaram diferentes formas de fotopolimerização de uma resina híbrida, Herculite XRV e uma resina flowable, Revolution Formula 2, quanto à resistência flexural bi-axial, resistência a fratura, resistência à compressão e resistência à tração diametral. Para os testes de resistência à tração diametral e compressão, foram confeccionados corpos-de-prova cilíndricos de dimensões de 8 mm de altura X 4 mm de diâmetro, que foram fotopolimerizados em ambas extremidades do cilindro. As amostras foram armazenadas a 37°C por sete dias antes dos testes. Para o teste de resistência à tração diametral, os valores médios, quando as amostras foram fotoativadas por luz halógena convencional, relatados pelos autores foram de 46,2 MPa para Herculite XRV e 37,8 MPa para Revolution Formula 2; e para resistência à compressão, de 255,7 MPa para Herculite XRV e 309,9 MPa para Revolution Formula 2.

Ferracane *et al.*, em 2003, testaram nove compósitos comerciais, comparando a resistência flexural, módulo flexural e grau de conversão, após a

polimerização destes compósitos com dois dispositivos de fotoativação (Triad II, dispositivo laboratorial para fotoativação e Optilux 400, dispositivo manual). O teste de resistência flexural de três-pontos foi conduzido de acordo com a especificação ISO 4049. Os valores médios, em MPa, relatados pelos autores para o teste de resistência flexural de três-pontos foram: Tetric Ceram 116, Esthet-X 120, Herculite XRV 141, Z 250 150, Filtek P 60 e Clearfil APX 163. Para o cálculo de módulo flexural, foram utilizados os valores obtidos no teste de resistência flexural e a fórmula utilizada para o cálculo foi $E = (F_1 L^3) / (4BH^3D) \cdot 10^{-3}$, onde E é o módulo flexural, F_1 é a força máxima, em N, L é a distância, em mm, entre os suportes, B é a largura da amostra, em mm, H é a espessura da amostra, em mm e D é a deflexão, em mm, na carga F_1 . As médias, em GPa, para módulo flexural, foram: Tetric Ceram 10,5, Esthet-X 9,8, Herculite XRV 11, Z 250 12,5, Filtek P 60 13,5 e Clearfil APX 15,2.

Besnault *et al.*, em 2003, avaliaram as resinas microhíbridas Tetric Ceram, Charisma e Z 100, quanto à microdureza Vickers e resistência flexural de três-pontos. Foram confeccionados cinco grupos nos quais as amostras eram fotopolimerizadas por LED, com diferentes formas e tempos de ativação, e um grupo que as amostras eram fotoativadas com luz halógena convencional. Para o teste de resistência flexural, as amostras, que ficaram armazenadas por 10 minutos à temperatura ambiente antes do teste, apresentavam dimensões de 24 mm X 2 mm X 2 mm, e a velocidade de carregamento da máquina de ensaio de 1 mm/min. Para o grupo onde as amostras foram fotopolimerizadas por luz halógena convencional, os valores médios relatados pelos autores foram de 54,9 MPa para a resina Charisma, 74,02 MPa para Tetric Ceram e 102,5 MPa para Z 100. Neste grupo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas testadas.

Palin *et al.*, em 2003, avaliaram duas resinas compostas disponíveis comercialmente (Z100 e Z250) e um novo compósito baseado em oxirano quanto à resistência flexural bi-axial, resistência flexural de três-pontos e módulo flexural. Para o teste de resistência flexural de três-pontos foram confeccionadas vinte amostras de cada material, com dimensões de 25 mm X 2 mm X 2 mm, e o teste foi conduzido de acordo com especificação ISO 4049. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os compósitos Z100 e Z250, embora ambos apresentassem médias estatisticamente menores que o compósito baseado em oxirano. Os valores

médios, em MPa, relatados pelos autores para o teste de resistência flexural de três pontos foi de 113 (10,7), 92 (9,7) e 79 (16,2) para a resina experimental, para a resina Z 250 e para a resina Z 100, respectivamente.

Mitra *et al.*, em 2003, desenvolveram o compósito nanoparticulado Filtek Supreme Standard, 3M, composto por partículas nanométricas com tamanho médio de 20 nm e nanoaglomerados, com tamanho médio de 6 μ m; e o compósito nanoparticulado Filtek Supreme Translucent, 3M, composto por partículas nanométricas, com média de 75 nm e com menor quantidade de nanoaglomerados de sílica. Os autores comparam propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração diametral, desgaste, resistência à fratura, resistência flexural, retenção do polimento, morfologia de superfície após abrasão por escovação e análise por microscopia eletrônica de transmissão, com os compósitos A110, Z-250, TPH Spectrum, Esthet-X e Point 4. Para o teste de resistência à tração diametral, os compósitos testados apresentaram os seguintes valores, em MPa (DP): Z-250 96,6 (5,6), TPH 80,7 (5,3), Point 4 76,6 (6,8), Esthet-X 66,7 (4,1), A 110 52,3 (2,9), Supreme Standard 80,7 (3,2) e Supreme Translucent 87,6 (9,0), sendo que a análise estatística mostrou que os valores para os compósitos nanoparticulados Supreme Standard e Supreme Translucent foram equivalentes ou maiores que os demais compósitos testados. Para o teste de resistência à compressão, os compósitos apresentaram os seguintes valores, em MPa (DP): Z-250 454,5 (10,2), TPH 378,6 (26,7), Point 4 433,8 (15,7), Esthet-X 422,1 (36,8), A 110 376,6 (32,6), Supreme Translucent 458,6 (20,8) e Supreme Standard 426,2 (27,5), sendo que a análise estatística mostrou que os valores para os compósitos nanoparticulados Supreme Standard e Supreme Translucent foram equivalentes ou maiores que os demais compósitos testados. Para o teste de resistência flexural de três pontos, os compósitos apresentaram os seguintes valores, em MPa (DP): Z-250 161,2 (17,2), TPH 136,1 (10,6), Point 4 136,0 (15,0), Esthet-X 140,6 (6,9), A 110 94,0 (5,7), Supreme Translucent 177,1 (19,0) e Supreme Standard 153,1 (14,1), sendo que a análise estatística revelou que os compósitos nanoparticulados Supreme Translucent e Supreme Standard foram superiores que os compósitos TPH, Point 4 e A 110; e não apresentaram diferença para os demais compósitos usados neste teste. Os autores concluíram que os compósitos nanoparticulados podem ser considerados materiais restauradores

universais, haja visto os resultados apresentados em todos os testes realizados, alertando que estudos clínicos são necessários para confirmar os achados laboratoriais.

Choi *et al.*, em 2004, avaliaram os efeitos de diferentes configurações cavitárias na resistência de união adesiva, microinfiltração, resistência flexural e módulo de elasticidade de duas resinas compostas, Clearfil AP-X e Esthet-X. Para o teste de resistência flexural de três-pontos, foram confeccionadas amostras de 25 mm X 2 mm X 2 mm de dimensões, que faziam parte do grupo controle. Estas amostras foram fotopolimerizadas por três ativações de 60 segundos cada, em ambos os lados da amostra, e ficaram armazenadas por 24 horas à 37°C antes do teste. A distância entre os suportes para o teste, era de 20 mm e a velocidade de carregamento da máquina de ensaio, de 1 mm/min. O módulo de elasticidade foi calculado a partir dos valores do teste de resistência flexural de três-pontos. Os autores encontraram diferença estatisticamente significativa entre as resinas testadas, tanto para média de resistência flexural quanto para módulo de elasticidade, sendo que os valores relatados foram de 200,8 MPa para ClearFil AP-X e 117,5 MPa para Esthet-X, no teste de resistência flexural; e de 11 GPa para Clearfil AP-X e 7,5 GPa para Esthet-X, para o módulo flexural.

Santos Jr. *et al.*, em 2004, avaliaram diferentes tipos de pinos associados à resina composta, quanto à resistência à tração diametral. Para o estudo, foi confeccionado um grupo controle, com a resina Tetric Ceram sem estar associada à nenhum dos pinos que foram testados, na forma de cilindro de dimensões de 6 mm X 3 mm. As amostras do grupo controle foram fotopolimerizadas nas duas extremidades, gerando um tempo total de fotoativação de 80 segundos. Os autores encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos testados, sendo que a maior média foi relatada para o grupo controle, com valor de 49,64 MPa.

Mota, em 2005, avaliou as resinas microhíbridas Admira, Charisma, InTen-S, Point 4, Tetric Ceram e Z 250, quanto à resistência à compressão, módulo de elasticidade, microdureza Vickers e determinou o conteúdo de carga em peso dos materiais. O autor utilizou amostras cilíndricas de 3 mm de diâmetro e 6 mm de altura, para o teste de resistência à compressão e o protocolo de fotopolimerização

era de fotoativação por apenas uma das extremidades da matriz usada para confecção dos corpos-de-prova. As médias relatadas pelo autor para resistência à compressão, foram de 76,60 MPa para a resina Point 4, 119,21 MPa para a resina Admira, 150,81 MPa para InTen-S, 155,11 MPa para Tetric Ceram, 169,98 MPa para Charisma e 222,33 MPa para a resina Z 250.

Aguiar *et al.*, em 2005, avaliaram a resina microhíbrida Z 250 quanto à microdureza e resistência à tração diametral. As amostras eram fotopolimerizadas por quatro diferentes métodos e armazenadas em dois diferentes meios (água destilada ou etanol absoluto). No teste de resistência à tração diametral, o grupo no qual se utilizava fotoativação convencional, os corpos-de-prova cilíndricos apresentavam dimensões de 5 mm X 3 mm e foram confeccionados por técnica incremental de resina composta (1,5 mm por incremento), sendo que cada incremento era fotopolimerizado por 30 segundos. A velocidade de carregamento da máquina de ensaio era de 10 mm/min. As médias relatadas pelos autores, para o teste de resistência à tração diametral dos grupos armazenados em água destilada, variavam entre 67,5 MPa e 72,2 MPa, sendo que para o grupo com fotopolimerização convencional, a média foi de 71,1 MPa. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativa entre os grupos quanto aos diferentes métodos de fotopolimerização, porém os grupos em que armazenagem era feita em etanol absoluto apresentaram médias estatisticamente menores que os grupos armazenados em água destilada.

Brandão *et al.*, em 2005, avaliaram três resinas compactáveis, Filtek P 60, SureFil e Prodigy Condensable e uma resina microhíbrida, Z 100, quanto à resistência à compressão e limite de fadiga à compressão. Amostras cilíndricas de 4 mm de diâmetro X 8 mm de altura, foram confeccionadas para o teste de resistência à compressão. A fotopolimerização foi realizada, por 60 segundos em ambas as extremidades do cilindro, e após a remoção da amostra da matriz, por mais 60 segundos em cada face lateral. As médias encontradas pelos autores, para o teste de resistência à compressão, foram de 222,08 MPa para a resina Prodigy Condensable, 266,93 MPa para SureFil, 270,44 MPa para Filtek P 60 e 307,20 para Z 100. Os autores encontraram diferenças estatisticamente significativas para a resina Prodigy Condensable, que apresentou a menor média entre as resinas

testadas, diferença esta, atribuída pelos autores, à menor quantidade de conteúdo inorgânico do material.

Beun *et al.*, em 2006, compararam propriedades mecânicas (resistência flexural, módulo flexural estático e dinâmico e microdureza Vickers) e conteúdo de carga inorgânica de quatro resinas compostas híbridas universais (Point 4, Tetric Ceram, Vênus e Z 100), três resinas compostas nanoparticuladas (Supreme, Grandio e Grandio Flow) e duas resinas compostas microparticuladas (Filtek A110 e Durafill VS). Compararam também, neste mesmo estudo, o grau de conversão das resinas compostas, em diferentes espessuras, usando unidades de fotoativação de luz halógena e LED usando espectrofotometria de Raman. Para o teste de resistência flexural e módulo flexural estático, foi usado o teste de três – pontos segundo especificação da ISO 4009, e os valores médios relatados foram: Z 100 (123,4 MPa), Supreme (115 MPa), Grandio (110 MPa), Point 4 (108 MPa), Tetric Ceram (93 MPa), Grandio Flow (84 MPa), Vênus (79 MPa), Filtek A 110 (70 MPa) e Durafill VS (50,5 MPa), no qual não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais testados, exceto para a resina composta Durafill VS, que apresentou os valores mais baixos. Quanto ao módulo flexural estático, os valores obtidos foram: Grandio (14,2 GPa), Z 100 (11,8 GPa), Grandio Flow (8,2 GPa), Supreme (8,1 GPa), Point 4 (8,0 GPa), Vênus (7,9 GPa), Tetric Ceram (7,0 GPa), Filtek A 110 (5,7 GPa) e Durafill VS (2,9 GPa), onde não houve diferença estatisticamente significativa entre Grandio Flow, Supreme, Point 4, Vênus e Tetric Ceram, sendo que estes obtiveram valores estatisticamente maiores que Durafill VS e Filtek A 110 e menores que Grandio e Z 100, que apresentaram os maiores valores para módulo flexural estático.

Mota *et al.*, em 2006, avaliaram as resinas compostas 4 Seasons, Esthet-X, Filtek Supreme, Grandio e Palfique Estelite nas cores A2 esmalte e A2 dentina, quanto a resistência à tração diametral e microdureza Knoop. Os corpos-de-prova para o teste de resistência à tração diametral apresentavam dimensões de 6 mm de diâmetro X 3 mm de espessura, os quais foram confeccionados pela técnica incremental da resina (2 mm por incremento), foram armazenadas em água destilada por 24h à 37°C antes do teste e a velocidade de carregamento da máquina de ensaio era de 0,5 mm/min. Os valores médios, em MPa, relatados pelos autores, foram: 4 Seasons dentina 36,80, 4 Seasons esmalte 39,26, Esthet-X dentina

44,44, Esthet-X esmalte 45,12, Grandio dentina 45,23, Grandio esmalte 49,24, Filtek Supreme dentina 46,86, Filtek Supreme esmalte 48,25, Palfique Estelite dentina 38,69 e Palfique Estelite esmalte 38,58. Não houve diferença estatisticamente significativa para os resultados entre resinas de mesmo fabricante mas de cores diferentes, no teste de resistência à tração diametral, exceto para a resina Grandio.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 MATERIAIS

As resinas compostas utilizadas nesta pesquisa estão representadas na Figura 1 e descritas na Tabela 1.



Figura 1 – Resinas compostas utilizadas no estudo: (A) Charisma A2; (B) Charisma A2O; (C) Esthet-X A2; (D) Esthet-X A2O; (E) 4 Seasons A2E; (F) 4 Seasons A2D; (G) Grandio A2; (H) Grandio A2O; (I) Supreme XT A2E; (J) Supreme XT A2D.

Tabela 1 – Resinas compostas utilizadas no experimento.

Grupo	Material	Fabricante	COR	LOTE	COMPOSIÇÃO
I	Filtek Supreme XT	3M ESPE	A2E	6BW	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA 78.5 wt%, combinação de nanoaglomerados de zircônia/silica com tamanho primário da partícula de carga de 5-20 nm, e sílica não-aglomerada de 20 nm.
II			A2D	5AM	
III	4 Seasons	Ivoclar Vivadent	A2E	H33733	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA 76 wt% de carga de vidro de bário, trifluorítérbio, vidro de Ba-Al-fluossilicato e sílica dispersa com partículas de carga de tamanho de 0.04 – 3.0 µm, e tamanho médio de carga de 0.6 µm.
IV			A2D	H31181	
V	Esthet-X	Caulk /Dentsply	A2	0510281	UDMA, Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA 60 vol% de vidro de silicato de Bário Boro Fluoralumínio com partículas de tamanho de 0.6–0.8 µm e nanopartícula de sílica (0.04 nm)
VI			A2O	0503032	
VII	Grandio	VOCO	A2	591855	Bis-GMA, TEGDMA 87 wt% de dióxido de silício esférico de 20-50 nm e partículas finas de vidro cerâmico.
VIII			A2O	611740	
IX	Charisma	Heraeus - Kulzer	A2	010207	Bis-GMA, TEGDMA 68 wt% vidro bário alumínio fluoretado e dióxido de silício altamente disperso com tamanho médio de partículas de 0,7 µm.
X			A2O	010055	

2.2 MÉTODO

2.2.1 Resistência à Compressão

O teste de resistência à compressão foi realizado de acordo com a metodologia de Kidal e Ruyter (1997) e Brosh *et al.* (1999). Para a confecção das amostras ($n = 10$) foi utilizada uma espátula Thompson nº 6 para inserir cada incremento de resina composta com 2 mm de espessura em uma matriz de PTFE cilíndrica bi-partida com 3 mm de diâmetro e 6 mm de altura (Fig. 2). A matriz foi posicionada sobre uma tira de poliéster a fim de evitar o escoamento da resina. Após a inserção do material, uma nova tira de poliéster foi adaptada sobre a matriz e, logo em seguida, uma laje de vidro foi comprimida sobre o conjunto a fim de promover uma superfície plana de resina. O tempo de polimerização para cada resina composta seguiu as determinações dos respectivos fabricantes utilizando um aparelho fotopolimerizador Optilux Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, BR). A intensidade de luz, que poderia variar entre 400 e 450 mW/cm², foi verificada a cada 5 exposições (Curing Radiometer Model 100, Demetron Research Corporation, Danbury, CT). Os excessos de resina composta foram removidos com o auxílio de uma lâmina de bisturi nº 12. Todas as amostras, após a confecção, foram armazenadas em recipientes plásticos individuais pelo período de 24h à 37°C em uma estufa para culturas (Modelo 002 CB; Fanem, Br.) aguardando a conversão de monômeros residuais (RUYTER e SVENDSEN, 1978).

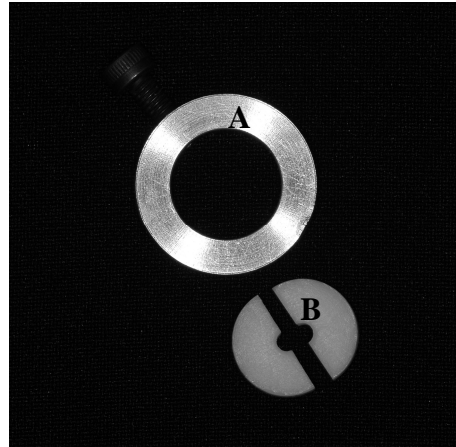


Figura 2 – Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência à compressão: (A) anel metálico para fixação da matriz de PTFE bipartida (B) no qual é confeccionado o corpo-de-prova.

Decorrido o período de 24 h, foi realizado o teste de resistência à compressão utilizando uma máquina de testes universal EMIC DL-2000, com uma velocidade de 1 mm/min baseado na metodologia de McCabe e Kagi (1991) (Fig. 3). Os resultados foram obtidos em N, e convertidos em MPa de acordo com a seguinte fórmula:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Onde R_c é a resistência à compressão (MPa), F é a força obtida (N) e A é a área da base ($7,06 \text{ mm}^2$).

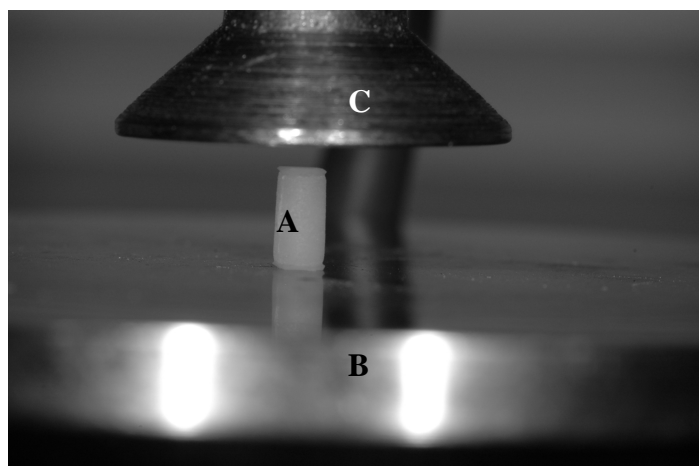


Figura 3 – Ensaio de resistência à compressão: (A) corpo-de-prova; (B) base para posicionamento do corpo-de-prova; (C) dispositivo utilizado para comprimir o corpo-de-prova.

Os resultados de resistência à compressão foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

2.2.2 Resistência Flexural de Três-pontos

Dez grupos de 10 amostras para cada cor de cada resina composta foram confeccionados a partir de uma matriz metálica de 25 mm de comprimento, 2 mm de largura e 2 mm de altura, padronizada pela especificação número 4049 da ISO (1998) para resistência flexural.

As resinas compostas foram inseridas em incremento único no interior da matriz bi-partida (Fig. 4). Após a inserção da resina, uma tira de poliéster foi posicionada sobre a matriz e, logo em seguida, uma laje de vidro foi comprimida sobre o conjunto a fim de promover uma superfície plana de resina. Após a remoção da laje, as resinas foram polimerizadas de acordo com os tempos indicados pelos fabricantes, com uma unidade de fotoativação Optilux Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, BR) com intensidade de luz monitorada, que poderia variar entre 400 e 450 mW/cm², empregando um radiômetro (Curing Radiometer Model 100, Demetron Research Corporation, Danbury, CT) a cada cinco exposições. Foi realizada a polimerização em três pontos ao longo da matriz. Após a confecção, as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos individuais pelo período de 24 h à 37°C em uma estufa para culturas (Modelo 002 CB; Fanem, Br.) aguardando a conversão de monômeros residuais (RUYTER e SVENDSEN, 1978).

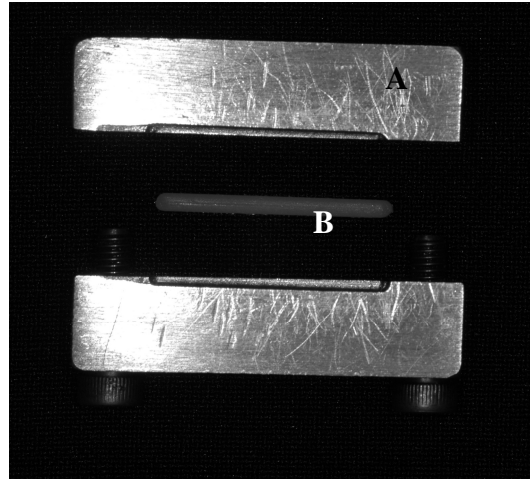


Figura 4 - Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência flexural: (A) matriz metálica bipartida; (B) corpo-de-prova.

Após as 24 h, as amostras de compósito foram levadas a uma máquina de ensaio Universal EMIC DL-2000 e foram posicionadas sobre um garfo de 25 mm de extensão. Uma peça foi adaptada à parte superior do mordente, a qual realizou uma força vertical. A carga foi aplicada até o ponto de falha com velocidade constante de carregamento de 0,5 mm/min utilizando um teste de três pontos (Fig. 5).

Os resultados da resistência flexural foram obtidos em N e convertidos em MPa utilizando a fórmula da especificação ISO 4049, descrita a seguir:

$$\sigma = \frac{3 F l}{2 b h^2}$$

Onde σ é a resistência flexural (MPa), F é a força obtida (N), l é o comprimento entre os suportes (21 mm), b é a largura do prisma (2 mm) e h é a espessura do prisma (2 mm).

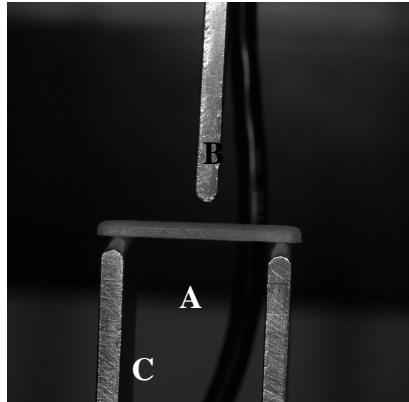


Figura 5 – Ensaio de resistência flexural: (A) corpo-de-prova; (B) dispositivo utilizado para realizar o movimento de flexão sobre o corpo-de-prova (1 ponto); (C) base para suporte do corpo-de-prova (2 pontos).

Os resultados da resistência à compressão foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

2.2.3 Módulo Flexural

A partir dos dados obtidos no teste de resistência flexural, o módulo flexural, em GPa, foi calculado utilizando a seguinte fórmula (Ferracane *et al.*, 2003):

$$E = \frac{F_1 L^3}{(4BH^3D)} \times 10^{-3}$$

Onde E é o módulo flexural, F_1 é a carga máxima, em N, em um ponto conveniente na parte linear reta do traço carga-deflexão; L é a distância, em mm, entre os suportes; B é a largura da amostra, em mm, medida imediatamente antes do teste; H é a espessura da amostra medida imediatamente antes do teste; e D é a deflexão, em mm, na carga F_1 .

A deflexão foi medida a partir do deslocamento do braço superior da máquina de ensaio, no momento em que ocorria a fratura da amostra.

Os resultados médios obtidos para os diferentes compósitos foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

2.2.4 Resistência à tração diametral

O teste de resistência à tração diametral foi realizado de acordo com a especificação número 27 da ADA para resinas restauradoras diretas (1977). Para a confecção das amostras ($n = 10$), uma espátula Thompson foi utilizada para inserir cada incremento de resina com 2 mm de espessura em uma matriz metálica bipartida de PTFE cilíndrica de 6 mm de diâmetro X 3 mm de altura (Fig. 6). A matriz foi posicionada sobre uma tira de poliéster a fim de evitar o escoamento da resina. Após a inserção do material, uma nova tira de poliéster foi posicionada sobre a matriz e, a própria ponteira do aparelho fotopolimerizador era pressionada sobre o conjunto, a fim de promover uma superfície plana de resina. Após a remoção da laje, as resinas foram polimerizadas de acordo com os tempos indicados pelos fabricantes, com uma unidade de fotoativação Optilux Plus (Gnatus, Ribeirão Preto, SP, BR) com intensidade de luz monitorada, que poderia variar entre 400 e 450 mW/cm², empregando um radiômetro (Curing Radiometer Model 100, Demetron Research Corporation, Danbury, CT) a cada cinco exposições. Todas as amostras, após a confecção, foram armazenadas em recipientes plásticos individuais pelo período de 24 h à 37°C em uma estufa para culturas (Modelo 002 CB; Fanem, Br.) aguardando a conversão de monômeros residuais (RUYTER e SVENDSEN, 1978).

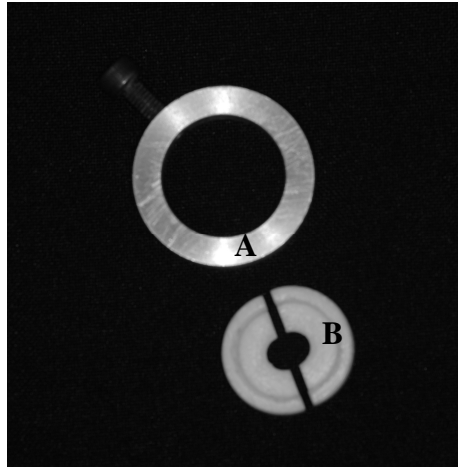


Figura 6 – Dispositivo usado para confecção dos corpos-de-prova para o teste de resistência à tração diametral: (A) anel metálico para fixação da matriz PTFE bipartida (B) no qual é confeccionado o corpo-de-prova.

Decorrido o período de 24 h, o ensaio de resistência à tração diametral foi realizado em uma máquina de ensaio Universal EMIC DL 2000, com velocidade de carregamento de 1 mm/min (Fig. 7), até que ocorresse a fratura da amostra. A tensão máxima de fratura foi obtida em N, e convertida em MPa segundo a fórmula abaixo:

$$T_s = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot T}$$

Onde, T_s é a resistência à tração diametral, P é a força máxima obtida (N), D é o diâmetro (6 mm) e T é a espessura (3 mm).

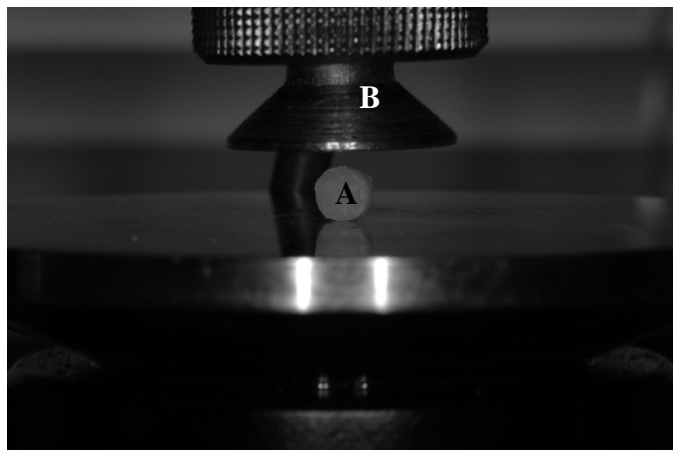


Figura 7 – Ensaio de resistência à tração diametral: (A) corpo-de-prova; (B) dispositivo utilizado para comprimir o corpo-de-prova.

Os resultados da resistência à tração diametral foram analisados estatisticamente através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha = 0,01$).

3 RESULTADOS

Baseados nos ensaios mecânicos, as médias, em MPa, e o desvio padrão foram determinados para os testes de resistência flexural, resistência à compressão, resistência à tração diametral e módulo flexural. As comparações das médias para tais propriedades, realizado através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey ($\alpha=0,01$), estão apresentados nas tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 e nos gráficos 1, 2 ,3 e 4.

Tabela 2 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência flexural das resinas compostas testadas.

	Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado médio	F	Sig.
Entre os grupos	32887,818	9	3654,202	17,850	0,001
Dentro dos grupos	18424,530	90	204,717		
Total	51312,348	99			

Tabela 3 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência flexural após serem submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,01$)

Grupo	Média (MPa)	N	Desvio Padrão
Supreme XT A2E	122,39 ^A	10	20,86
Supreme XT A2D	121,60 ^A	10	15,39
Grandio A2O	116,47 ^{AB}	10	13,24
Esthet-X A2	106,51 ^{ABC}	10	11,52
Grandio A2	103,23 ^{ABC}	10	14,32
Esthet-X A2O	93,86 ^{BC}	10	11,62
4 Seasons A2D	93,22 ^{BC}	10	14,30
Charisma A2	90,85 ^C	10	9,66
Charisma A2O	87,17 ^C	10	16,71
4 Seasons A2E	59,16 ^D	10	12,19

*Médias seguidas de diferentes letras diferentes, diferem entre si ao nível de significância de 1 % pelo teste de Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey.

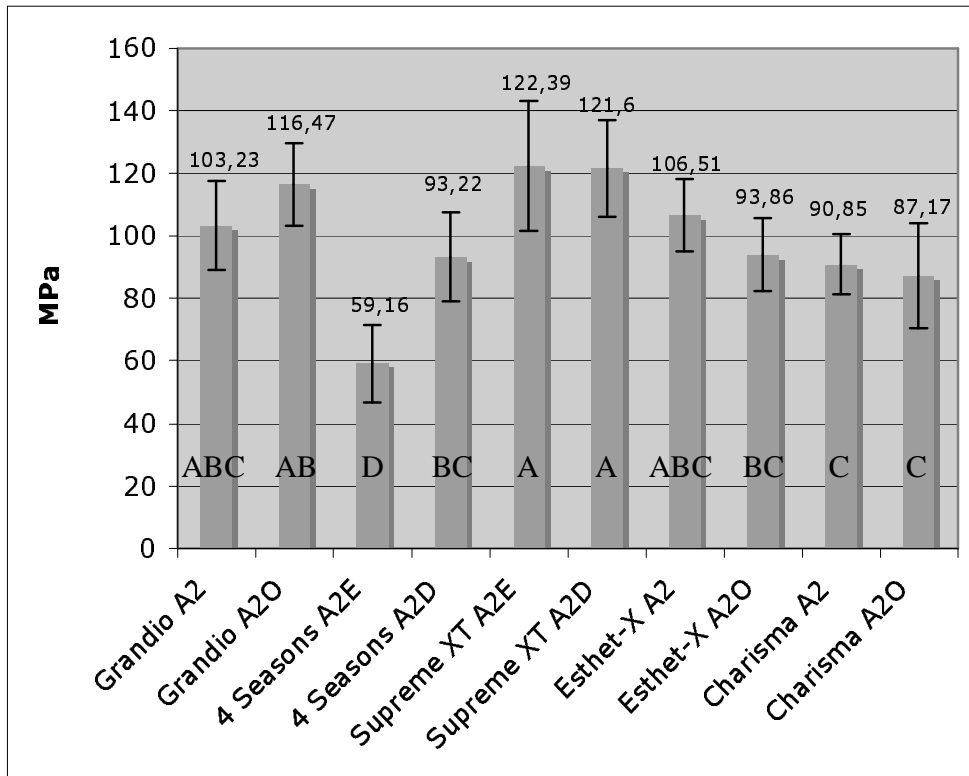


Gráfico 1 - Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência flexural das resinas compostas testadas

No teste de resistência flexural de três-pontos, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados ($p=0,001$). A menor média apresentada foi 59,16 MPa para a resina 4 Seasons A2E e maior média foi 122,39 MPa para a resina Supreme XT A2E.

Tabela 4 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência à compressão das resinas compostas testadas.

	Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado médio	F	Sig.
Entre os grupos	46095,876	9	5121,764	2,382	0,018
Dentro dos grupos	193498,52	90	2149,984		
Total	239594,40	99			

Tabela 5 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência à compressão após serem submetidas ao teste de Anova ($p>0,01$)

Grupo	Média (MPa)	n	Desvio Padrão
Grandio A2O	206,08	10	37,57
Supreme XT A2D	189,42	10	65,14
Supreme XT A2E	184,67	10	57,18
Grandio A2	181,83	10	47,77
Esthet-X A2	173,55	10	39,73
Charisma A2O	171,00	10	54,21
Esthet-X A2O	146,63	10	54,21
4 Seasons A2D	146,13	10	34,71
Charisma A2	144,92	10	29,34
4 Seasons A2E	141,04	10	27,69

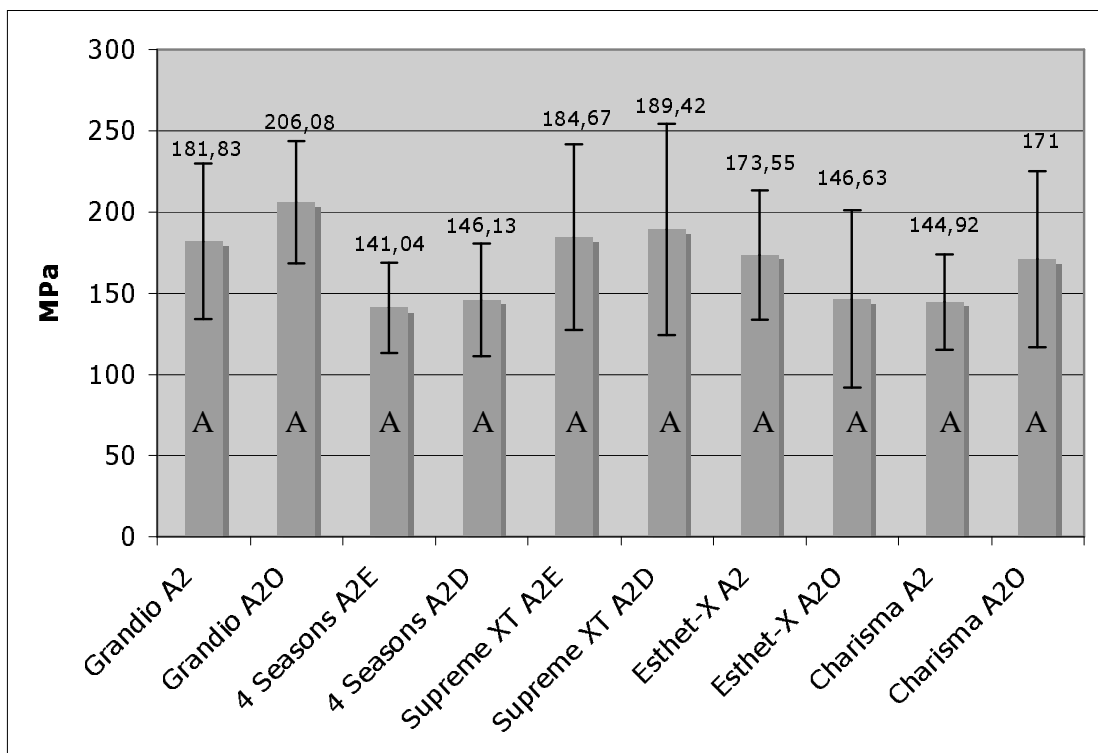


Gráfico 2 - Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência à compressão das resinas compostas testadas.

Para o teste de resistência à compressão, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as resinas testadas ($p=0,018$). A menor média foi 141,04 MPa para a resina 4 Seasons A2E e a maior média foi 206,08 MPa para a resina Grandio A2O.

Tabela 6 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas no teste de resistência à tração diametral das resinas compostas testadas.

	Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado médio	F	Sig.
Entre os grupos	2207,334	9	245,259	3,163	0,002
Dentro dos grupos	6978,797	90	77,542		
Total	9186,131	99			

Tabela 7 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) no teste de resistência à tração diametral após serem submetidas ao teste de Tukey ($p<0,01$)

Grupo	Média (MPa)	n	Desvio Padrão
Supreme XT A2E	50,26 ^A	10	6,66
Supreme XT A2D	48,06 ^{AB}	10	11,86
Grandio A2O	43,10 ^{AB}	10	11,25
Grandio A2	42,29 ^{AB}	10	9,37
Esthet-X A2	41,50 ^{AB}	10	6,94
4 Seasons A2D	41,36 ^{AB}	10	7,87
4 Seasons A2E	38,79 ^{AB}	10	7,31
Charisma A2	37,97 ^{AB}	10	9,74
Charisma A2O	35,65 ^{AB}	10	6,71
Esthet-X A2O	34,87 ^B	10	8,47

* Médias seguidas de diferentes letras diferentes, diferem entre si ao nível de significância de 1 % pelo teste de Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey.

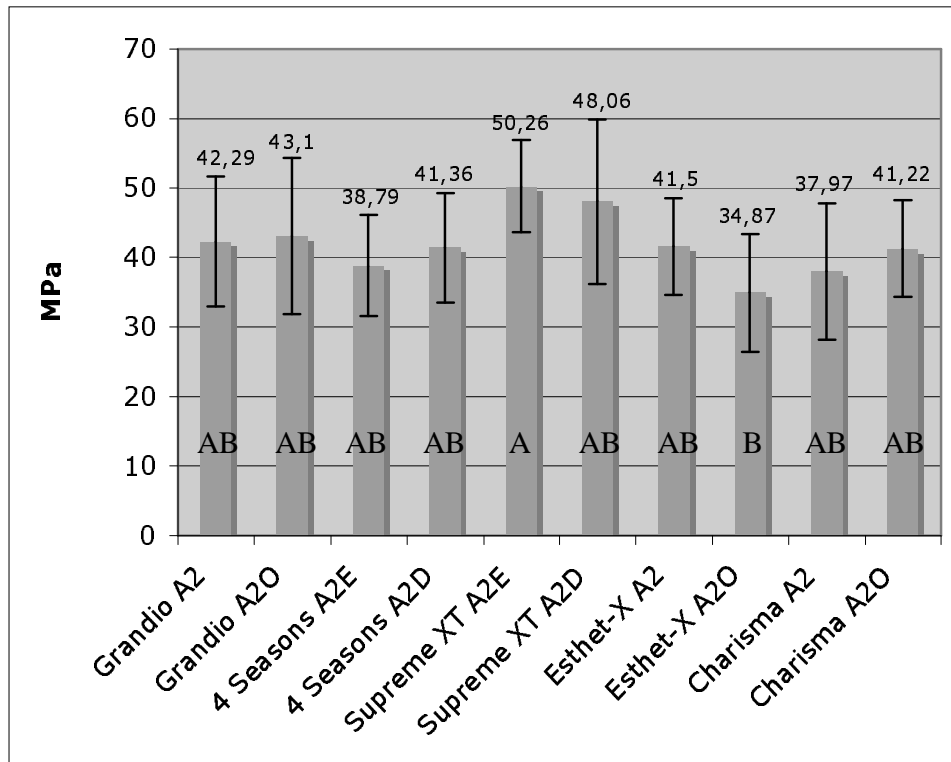


Gráfico 3 - Representação gráfica das médias (MPa) do teste de resistência à tração diametral das resinas compostas testadas.

Para o teste de resistência à tração diametral, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as resinas testadas ($p=0,002$), sendo que a resina Filtek Supreme A2E apresentou a maior média e a resina Esthet-X A2O apresentou a menor média. Entre os outros grupos, não houve diferença estatisticamente significativa.

Tabela 8 – Análise de Variância (ANOVA) das médias obtidas para módulo flexural das resinas compostas testadas.

	Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado médio	F	Sig.
Entre os grupos	770,608	9	85,623	50,120	0,001
Dentro dos grupos	153,752	90	1,708		
Total	924,360	99			

Tabela 9 – Comparação entre as médias obtidas (MPa) para módulo flexural após serem submetidas ao teste de Tukey ($p < 0,01$)

Grupo	Média (MPa)	n	Desvio Padrão
Grandio A2O	13,30 ^A	10	1,83
Grandio A2	11,53 ^A	10	1,36
Supreme XT A2D	8,81 ^B	10	0,57
Supreme XT A2E	8,50 ^{BC}	10	2,02
Charisma A2O	7,11 ^{BCD}	10	1,10
Esthet-X A2	6,46 ^{CD}	10	1,39
Esthet-X A2O	6,41 ^{CD}	10	0,77
4 Seasons A2D	6,16 ^D	10	1,50
Charisma A2	5,52 ^{DE}	10	0,88
4 Seasons A2E	3,40 ^E	10	0,74

* Médias seguidas de diferentes letras diferentes, diferem entre si ao nível de significância de 1 % pelo teste de Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Tukey.

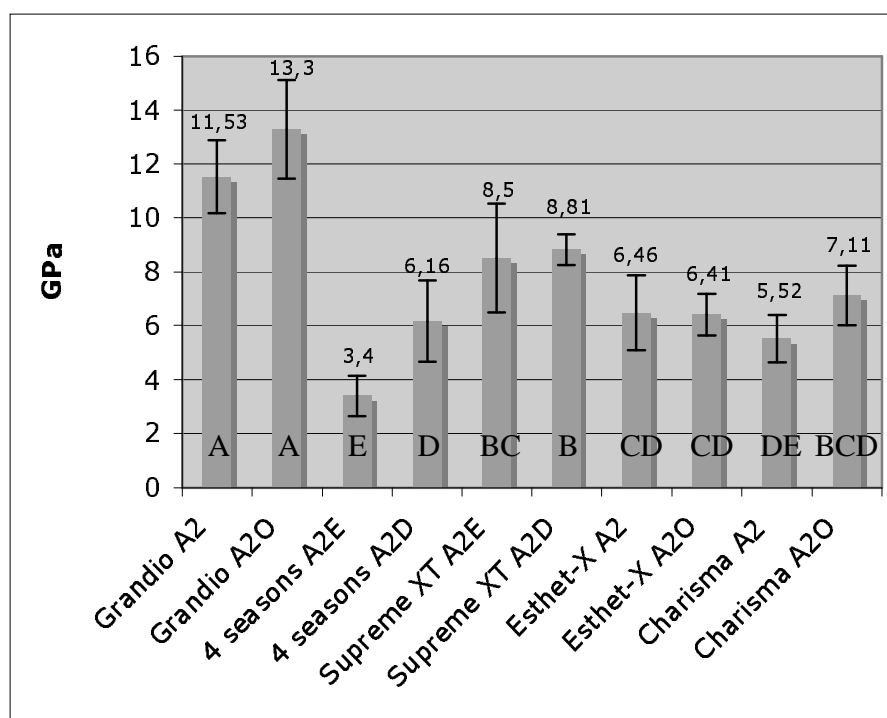


Gráfico 4 - Representação gráfica das médias (MPa) para módulo flexural das resinas compostas testadas.

Para o teste de módulo flexural, foi observada diferença estatisticamente significativa para as resinas testadas ($p=0,001$). A menor média, 3,4 GPa, foi apresentada pela resina 4 Seasons A2E e a maior média, 13,3 GPa para a resina Grandio A2O.

4 DISCUSSÃO

As resinas compostas foram inicialmente desenvolvidas para restaurações diretas de Classes III e V; nos anos 90, devido às modificações nos materiais, as técnicas estenderam suas aplicações para restaurações posteriores de Classes I, II e anteriores Classe IV. Em geral, uma resina composta é constituída de quatro componentes principais: matriz de polímero orgânico, carga de partículas inorgânicas, agente de união entre matriz e carga e sistema iniciador-acelerador (CRAIG e POWERS, 2002).

As diferentes composições das resinas compostas, em relação à matriz orgânica, e as diferentes quantidades e tamanho de carga inorgânica, afetam e qualificam as propriedades mecânicas destes materiais.

A nanotecnologia é a produção de materiais funcionais e estruturas na escala de 0,1 a 100 nanômetros. O intenso interesse no uso de nanomateriais advém da idéia de que eles possam ser usados para manipular a estrutura de materiais e promover melhoras significativas nas propriedades elétricas, químicas, mecânicas e ópticas. Cargas nanométricas são obtidas de forma inversa das cargas tradicionais (macropartículas, híbridas e microhíbridas), que são formadas da diminuição de partículas densas e amplas para partículas de menores tamanhos. Entretanto, este processo de moagem não permite obter partículas de tamanho menor que 100 nm. As nanopartículas são obtidas usando-se processos químicos para produção de blocos sobre uma escala molecular. Os materiais são transformados progressivamente em estruturas maiores, transformadas em partículas de tamanho nanométrico desejáveis para uma resina composta (MITRA, WU, HOLMES 2003).

A principal vantagem das resinas compostas nanoparticuladas é aliar propriedades de ótimo polimento e retenção de polimento, para a restauração de áreas em que estética é fundamental, e propriedades mecânicas desejáveis para situações de alto estresse, comparáveis às das resinas microhíbridas (DEBASTIANI E LOPES , 2005). Baseado nesta afirmação, este estudo testou a hipótese de que materiais

nanoparticulados possuem comportamento mecânico similar às resinas microhíbridas quanto resistência à compressão, tração diametral, flexural de três-pontos e módulo flexural.

No teste de resistência à compressão, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os materiais testados ($p=0,18$), a um nível de confiança de 99%, sendo que as médias variaram de 141,01 MPa para 4 Seasons A2E e 206 MPa para Grandio A2O.

Mitra *et al.*, em 2003, encontraram valores maiores para resistência à compressão, com médias variando de 376,6 MPa e 458,6 MPa. Para a resina composta Esthet-X, os autores relataram média de 422,1 MPa, enquanto no presente estudo foi encontrada média de 173,55 MPa. Para a resina Filtek Supreme Translucent e Filtek Supreme Standard, os autores relataram médias de 458,6 MPa e 426,2 MPa, respectivamente; superiores as médias encontradas neste estudo para a resina Filtek Supreme XT A2E e Filtek Supreme XT A2D, que foram de 184,67 MPa e 189,42 MPa, respectivamente, a despeito de as resina usadas nos dois trabalhos apresentarem basicamente a mesma composição de matriz e carga. Uma possível explicação para as diferenças encontradas nos estudos, pode ser devido à diferenças nos testes que foram executados, onde para o estudo de Mitra *et al.* (2003), foram usados corpos-de-prova de dimensões diferentes e metodologia também diferente das usadas neste estudo, podendo isto influenciar nos resultados. Entretanto, os valores do estudo de Mitra *et al.* (2003), conferem com os valores para a resina Filtek Supreme XT, relatados pelo fabricante (420 MPa) para cores de esmalte e dentina.

Cobb *et al.*, em 2000, encontraram valores médios maiores para resistência à compressão que as do presente estudo, que variaram entre 236,9 MPa e 356,8 MPa. Na metodologia usada pelos autores foi realizada fotopolimerização adicional das espécimes, com tempo total de 200 segundos, uma taxa duas vezes maior que a usada neste estudo.

Pelo mesmo motivo, poderia ser explicada a diferença encontrada por St-Georges *et al.*, que em 2003, relataram valor médio de resistência à compressão para a

resina composta híbrida Herculite XRV, quando esta era fotoativada por fonte de luz halógena convencional, de 255,7 MPa, superior às médias encontradas no presente estudo. Os autores usaram fotoativação em ambos os lados da amostra, gerando assim, o dobro de exposição do material à luz halógena em relação ao presente estudo.

Para Cho *et al.*, em 1999, a resistência à compressão tem significativa importância devido as restaurações substituírem amplas estruturas dentárias devendo resistir às forças mastigatórias multidirecionais, por muitos anos. Os autores relataram médias para resistência à compressão de 250 MPa para a resina Prodigy e 225 MPa para a resina Herculite XRV, as quais se aproximaram das médias obtidas neste estudo para as resinas Filtek Supreme XT A2E e A2D e Grandio A2 e A2O; porém apresentando uma ligeira diferença para as médias das demais resinas testadas no presente trabalho.

No estudo de Brandão *et al.*, em 2005, os valores médios relatados para o teste de resistência à compressão variavam entre 222,08 MPa e 307,20 MPa, onde a média mais alta foi maior que as médias encontradas no presente estudo, mas a média para a resina compactável Prodigy Condensable foi aproximada com as médias de alguns materiais aqui testados, mesmo havendo diferenças na metodologia empregada no estudo de Brandão *et al.* e neste, onde o tempo de exposição à luz fotoativadora usado pelos autores citados foi de três vezes maior que a utilizada neste estudo, e os corpos-de-prova apresentavam dimensões de 4 mm X 8 mm. A mesma explicação pode ser atribuída aos valores médios (entre 242,3 MPa e 324,7 MPa) para resistência à compressão encontrados por Chung *et al.*, em 1990.

Mota, em 2005, relatou valores médios de resistência à compressão que variavam entre 76,60 MPa e 222,33 MPa, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, sendo que, todos os materiais apresentaram valores maiores que a menor média obtida no estudo do autor citado. O acordo entre os resultados pode ser explicado pelo mesmo tamanho dos corpos-de-prova (6 mm X 3 mm), mesmo protocolo de fotopolimerização e mesma velocidade de carregamento da máquina de ensaio.

Em relação aos valores apresentados pelo fabricante e as médias encontradas no presente estudo, para a resina 4 Seasons, as médias do fabricante para resistência à compressão são de 260 MPa, para qualquer cor da resina, maiores que as obtidas neste estudo, 59,16 MPa para 4 Seasons A2E e 93,22 MPa para 4 Seasons A2D. A falta de mais estudos publicados com resultados de testes mecânicos com este material, dificulta sobremaneira a obtenção de uma explicação sobre estas diferenças. Quando mais resultados de estudos independentes estiverem disponíveis, esta análise poderá ser feita de maneira mais clara, possivelmente.

Para os testes de resistência à tração diametral, as médias variaram entre 35,65 MPa e 42,29 MPa. Neste teste foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p=0,002$) entre as resinas compostas testadas, sendo que a resina Esthet-X A2O apresentou média menor que todas as demais resinas testadas e a resina Supreme XT A2E apresentou a maior média. Entre as demais resinas não houve diferença estatisticamente significativas.

A resistência à tração diametral serve como indicador da capacidade do material frável de resistir às forças laterais geradas durante a função, segundo Aguiar *et al.*, em 2005, que relataram valores médios de 71,1 MPa para a resina Z-250 fotopolimerizada com luz halógena convencional e armazenada em água destilada por 24 h; que foi maior que as médias encontradas no presente estudo. Aguiar *et al.*, fotopolimerizaram as amostras por 10 segundos a mais para cada incremento de resina, resultando em tempo de 50% maior que o do presente estudo.

Peutzfeldt *et al.*, em 2000, relataram valores médios para resistência à tração diametral entre 64 MPa e 55 MPa, maiores que os encontrados no presente estudo, mas mais próximos do que aqueles relatados por Aguiar *et al.* em 2005. Os corpos-de-prova usados no presente estudo e no de Peutzfeldt *et al.* (2000) foram os mesmos (6 mm X 3 mm); mas a fotopolimerização feita nas duas extremidades dos corpos-de-prova utilizada pelos autores, aumenta o tempo de fotoativação em pelo menos o dobro do tempo utilizado no presente estudo. Pelo mesmo motivo, os valores médios obtidos por Cobb *et al.*, em 2000, variaram entre 34,4 MPa e 68,4 MPa, superiores aos do

presente estudo, mas com as menores médias encontradas pelos autores estando de acordo com os resultados do presente estudo.

Os resultados de Santos Jr. *et al.*, em 2004, para resistência à tração diametral estão de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, a despeito dos autores terem utilizados um tempo de fotoativação maior, obtendo valor médio para a resina Tetric Ceram de 49,64 MPa; assim como os resultados encontrados por St-Georges *et al.*, em 2003, com média de 46,4 MPa; Cho *et al.*, que em 1999, relataram valores médios para a resina Herculite XRV e Prodigy, de 51 MPa e 55 MPa, respectivamente; Chung *et al.*, em 1990, que apresentaram valores médios entre 39,8 MPa e 60,6 MPa e Kelsey *et al.*, que em 2000, relataram médias entre 40,1 MPa e 45,3 MPa, também de acordo com o presente estudo.

Mitra *et al.*, em 2003, relataram valores médios que variaram entre 66,7 MPa e 96,6 MPa, maiores que os encontrados no presente estudo. Para a resina Esthet-X, no estudo de Mitra *et al.*, relatou-se média de 66,7 MPa, enquanto que no presente estudo foram encontradas médias de 34,87 MPa e 41,5 MPa para a mesma resina, nas cores A2O e A2, respectivamente; da mesma forma, a resina Supreme testada nas cores Translucent e Standard, apresentou médias de 87,6 MPa e 80,7 MPa, respectivamente, no estudo de Mitra *et al.*, enquanto que no presente estudo, as médias foram 48,06 MPa e 50,26 MPa para a resina Supreme XT, nas cores A2D e A2E, respectivamente. Mitra *et al.*, realizaram os testes de resistência à tração diametral, seguindo a especificação n. 27 da ADA modificada, e esta modificação, a qual não está relatada no estudo, pode ser uma possível explicação para a diferença nos resultados encontrados nos estudos, haja vista as inúmeras possibilidades de modificações que podem ser realizadas dentro do mesmo teste.

Mota *et al.*, em 2006, relataram valores médios para resistência à tração diametral que variavam entre 36,08 MPa e 49,24 MPa, de acordo com o presente estudo. A metodologia, tamanho e cores dos corpos-de-prova e velocidade de carregamento da máquina de testes foram os mesmos para ambos estudos, o que deve explicar as médias obtidas.

Todas as resinas compostas testadas apresentaram valores médios para resistência à tração diametral maiores que os exigidos pela especificação n. 27 da ADA para resinas restauradoras diretas, que são de 24 MPa para resinas Tipo I e 34 MPa para resinas Tipo II, onde os materiais Tipo II são recomendados para uso em áreas de maior estresse funcional.

Para outro teste realizado, resistência flexural de três-pontos, as médias variaram entre 59,16 MPa e 122,39 MPa, apresentando diferença estatisticamente significativas entre as resinas compostas testadas ($p=0,001$), onde a resina 4 Seasons A2E apresentou o menor valor médio para o teste realizado e a resina Supreme XT A2E, o maior.

Adabo *et al.*, em 2003, relataram médias para resistência flexural que variavam entre 56,71 MPa e 170,02 MPa, onde os autores utilizaram a mesma metodologia usada no presente estudo, somente com diferença na velocidade de carregamento da máquina de ensaio (0,75 mm/min). Apesar da média mais alta encontrada pelos autores seja maior que as aqui relatadas, as demais médias estão de acordo com o presente estudo.

Mitra *et al.*, em 2003, relataram valores médios para resistência flexural de três-pontos que variaram entre 136,1 MPa e 177,1 MPa, maiores que os obtidos no presente estudo. Da mesma forma, Cobb *et al.*, em 2000, relataram valores médios maiores, entre 73,1 MPa e 180,5 MPa, ainda que, as menores médias estejam de acordo com o presente trabalho. Yap *et al.*, em 2002, também relataram médias maiores que as obtidas no presente estudo, que variavam entre 130,07 MPa e 147,21 MPa.

Entretanto, os valores obtidos estão de acordo com Besnault *et al.*, que em 2003, relataram valores médios de resistência flexural, quando as resinas eram fotoativadas por luz halógena, entre 54,9 MPa e 102,5 MPa, e com Manhart *et al.*, que em 2000 relataram médias que variavam entre 81,6 MPa e 132 MPa, sendo que os autores de ambos os trabalhos utilizaram a mesma metodologia do presente estudo. Também estão de acordo com os resultados obtidos por Munksgaard, em 2002, que relatou

valores médios de resistência flexural entre 91,8 MPa e 116,9 MPa; com Palin *et al.*, que em 2003, relatou valores médios que variavam entre 79 MPa e 113 MPa para resistência flexural de três-pontos; e com Peutzfeldt *et al.*, em 2000, que relataram médias de 149 MPa para resina Z 100 e 106 MPa para Charisma, respectivamente.

As médias para resistência flexural também estão de acordo com Beun *et al.*, que em 2006, relataram valores médios entre 79 MPa e 123,4 MPa para resinas microhíbridas e nanoparticuladas. A resina Supreme e Grandio, apresentaram médias de 115 MPa e 110 MPa, respectivamente; muito aproximadas das encontradas no presente estudo. Kelsey *et al.*, também relataram médias de acordo com o presente estudo, que variaram entre 53,6 MPa e 109,5 MPa.

Ferracane *et al.*, em 2003, relataram valores médios de resistência flexural de três-pontos para resinas compostas fotoativadas com luz halógena e empregando a mesma metodologia do presente estudo, entre 116 MPa e 163 MPa, de acordo com os aqui relatados. A resina Esthet-X, foi testada em ambos os trabalhos e Ferracane *et al.*, encontraram valor médio de 120 MPa, contra 106,51 MPa e 93,86 MPa para os do presente estudo para a Esthet-X A2 e A2O respectivamente. A mesma resina Esthet-X foi testado por Choi *et al.*, em 2004, e a média encontrada pelos autores foi de 117,5 MPa, de acordo com o presente estudo.

A fotopolimerização adicional da resina composta, seja por método de ativação ou tempo, aumenta o grau de conversão do material e os valores obtidos em testes mecânicos (McCABE E KAGI, 1991; KILDAL E RUYTER, 1997; PEUTZFELDT E ASMUSSEN, 2000). Esta pode ser uma possível explicação para as diferenças encontradas nos resultados relatados no presente estudo aos de Cobb *et al.* (2000), St-Georges *et al.* (2003), Brandão *et al.* (2005) e Chung *et al.* (1990), no teste de resistência à compressão; Aguiar *et al.* (2005), Peutzfeldt *et al.* (2000) e Cobb *et al.* (2000), no teste de resistência à tração diametral e Cobb *et al.* (2000) e Yap *et al.* (2002), no teste de resistência flexural. Os autores citados, realizaram fotopolimerização em ambas extremidades das amostras, com exceção de Brandão *et al.* que fotopolimerizaram tanto as extremidades como também as faces laterais das amostras. Clinicamente, é impossível realizarmos estas modalidades de fotoativação, haja visto,

que ao utilizarmos uma técnica incremental durante a inserção de uma resina composta, só podermos acessar com luz, o material inserido na cavidade, pelo sentido ocluso-cervical e dificilmente pelo sentido cervico-oclusal, o que torna inviável a fotoativação das duas extremidades do bloco de resina restauradora. Da mesma forma, se inviabiliza a fotoativação por luz diretamente nas faces proximais, a não ser em casos específicos, onde não estejam presentes dentes adjacentes ao que seria restaurado. A fotoativação dos incrementos de resina para confecção das amostras, como a realizada no presente estudo, por apenas uma das extremidades da matriz, parece ser a mais próxima de uma situação clínica real, por isso do seu uso nesta metodologia.

Outra propriedade mecânica avaliada foi a obtenção dos valores médios de módulo flexural para as resinas compostas testadas, a partir do teste de resistência flexural de três-pontos; onde, o módulo flexural foi calculado com a força máxima para fratura da amostra e a deflexão foi determinada pelo deslocamento do braço superior da máquina de ensaio, no momento da fratura da amostra. Para módulo flexural, as médias obtidas variaram entre 3,4 GPa e 13,3 GPa, apresentando diferença estatisticamente significativa entre os materiais testados ($p=0,001$). A maior média foi encontrada para a resina Grandio A2O e a menor para a resina 4 Seasons A2E.

Os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com os trabalhos de Munksgaard, em 2002, que relatou médias para módulo flexural que variaram entre 6,58 GPa e 8,05 GPa; com Ferracane *et al.*, em 2003, que relataram médias entre 9,8 GPa e 15,2 GPa; com Beun *et al.*, em 2006, que relataram médias entre 7,9 GPa e 14,2 GPa; com Yap *et al.*, em 2002, que relataram médias de 6,94 GPa e 11,30 GPa para as resinas Z 250 e Z 100, respectivamente; com Choi *et al.*, em 2004, que relataram valores médios entre 7,5 GPa e 11 GPa; com Peutzfeldt *et al.*, em 2000, que relataram médias de 7,6 GPa para a resina Charisma e 12,6 GPa para a resina Z 100 e com Manhart *et al.*, em 2000, que relataram médias entre 4,4 GPa e 12,5 GPa, sendo que a forma de obtenção das médias pelos autores citados foi a mesma usada no presente estudo.

Choi *et al.*, em 2004, relataram média para módulo flexural de 7,5 GPa para a resina Esthet-X, muito próximo aos valores encontrados no presente estudo, 6,41 GPa e 6,46 GPa para a resina Esthet-X nas cores A2O e A2, respectivamente; semelhantemente ao resultado de Ferracane *et al.*, em 2003, que para a resina Esthet-X, relatou média de 9,8 GPa. Da mesma forma, as médias obtidas por Beun *et al.*, em 2006, para a resina Supreme, de 8,1 GPa, estão de acordo às do presente estudo, de 8,5 GPa e 8,81 GPa para a resina Supreme XT nas cores A2E e A2D, respectivamente, e para a resina Grandio, onde os autores relataram valores médios de 14,2 GPa e, no presente estudo, 11,53 GPa e 13,3 GPa para as cores A2 e A2O, respectivamente.

Com exceção ao teste de resistência à compressão, houveram diferenças estatisticamente significativas entre as resinas testadas e entre mesmas resinas, mas de cores diferentes. Nos testes de resistência à tração diametral, a resina Esthet-X A2O, obteve média estatisticamente inferior da resina Esthet-X A2; e a resina Supreme XT A2D (48,06 MPa), obteve média estatisticamente inferior a resina Filtek Supreme XT A2E (50,26 MPa), dados que não conferem com as informações do fabricante, que relata mesmas médias para cores de esmalte e dentina (78 MPa).

Para os testes de resistência flexural, houveram diferenças estatisticamente significativas entre as resinas 4 Seasons A2E (59,16 MPa) e A2D (93,22 MPa), diferentemente à informação do fabricante, que garante mesmos valores de resistência flexural (135 MPa) para qualquer cor da resina 4 Seasons; a resina Grandio A2 (103,23 MPa), apresenta média estatisticamente inferior a Grandio A2O (116,47 MPa), diferentemente aos dados informados pelo fabricante (161 MPa), para as cores de esmalte e dentina.

Para módulo flexural, a resina 4 Seasons A2E (3,4 GPa), apresenta média estatisticamente inferior a 4 Seasons A2D (6,16), enquanto o fabricante relata média de 9 GPa para qualquer cor da resina. A resina Charisma A2 (5,52 GPa) também apresenta média estatisticamente inferior a Charisma A2O (7,11 GPa).

Cesar *et al.*, em 2001, apresentaram média para resistência flexural e módulo flexural para a resina Z 100 das cores incisal e dentina, e não encontraram diferença

estatisticamente significativa entre as diferentes cores, para ambos os testes. Apesar de as médias para resistência flexural terem sido maiores, 179,7 MPa para a cor incisal, e 183,9 MPa para cor dentina em relação ao presente estudo, a diferença na confecção dos corpos-de-prova (10 mm X 2 mm X 1 mm) pode ser uma possível explicação para estes achados. Os valores de módulo flexural estão de acordo com os achados no presente estudo.

De acordo com o sugerido por Mitra *et al.*, em 2003, Debastiani, em 2005, as resinas compostas nanoparticuladas podem ser utilizadas em áreas onde a estética seja de fundamental importância, devido propriedades como ótimo polimento e retenção de polimento e também em áreas de grande estresse funcional, devido apresentarem propriedades mecânicas similares as resinas microhíbridas. Os resultados dos testes mecânicos realizados neste estudo, concordam com as afirmações dos autores citados, embora sugere-se que se continue com estudos laboratoriais sobre as propriedades destes novos materiais, assim como, acompanhamento clínico deva ser realizado e documentado na literatura para que se possa saber a real efetividade e viabilidade do uso das resinas compostas nanoparticuladas.

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

Baseado nos resultados obtidos neste estudo, é possível concluir que:

* Diferenças estatisticamente significantes foram observadas entre as resinas compostas nos testes de resistência à tração diametral, resistência flexural de três-pontos e módulo flexural, portanto refuta-se a hipótese nula para estes quesitos;

* Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os grupos no teste de resistência à compressão, aceitando a hipótese nula testada;

* Houve diferença estatisticamente significativa entre as resina compostas nanoparticuladas entre si e entre as cores de esmalte e dentina, nos testes de resistência à tração diametral, resistência flexural e módulo flexural;

* Houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas nanoparticuladas e a resina microhíbrida nos teste realizados, exceto para resistência à compressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

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

ADABO, G.L. *et al.* The volumetric fraction of inorganic particles and the flexural strength of composites for posterior teeth. **J Dent**, v. 31, n. 5, p. 353-359, Jul. 2003.

AGUIAR, F.H.B. *et al.* Hardness and diametral tensile strength of a hybrid composite resin polymerized with different modes and immersed in ethanol or distilled water media. **Dent Mater**, *in press*, 2005.

ANUSAVICE, K.J. Resinas para Restauração. In: Anusavice KJ. **Phillips Materiais Dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap. 12, p. 161-177.

BEUN, S. *et al.* Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. **Dent Mater**, Copenhagen, *in press*, 2006.

BEUSNAULT, C. *et al.* Effect of a LED versus halogen light cure polymerization on the curing characteristic of three composite resins. **Am J Dent**, v. 16, n. 5, p. 323-328, 2003.

BRANDÃO, L. *et al.* Compressive strength and compressive fatigue limit of conventional and high viscosity posterior resin composites. **Braz Oral Res**, v. 19, n. 4, p. 272-277, 2005.

BROSH, T. *et al.* Analysis of strength properties of light-cured resin composites. **Dent Mater**, Copenhagen, v. 15, p. 174-9, May 1999.

CESAR, P.F. *et al.* Influence of shade and storage time on the flexural strength, flexural modulus, and hardness of composites used for indirect restorations. **J Prosthet Dent**, v. 86, p. 289-296, 2001.

Charisma Microglass Universal Hybrid Composite [on line], EUA, 2005. Disponível: www.heraeus-kulzer-us.com.

¹ De acordo com a NBR 6023 de agosto de 2002.

CHO, G.C. *et al.* Diametral and compressive strength of dental core materials. **J Prosthet Dent**, v. 82, n. 3, p. 272-276, 1999.

CHOI, K.K. *et al.* Effects of cavity configuration on composite restoration. **Oper Dent**, v. 29, n. 4, p. 462-469, 2004.

CHUNG, K.H. *et al.* Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. **J Oral Rehabil**, v. 17, p. 487-494, 1990.

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

CONCEIÇÃO, E.N. e cols. **Dentística: saúde e estética**. Porto Alegre: Artes Médicas; 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**. 7 ed. São Paulo: Ed. Santos. Cap. 4, p. 57-78, 2002.

DEBASTIANI, F.S.; LOPES, G.C. Restaurações diretas de resina composta em dentes posteriores. **International Journal of Brazilian Dentistry**, v. 1, n. 1, p. 31-39, 2005.

FERRACANE, J.L. *et al.* Effect of light activation method on flexural properties of dental composites. **Am J Dent** v. 16, p. 318-322, 2003.

ISO 4049. Dentistry – Resin-based filling materials. International Organization for Standardization. 1998.

Ivoclar Vivadent. *4 Seasons Direct Esthet Composite System. Scientific Documentation*. Schann, 2003.

KELSEY, W.P. *et al.* Physical properties of three packable resin-composite restorative materials **Oper Dent**, v. 25, p. 331-335, 2000.

KILDAL, K. K.; RUYTER, I.E. How different curing method affect mechanical properties of composites for inlays when tested in dry and wet conditions. **Eur J Oral Sci**, Copenhagen, v. 105, p. 353-361, Aug. 1997.

MANHART, J.; KUNZELMANN, K.-H.; CHEN, H.Y.; HICKEL, R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. **Dent Mater**, v. 16, p. 33-40, 2000.

MCCABE, J.F.; KAGI, S. Mechanical properties of a composite inlay material following post-curing. **Br Dent J**, Londres, v. 171, n. 8, p. 246-248, Oct. 1991.

MITRA, S.B.; WU, D.; HOLMES, B. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **J Am Dent Assoc**, v. 134, n. 10, p. 1382-90, Oct. 2003.

MOTA, E.G. *et al.* Evaluation of diametral tensile strength and Koop microhardness of five nanofilled composites in dentin and enamel shades. **Stomatologija**, *in press*, 2006.

MOTA, E.G. **Resinas compostas: comparação de propriedades mecânicas**. 2005. 130f. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MUNKSGAARD, E.C. Changes in expansion and mechanical strength during water storage of a traditional and three modified resin composites. **Acta Odontol Scand**, v. 60, p. 203-207, 2002.

New American Dental Association Specification n. 27 for Direct Filling Resins. **J Am Dent Assoc**, v. 94, n. 6, p. 1191-1194, June. 1977.

PALIN, W.M. *et al.* The reliability in flexural strength testing of a novel dental composite. **J Dent**, v. 31, p. 549-557, 2003.

PEUTZFELDT, A., ASMUSSEN, E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. **Journal of Dentistry**, v. 28, p. 447-452, 2000.

RUYTER, I.E.; SVENDSEN, S.A. Remaining metacrylate groups in composite restorative materials. **Acta Odontol Scand**, Oslo, v. 36, n. 2, p. 75-82, Feb. 1978.

SANTOS JR, G.C., *et al.* Diametral tensile strength of a resin composite core with nonmetallic prefabricated posts: an in vitro study. **J Prosthet Dent**, v. 91, p. 335-341, 2004.

St.-GEORGES, A.J. *et al.* Irradiance effects on the mechanical properties of universal hybrid and flowable hybrid resin composites. **Dent Mater**, v. 19, p. 406-413, 2003.

VOCO Creative in Research. *Grandio / Grandio Flow. Scientific Documentation*. Cuxhaven, 2006.

YAP, A.U.J. *et al.* Changes in flexural properties of composites restoratives after aging in water. **Operative Dentistry**, v. 27, p. 468-474, 2002.



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

Porto Alegre 07 de novembro de 2005

O Projeto de: Dissertação

Protocolado sob nº: 0110/05

Intitulado: Avaliação de propriedades mecânicas de resinas compostas nanoparticuladas

do(a) aluno(a): Carlos Eduardo Agostini Balbinot

Programa de: Odontologia

do curso de: Materiais Dentários

Nível: Mestrado

Orientado pelo(a): Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Foi **aprovado** pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em 04 de novembro de 2005.

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

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA
CONCENTRAÇÃO EM MATERIAIS DENTÁRIOS**

CARLOS EDUARDO AGOSTINI BALBINOT

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESINAS
COMPOSTAS NANOPARTICULADAS**

Porto Alegre, 2006